

ANOS-DE 1931-A-1933
VOL-DE 1º-A-3º-VOL 0 0

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

REVISTA

DA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

VOL. III — N.º 4



COIMBRA

IMPRESA DA UNIVERSIDADE

1933

A
9
13

A
9
13

Relatório apresentado à Junta de Educação Nacional

EX.^{MO} SR. PRESIDENTE DA JUNTA
DE EDUCAÇÃO NACIONAL:

Terminado o meu estágio no estrangeiro, como bolseiro da Junta de Educação Nacional, cumpre-me, nos termos contratuais, submeter à douda apreciação de V. Ex.^a e dos Ex.^{mos} Vogais da Junta de Educação Nacional o presente relatório geral sobre a forma como me desempenhei da missão que me foi confiada.

Tendo previamente apresentado um programa geral de estudos a realizar nos observatórios astronómicos de Greenwich e Paris, o qual mereceu de V. Ex.^a plena aprovação, julgo tê-lo cumprido integralmente, conforme se verificará no seqüente desenvolvimento deste relatório.

E por me parecerem interessantes para os serviços astronómicos nacionais certos trabalhos de observação e investigação que entre nós não têm sido realizados, a eles prestei igualmente atenção, ampliando assim o programa inicialmente elaborado.

O estudo da organização técnica e administrativa dos observatórios citados, também me mereceu especial interesse, como justificação indispensável da eficiência e rendimento enorme dos respectivos serviços.

E assim procedi porque, encontrando-me no estrangeiro bolseiro da J. E. N., na qualidade de Observador-Chefe do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, não podia deixar de comparar, a par e passo, o que via naqueles estabelecimentos científicos, com o que existe nos congêneres nacionais, julgando assim bem interpretar o pensamento do Governo e da Junta a que V. Ex.^a superiormente preside.

Tenho mesmo a convicção que é esta uma das fundamentais funções de todo o bolseiro no estrangeiro, imposta pelos superiores interesses da Nação.

Com destino a Greenwich (Inglaterra), parti de Coimbra em 6 de Abril de 1932. Às 14 horas do dia 11, fui recebido pelo Astrónomo Real, Sir Frank Dyson, que me dispensou o mais afectuoso acolhimento, pelas relações pessoais que já nos ligavam.

Depois de lhe ter apresentado uma exposição escrita sobre o programa de trabalhos que me propunha realizar, no seu gabinete, apresentou-me aos astrónomos (assistentes-chefes e assistentes) das secções por onde devia fazer o meu estágio.

Em seguida, foi-me mostrado todo o observatório (fig. 1), cuja visita fortaleceu decisivamente em mim o alto conceito universal, de primeiro entre os principais.

REAL OBSERVATÓRIO ASTRONÓMICO DE GREENWICH

Resenha histórica

Sobre as fundações duma velha torre feudal, em ruínas, sita num outeiro de Greenwich, mais tarde conhecido por «Flamsteed Hill» foi lançada, em 10 de Agosto de 1675, a primeira pedra para a construção deste Observatório, constituído inicialmente por uma única torre octogonal (fig. 2) com dois andares.

Todo o andar superior constituía a sala das observações, com largas e altas janelas para facilidade das mesmas, a qual ainda hoje é conhecida por «Sala Octogonal». O andar inferior destinava-se à residência do Director. Este elevado cargo foi primeiramente ocupado por John Flamsteed durante quarenta e cinco anos. Carlos II havia-lhe imposto a obrigação de rectificar as tábuas celestes, visando assim ao aperfeiçoamento da arte da navegação, preocupação máxima dos povos coloniais.

O labor deste astrónomo foi assaz fecundo, tendo deixado trabalhos que lhe marcaram um lugar de primeira categoria na história da Astronomia.

Sucedeu-lhe Halley durante vinte e dois anos, tendo-se celebrado pelo estudo das órbitas eclípticas dos cometas, cujas equações estabeleceu, corrigindo assim conceitos errados da astronomia daquela época.

Seguiu-se-lhe Bradley, o qual, durante os vinte anos de direcção, pôde continuar as suas investigações astronómicas, que

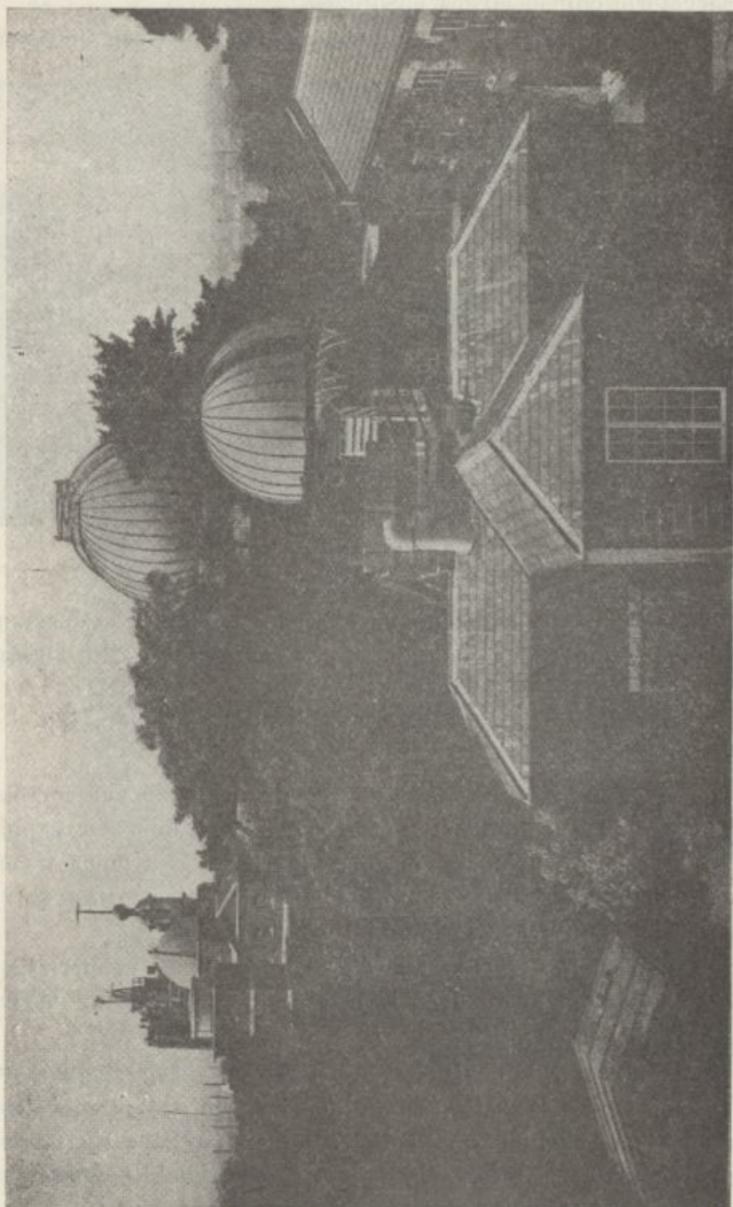


Fig. 1

tanto o celebrizaram, principalmente a descoberta da aberração da luz e o fenómeno da nutação do eixo da terra,

Outros se lhe seguiram não menos ilustres e com a mesma continuidade e permanência, de cujas actividades e dedicações o Observatório colheu largos benefícios.

A ciência astronómica teve nesta pléiade de astrónomos uma

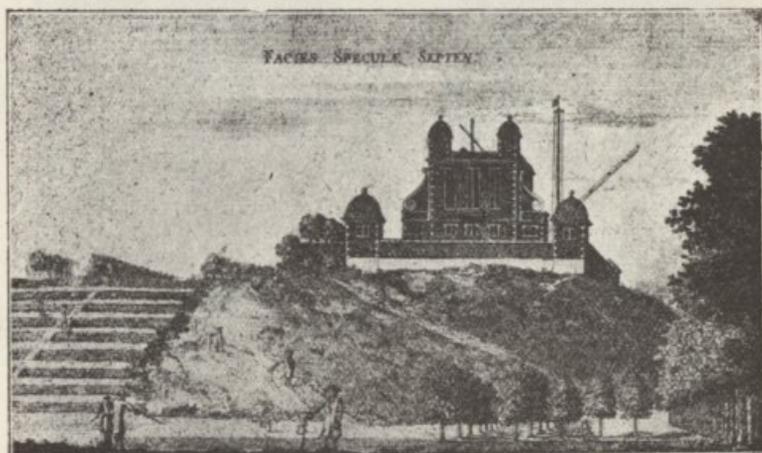


Fig. 2

grande parte dos seus propulsores, merecendo especial destaque Maskelyne, Poud, Airy, Christie e, finalmente, Sir Frank Dyson.

Observações meridianas

Círculo meridiano

As observações meridianas, pela sua correlação com as de Coimbra e ainda pela sua capital importância, marcaram o início dos meus trabalhos, assistindo no próprio dia da minha apresentação, aos serviços normais do observatório.

Estava sendo utilizado um «Transit Circle» de onze pés e sete polegadas de distância focal e oito polegadas e uma décima de abertura (fig. 3).

Instalado na sala conhecida por «Transit Circle Room», em 1851, pelo então Director, Sir John Airy, tem tido uma utilização constante. É ele que define a linha meridiana de Greenwich, tomada como referência de todas as medidas de longitudes da Terra, na actualidade.

Este círculo meridiano tem a completá-lo, como acessórios, dois colimadores, uma tina de mercúrio para observações nadi-

rais e um cronógrafo de cilindro em ligação com a pêndula directriz.

O erro de azimute é determinado astronômicamente, encontrando-se abolido o processo das miras, assim como o erro da

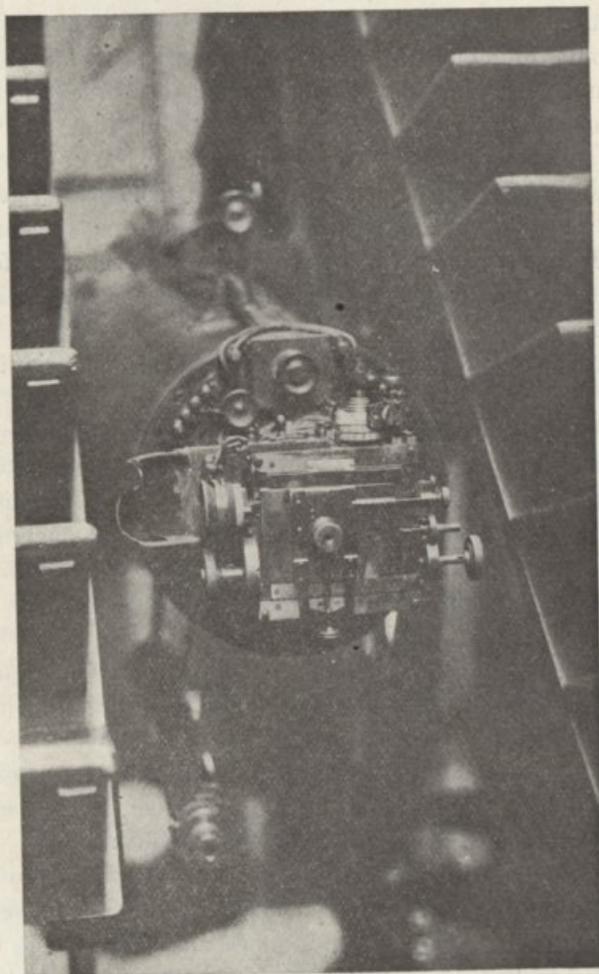


Fig. 3

inclinação do eixo de rotação é sempre calculado por observações nadirais, não sendo usado o processo dos níveis.

Tôda a instalação meridiana é bastante resistente, não lhe faltando a perfeita precisão no funcionamento dos seus órgãos.

O trabalho a que é submetido é simplesmente assombroso. E, como os números são mais eloquentes que as palavras, bastará informar que em 1931 foram feitas 10.359 observações de estrélas em ascensão recta; 9.792 em distância polar; 287 determinações de erro de colimação; 553 observações radicais; e 580 determinações do erro de inclinação.

Durante oitenta e dois anos, foram feitas neste aparêlho seiscentas mil observações apròximadamente, conforme as estatísticas do observatório.

Não obstante, um forte desejo de renovação e aperfeiçoamento anima presentemente o Director e astrónomos dêste observatório, porquanto estão procedendo à montagem dum novo círculo meridiano, com todos os requisitos modernos, de forma a manter mais eficazmente as suas observações na vanguarda da precisão.

Ficará instalado em novo edificio, a curta distância do anterior.

Nas observações meridianas trabalham conjuntamente dois astrónomos: um tem a seu cargo as leituras dos microscópios do círculo, dos termómetros, dos barómetros, e respectivos registos; o outro observa em ascensão recta e distância zenital. Estas funções são alternadas e determinadas por escala.

Com êste trabalho conjugado conseguem, em média, observar, numa sessão de trabalho, duzentas a trezentas estrélas em ascensão recta e declinação para elaboração do catálogo duma dada zona do céu. O número máximo até hoje atingido é, de facto, de trezentas estrélas.

O rendimento colossal e a alta precisão dos resultados obtidos com todo o conjunto instrumental, onde se atendeu aos mais insignificantes detalhes, é especialmente devido:

1.º Ao dispositivo dos seis microscópios do círculo zenital o qual permite ao observador encarregado de os ler, fazer êste serviço no mesmo tempo, quando não é ainda antes, que o outro astrónomo realiza os contactos em ascensão recta e declinação;

2.º A um outro dispositivo, muito prático e simples, a que os ingleses chamam «Picker», adaptado ao micrómetro de declinação, o qual permite registar os contactos do respectivo fio móvel com o astro;

3.º A um micrómetro impessoal de ascensão recta, deslocável à mão, possuindo três contactos não salientes em tambor de

ágata, com a vantagem de não registrar no cronógrafo quando o movimento do fio móvel for superior à velocidade do deslocamento equatorial do astro;

4.º A um sistema de alavancas para deslocamento rápido da tina de mercúrio até à posição de observação nadiral, dando ao banho, que é constituído por uma delgada camada de mercúrio, a propriedade de quasi instantâneamente adquirir a sua posição de equilíbrio, mantendo-se tranqüilo;

5.º A um cronógrafo, munido duma só pena, com um movimento bastante uniforme e uma precisão suficiente para trabalhos de catalogação, o qual é bastante económico em papel para o registo das observações;

6.º Ao emprêgo dum prisma de inversão, usado por alguns astrónomos na determinação da linha sem colimação, utilizando-se dois colimadores horizontais;

7.º Ao uso dum «Psicrómetro Assman» e de barómetros de alta precisão para o cálculo da refacção; e, finalmente,

8.º Aos engenhosos sistemas de abertura das fendas e localização da cadeira de observação.

Dir-se-ia que as péssimas condições climatéricas da Inglaterra para estudos astronómicos, onde é necessário aproveitar todos os poucos momentos de céu descoberto, fizeram do povo inglês um vivo exemplo de organização prática e de dedicação por estes serviços.

Alguns destes pormenores ter-me-iam passado despercebidos, inclusivè as vantagens que elles oferecem, se não estivesse já familiarizado com os grandes círculos meridianos.

A-pesar-do pessoal técnico estar especializado e distribuído pelas diferentes secções, não obsta a que freqüentemente vão exercer a sua actividade em observações de secções diferentes. Assim, dos seis astrónomos que observavam no grande círculo meridiano, só quatro são privativos da secção, cabendo-lhes tôda a responsabilidade dos cálculos. Isto permite escalar o árduo serviço das observações por maior número de astrónomos.

Por aquella época, realizavam-se nesta secção observações de estrélas para a elaboração do catálogo de Greenwich 1935,0, bem como as do sol, planetas, lua e cratera Mösting A.

Poucos dias me foram necessários para compreender minuciosamente a prática destes serviços, passando imediatamente ao cálculo das posições dos astros, para mim de grande importância.

Freqüentava o observatório das 9 às 13 horas, e depois desta hora quando havia observações, ocupando o resto do dia, em casa, a estudar as questões que me eram postas pelos astrónomos e tomando nota das dificuldades encontradas para, no dia imediato, ser esclarecido.

Como tinha as minhas instalações particulares próximo do observatório e conhecia o horário dos serviços do mesmo, orientava a minha actividade de modo a haver o mínimo de perda de tempo. O serviço de cálculos desta secção estão repartidos por duas sub-secções, cada uma com dois astrónomos e certo número de calculadores devidamente habilitados.

Na sub-secção dos cálculos das observações em ascensão recta e distância polar encontram-se os astrónomos Furner e Acton.

Na outra sub-secção encontram-se os astrónomos Cullen e Symms e têm a seu cargo fazer as reduções para 1935,0 das coordenadas das estrelas calculadas na primeira sub-secção e bem assim o cálculo dos valores da precessão, da variação secular e dos movimentos próprios e as ascensões rectas, declinações e diâmetros do sol, da lua e dos planetas para 1932, comparando estes valores com os insertos no *Nautical Almanac*, deduzindo as correcções em longitude e latitude para o sol e lua.

As distâncias polares dos astros são determinadas a partir da leitura do círculo correspondente ao zénite, conhecendo-se previamente a latitude do lugar. Estes valores são introduzidos no cálculo das declinações com uma correcção devida à variação da latitude.

Ocupei no estudo destes assuntos vinte e dois dias.

Variação das latitudes

Passei em seguida ao estudo das variações da latitude sob a direcção do astrónomo Acton.

Este assunto é de grande interesse pelos resultados obtidos com instrumentos da categoria do «Cookson Floating Zenith Telescope» (fig. 4).

Este aparelho, que, se não estou em erro, é único no género, foi primeiramente utilizado na Universidade de Cambridge, durante dois anos, na investigação do valor da constante da aberração pelo método do Prof. Kustner, à qual havia sido oferecido pela viúva do seu inventor, Bryan Cookson.

Em 1911 foi cedido, por empréstimo, ao Observatório de Greenwich para a determinação da variação da latitude.

O instrumento referido encontra-se descrito no vol. 61, págs. 315, do *Monthly Notices of the R. A. S.*, bastando indicar aqui

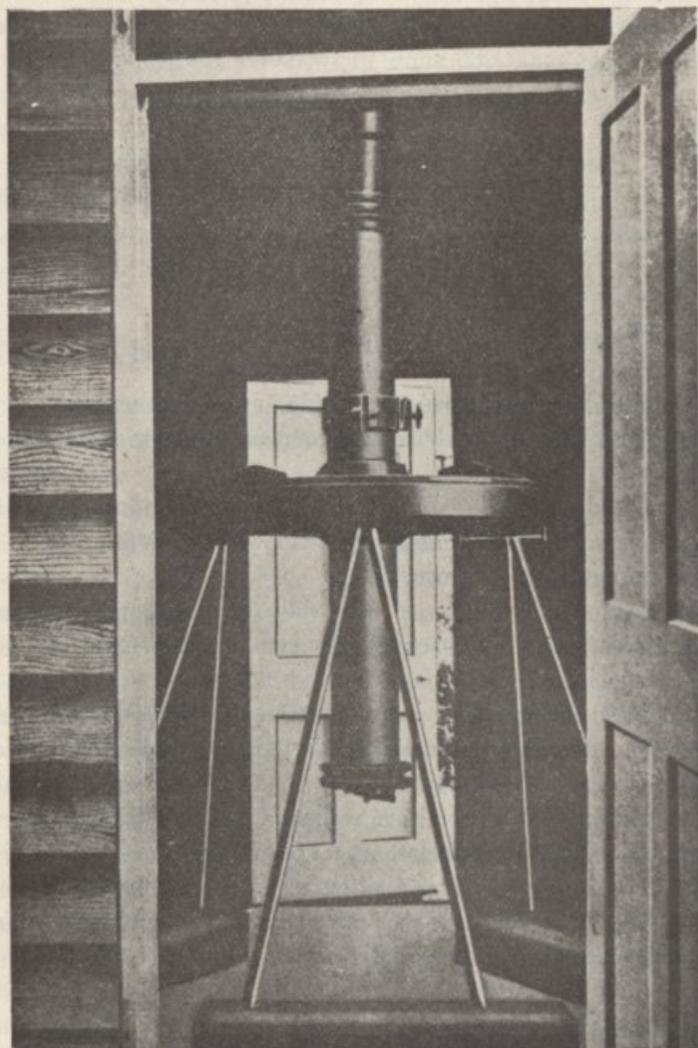


Fig. 4

que este telescópio, sendo fundamentalmente uma luneta zenital Talcott, tem a ocular substituída por uma chapa fotográfica onde são registados, com uma exposição de cerca de oitenta segundos, os pares de estrêlas com apròximadamente a mesma dis-

tância zenital, uma ao N. e outra ao S. do zénite (fig. 5). Não tem níveis, e o movimento de inversão é relativamente fácil.

O prato azimutal e a luneta flutuam sobre uma tina circular de mercúrio, donde lhe vem o nome.

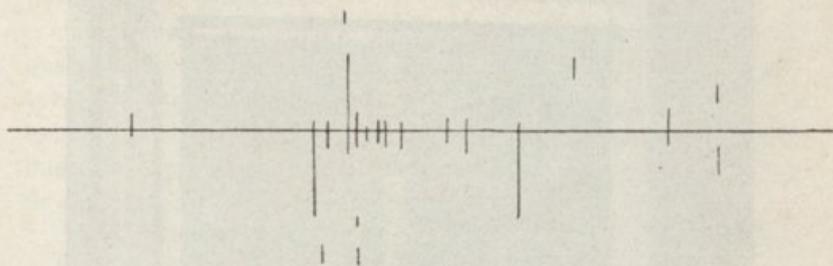


Fig. 5

O tubo do telescópio é construído em latão com o fim de eliminar tanto quanto possível as influências magnéticas e de temperatura.

O método usado é o de Talcott, fotografando-se em cada chapa quatro ou cinco pares de estrélas convenientemente escolhidas do catálogo de Boss.

A distância entre as estrélas de cada par é rigorosamente determinada por dois observadores com um micrómetro comparador especial.

Cookson aconselhou, para instalação destes aparelhos, a construção de casas em madeira, de paredes duplas, a fim de se evitarem as anomalias da refração, o que se fez em Greenwich. As fotografias são normalmente tiradas ao anoitecer e de madrugada, como é de aconselhar. Porém, nos meses de Maio a Julho, são obrigados a fazê-las entre as 0 e 2 horas.

A determinação dos erros de inclinação, azimute e colimação não exigem grande rigor, bastando conservá-los dentro de largos limites, sempre fáceis de manter.

Pela situação e clima do nosso país, o qual reúne condições excepcionalíssimas para a realização destes estudos, poderíamos marcar internacionalmente um lugar de grande destaque, instalando num dos nossos observatórios um instrumento com as características indicadas atrás, cujo custo está dentro das nossas possibilidades financeiras.

Teríamos assim ocasião de prestar uma valiosa colaboração ao serviço internacional da variação das latitudes,

actualmente dirigidas pelo Prof. Kimura, do Observatório Mizusawa (Japão).

Sobre este assunto, tive ensejo de trocar impressões com um dos assistentes deste professor, Mr. S. Kawasaki, o qual se encontrava também em Greenwich, onde foi mandado expressamente para estagiar neste serviço, estando em vias do fornecimento àquele país dum aparelho igual.

Os resultados até hoje obtidos são de tal maneira concordes com os do serviço internacional, que tudo indica a substituição próxima das lunetas Talcott por este aparelho, muito mais simples e duma técnica mais fácil.

Serviço da hora Este serviço é dirigido pelos astrónomos Mrs. Boweyer e Rickett. A sua perfeição justifica plenamente as grandes tradições deste Observatório. O problema da hora é incontestavelmente importantíssimo pelo auxílio imediato que presta aos serviços públicos e particulares em todo o mundo.

Este observatório foi um dos primeiros a envidar os maiores esforços no aperfeiçoamento deste serviço. Razões de Estado levaram a Inglaterra a dedicar a este assunto a máxima atenção. Carecendo dotar a sua marinha com os mais seguros elementos de navegação de modo a estabelecer, tanto quanto possível, comunicações rápidas entre os seus vastos domínios, espalhados pelo mundo inteiro, impôs aos astrónomos a obrigação de resolverem satisfatoriamente a determinação exacta das longitudes no mar e o problema da hora.

Neste serviço são utilizadas as melhores pêndulas de pressão e temperatura constantes, quer de tempo médio quer de tempo sideral, óptimos aparelhos de T. S. F., quer para transmissão dos sinais horários quer para recepção dos sinais rítmicos com utilização de bons oscilógrafos.

A emissão dos sinais rítmicos faz-se pela estação de Rugby. Fornece também indicações horárias a diversos serviços públicos, entre eles o dos correios, estudando-se, também, neste observatório centenas de cronómetros de diversas entidades, os quais são submetidos e comparados a diversas temperaturas.

Tudo isto despertou-me viva curiosidade por constituir o mais sólido fundamento para um trabalho rigoroso de determinação de longitudes. E, portanto, estudei estas complicadíssimas instala-

ções nos seus detalhes, mesmo os menos importantes, resolvendo variados problemas práticos de comparação de pêndulas, e recepção de sinais horários. Assim, procedi à determinação de estados das pêndulas, ao cálculo da hora de recepção do último sinal horário emitido por Rugby para as 10 ou 18 horas de T. M. G. e respectivas correcções às horas de transmissão destes sinais, à determinação dos erros dos sinais de Rugby, Anapolis, Bordeus e Nauen registados em Greenwich, para serem publicados na circular *Admiralty Notices to Mariners* e, finalmente, à comparação dos erros horários da transmissão dos mesmos sinais rítmicos determinados em Greenwich e os calculados em Paris (*Bureau International de l'Heure*), em Hamburgo (*Deutschen Seewarte Zu Hamburg*) e em Washington (*Circular Washington Observatory*).

O oscilógrafo onde são registados os sinais rítmicos é prático e duma relativa simplicidade de construção. O registo é feito a tinta sôbre uma estreita fita de papel com a velocidade de cinco centímetros por segundo. Tanto os sinais como os segundos da pêndula são inscritos com uma única pena.

A determinação da hora tem sido feita com um pequeno instrumento de passagens Troughton, de três polegadas de abertura e trinta e seis e meia de distância focal, munido dum micrómetro impessoal deslocável à mão, o qual é formado por um tambor metálico com três sectores de ágata com intervalos na relação de 2:2:3.

A iluminação do campo da luneta, que outrora se fazia pelo eixo dos munhões, é realizada por meio duma lâmpada cujo feixe luminoso incide sôbre um reflector colocado à frente da objectiva.

A descrição detalhada d'este aparelho encontra-se no volume das observações de Greenwich de 1926.

As estrelas utilizadas são referidas ao catálogo Eichelberger.

O azimute da luneta é sempre determinado astronômicamente e com estrêlas convenientes e agrupadas, combinando-se os tempos das passagens ao N. e ao S. do zénite.

A inclinação é geralmente calculada por leituras do nível. Os estados da pêndula directriz são determinados para cada sessão.

O seu valor médio é deduzido da soma dos estados calculados com estrêlas observadas ao S. do zénite, acrescida da média dos estados calculados com estrêlas observadas ao N., a qual

entra naquela soma como uma só parcela, atribuindo-se assim a esta média a precisão dum estado calculado com uma só estrela observada ao S.

Quando se utilizam estrelas de pequena distância polar, os estados calculados não entram no valor médio do estado da pêndula.

Está encarregado destas observações e cálculo da hora o astrónomo Mr. Finch que acumula com o serviço astográfico.

Observações solares

Tendo dado por terminado o meu estágio no serviço meridiano, passei ao serviço dos fenómenos solares, dirigido pelo astrónomo Newton.

Estas observações, pela sua correlação com as de Coimbra que, na época actual, constituem a parte mais activa dos trabalhos deste observatório, despertaram em mim um interesse especial.

Impunha-se um estudo comparativo, sobretudo nos métodos de cálculo das coordenadas heliográficas e nas medidas da superfície das manchas e regiões faculares.

Os métodos de cálculo usados em Greenwich e propostos pelo eminente astrónomo Carrington, são os mais exactos e rigorosos.

Os resultados fotoeliográficos publicados por este grande observatório põem bem em evidência o valor dos métodos clássicos empregados, convindo, no entanto, observar que o estudo do Sol é orientado mais sob o ponto de vista da astronomia da posição do que da astrofísica.

Não possui este observatório, como o de Coimbra, modernas instalações espectroeliográficas, que permitam o estudo permanente do Sol pelos métodos espectrais.

No entanto, as fotografias do Sol, obtidas fotoeliograficamente e com imagens de sete e meia polegadas à distância média da Terra (fig. 6) e os trabalhos espectroelioscópicos já realizados, têm permitido um estudo muito consciencioso e exacto sobre os movimentos característicos das manchas e fáculas, sobre o período de rotação do Sol e sua actividade em relação com os fenómenos meteorológicos e magnéticos.

A importância destes estudos determinou os ingleses a publi-

carem anualmente no *Nautical Almanach* o número de ordem das rotações sinódicas em continuação com a numeração de Carrington, começada em 9 de Novembro de 1853.

Para preenchimento das lacunas nas observações, por virtude

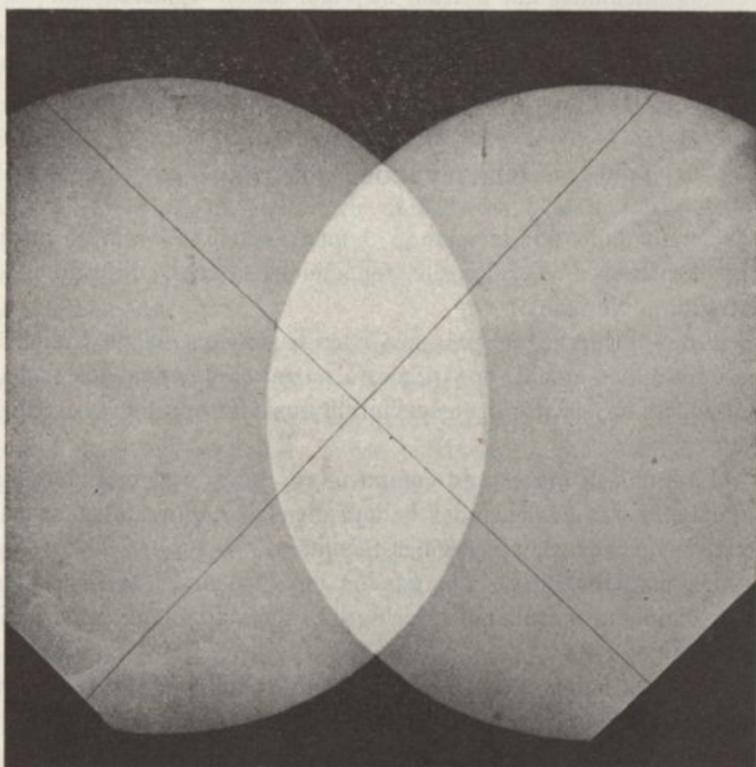


Fig. 6

de dias em que não foi possível executá-las, recebem fotografias não só do Observatório do Cabo da Boa Esperança como também do de Kodaikanal, sendo os diâmetros das imagens aproximadamente iguais.

A linha zero dos ângulos de posição é determinada todos os meses quer por processo fotográfico (fig. 7), quer visual.

Nos primeiros faz-se uso dum micrómetro de posição (fig. 8) e aos resultados aplica-se uma correcção de inclinação em função da variação da declinação do Sol.

O método visual ou de Carrington é bastante conhecido para me dispensar fazer-lhe qualquer referência.

No cálculo das coordenadas heliográficas e das áreas das manchas e fáculas é indispensável o conhecimento prévio e rigoroso do raio do disco solar, da distância do centro da mancha ou fácula ao centro do disco, do ângulo de posição contado da

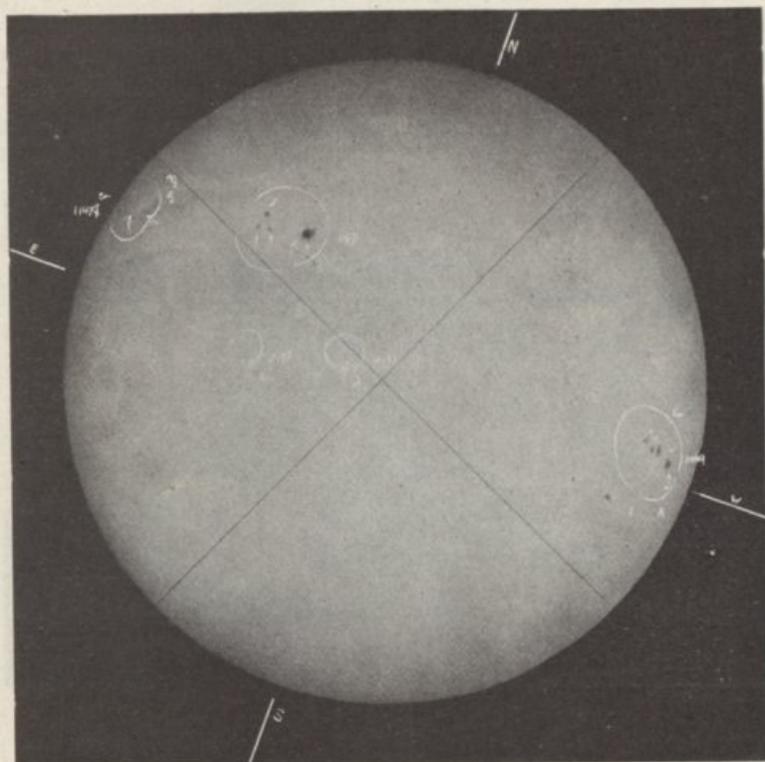


Fig. 7

linha NS do Sol e da área observada, avaliada em quadrados dum centésimo de polegadas de lado.

Nestas medições, sempre feitas independentemente por dois observadores, é utilizado o micrómetro de posição atrás descrito.

Sempre que a altura do Sol é relativamente pequena, os ângulos de posição e de distâncias são correctas da refacção diferencial.

As superfícies das manchas e fáculas são expressas em milionésimas do disco aparente ou do hemisfério visível do Sol.

Os resultados destes cálculos laboriosos são publicados nos *Anais* do observatório com a seguinte distribuição:

- a) Posições e áreas das manchas e fáculas em cada dia;
- b) Catálogo geral dos grupos de manchas;
- c) Registo dos grupos periódicos de manchas;
- d) Registo dos grupos aperiódicos de manchas;
- e) Áreas totais das manchas e fáculas;

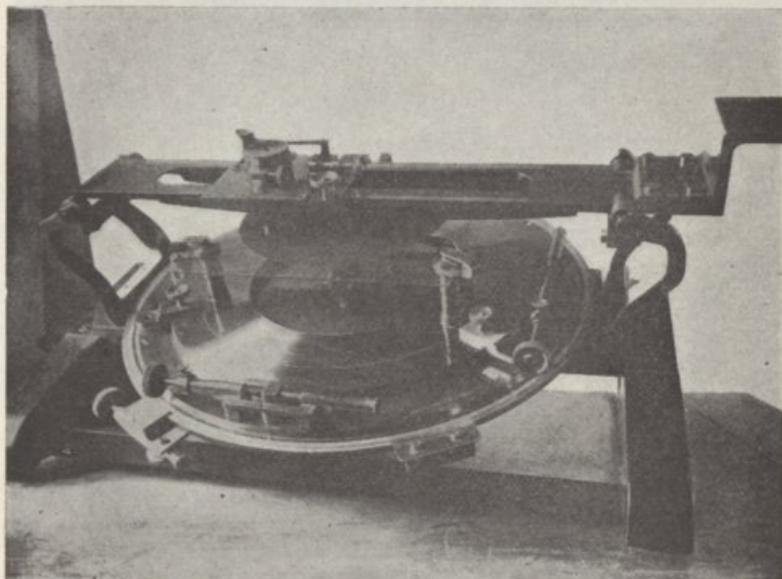


Fig. 8

E, finalmente, como resumo das observações espectroelióscópicas, insere

f) Observações dos *focculi* solares.

Além dos *Anais*, são publicadas e apresentadas às academias científicas dezenas de memórias e comunicações sobre estudos fotoeliográficos realizados em Greenwich.

Embora estes estudos não sejam absolutamente comparáveis aos do observatório de Coimbra, por serem diferentes os processos e instrumentos de observação, afigura-se-me oportuno acentuar a conveniência em se proceder, em Coimbra, a uma determinação mais rigorosa das posições das manchas e de certas fáculas, ainda mesmo que se considerem os problemas pelo seu aspecto astrofísico. Nos anos de menor actividade solar, é mais

fácil fixar as posições das fáculas por se manterem suficientemente isoladas e, conseqüentemente, com uma superfície melhor definida, depois de cada rotação do Sol. E como, segundo parece averiguado, algumas fáculas, de características especiais, permitem um estudo mais rigoroso do período de rotação do Sol do que as manchas, justificado fica o meu voto atrás expresso, tanto mais que os aparelhos espectroeliográficos, com que o observatório de Coimbra está dotado, permitem registar as fáculas em toda a extensão do disco solar, o que não acontece com os aparelhos fotoeliográficos.

Também me parece aconselhável que, a exemplo da publicação de Greenwich, já citada, também os *Anais* do observatório de Coimbra, obra notável de que adiante me ocuparei, passe a inserir os ângulos de posição e distâncias de todos os fenómenos solares, assim como as suas longitudes referidas ao meridiano origem.

E então, talvez seja possível, senão dispensar totalmente as imagens planificadas, pelo menos reduzir-lhe as dimensões, sem que dêste facto resulte perturbação para os estudos a realizar.

Para conclusão desta referência aos serviços astrophisicos do observatório de Greenwich, cumpre-me citar a existência dum espectroelioscópico construído segundo os planos concebidos pelo astrónomo Dr. Hale, Director do observatório de Mont'Wilson (U. S. A.), tendo applicados dois prismas Anderson e uma rede Rowland.

No *Astrophysical Journal*, de págs. 265 a 311, do n.º 70 (1929), encontra-se uma descrição completa dêste instrumento.

A-pesar-do primeiro espectroelioscópico construído datar de 1923, até esta data já existem vinte espalhados pelos observatórios do mundo, entre os quais o de Coimbra, com ligeiras adaptações do espectroeliógrafo e coelostato.

Com êste aparelho fazem-se estudos das velocidades radiais dos *focculii* nas vizinhanças das manchas com as radiações H α .

Paralaxe das estrélas Ocupei-me, em seguida, do serviço da paralaxe das estrélas, o qual é dirigido pelos astrónomos Mrs. Davidson e Martin.

Êstes estudos importantísimos têm preocupado os astrónomos de todos os tempos.

Sendo duma simplicidade extrema, sob o ponto de vista teó-

rico, na prática apresenta dificuldades formidáveis que, só muito lentamente, tem sido possível vencê-las a par e passo com os sucessivos progressos da ótica e da mecânica.

É pela paralaxe das estrêlas que se deduzem as suas respectivas distâncias à Terra.

Alguns astrónomos que se ocuparam dêste problema, procurando para êle uma solução quási impossível com os rudimentares aparelhos da época, foram levados a outras descobertas que deram um impulso decisivo na ciência astronómica. Citarei aqui apenas Bradley que, em 1729, pretendendo determinar a paralaxe da estrêla γ Draconis, descobriu o fenómeno da aberração da luz. Só no último século se conseguiu observar com erros inferiores às quantidades a medir.

Vários métodos, quer directos quer indirectos, têm actualmente sido propostos com o fim de alcançar nas observações uma precisão muito superior a um segundo do arco, valor êste que excede a paralaxe da estrêla mais próxima.

A solução do problema tem sido encontrada com o auxílio da fotografia.

Com os grandes telescópios fotográficos, em que a escala da chapa é tal que a uma distância angular dum minuto de arco correspondem alguns milímetros, já foram obtidos milhares de paralaxes de estrêlas com uma precisão de poucos milésimos de segundo de arco.

Para algumas estrêlas, usando métodos especiais, tem-se conseguido atingir a precisão da milionésima de segundo.

Dos métodos gerais, o indirecto ou espectroscópico é o mais eficiente.

Em Greenwich emprega-se o método fotográfico, utilizando um refractor de vinte e seis polegadas de abertura e vinte e dois pés e seis polegadas de distância focal, o que corresponde a uma escala de trinta segundos por milímetro (fig. 9).

Êste aparelho foi oferecido ao observatório pelo cirurgião Sir Henry Thompson.

A-pesar das suas dimensões é, no entanto, menor que a maior parte dos instrumentos usados nestas observações, encontrando-se, neste caso, os dos observatórios de Mont'Wilson, Yerkes, Victoria, Virgínia, Harvard, Cabo da Boa Esperança, Cambridge, Allegheny, etc. Não existe, infelizmente, um aparelho dêstes em qualquer dos observatórios portugueses.

Esta circunstância bastou para que não me detivesse mais demoradamente nesta secção.

E, devido à crise da hora presente, não alimento a menor

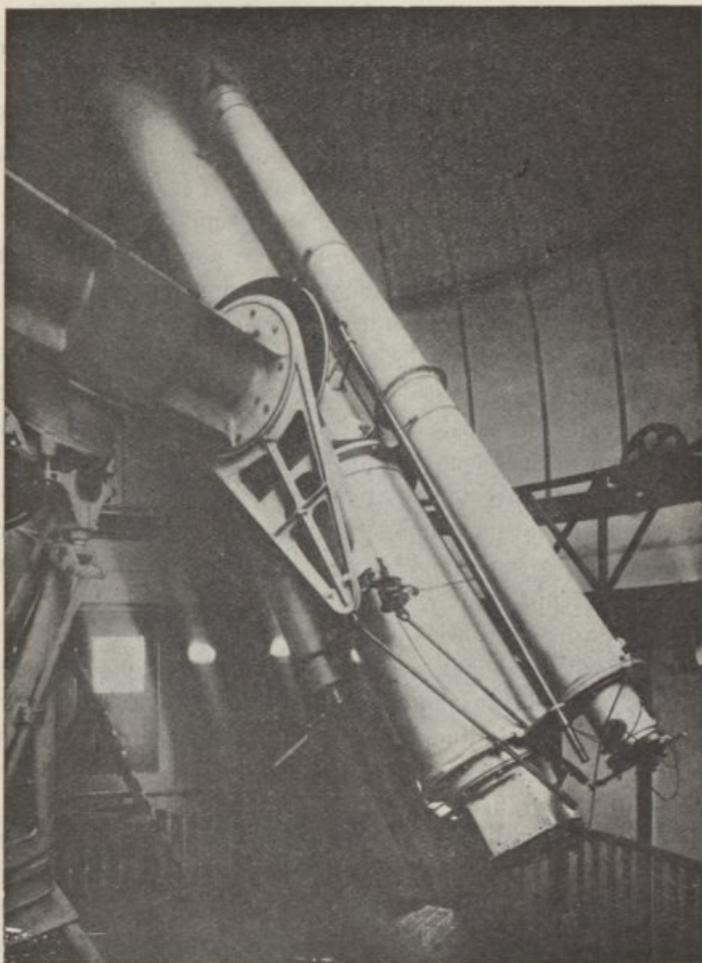


Fig. 9

esperança em ver dotado o observatório de Coimbra com tão importante melhoramento, por implicar uma despesa de alguns milhares de libras.

Greenwich, para competir com os observatórios atrás citados, mantendo a sua posição de primeiro observatório do mundo, pro-

cede presentemente à instalação dum grande equatorial de trinta e seis polegadas, oferecido por Mr. Johnstone Iapp, no valor de quinze mil libras.

O método fotográfico consiste no seguinte: escolhidas as épocas mais favoráveis pela consideração do factor paralactico da região do céu que contém a estrêla a observar, obtêm-se as fotografias. Nos clichés são identificadas e escolhidas diversas estrêlas de comparação, geralmente seis, distribuídas simètricamente em volta da estrêla cuja paralaxe se deseja determinar, e procede-se a medições micrométricas na posição directa e inversa da chapa, começando e acabando sempre pela estrêla de paralaxe. Estas medidas são repetidas por outro astrónomo. Em cada cliché ficam, pelo menos, duas imagens da mesma estrêla, mercê dum deslocamento próprio do aparelho.

Da comparação dos valores deduzidos dos clichés tirados em épocas diferentes, tiram-se os elementos necessários à determinação do valor da paralaxe da estrêla. As imagens são sempre obtidas com um pequeno ângulo horário.

Por meio dum sector rotativo, colocado diante do ponto da chapa onde se forma a imagem da estrêla de paralaxe, consegue-se igualar a sua grandeza à grandeza média das estrêlas de comparação, cujo valor é apròximadamente onze e meio, a que corresponde uma exposição fotográfica de três minutos.

O número de chapas a utilizar com cada estrêla e por cada época é variável consoante os observatórios. Em Greenwich, devido à sua alta latitude, à pequena distância focal do antigo refractor e às variações climatéricas, adoptou-se um número mais elevado de fotografias.

O nosso país reúne condições excepcionais para êste género de observações, condições estas postas em relêvo pelos astrónomos estrangeiros, sendo triste que as nossas dificuldades económicas não permitam, talvez, prestar tão cedo a nossa colaboração nestas investigações, aliás tão desejada.

Estes trabalhos, tão modernos, foram iniciados em Greenwich, em 1913, usando-se o método proposto pelo Prof. Kapteyn mais tarde abandonado pelas variações do clima, passando a empregar-se o método diferencial micrométrico, inventado pelo pessoal do próprio observatório, fazendo-se dezasseis bissecções para a estrêla de paralaxe e oito para cada estrêla de comparação.

Encontra-se uma minuciosa descrição do método no *Astrophysical Journal*, vols. xxxii e xxxiii, feita pelo Dr. Frank Schlesinger, Director do observatório de Yerkes.

O mesmo professor é também autor do método especial de

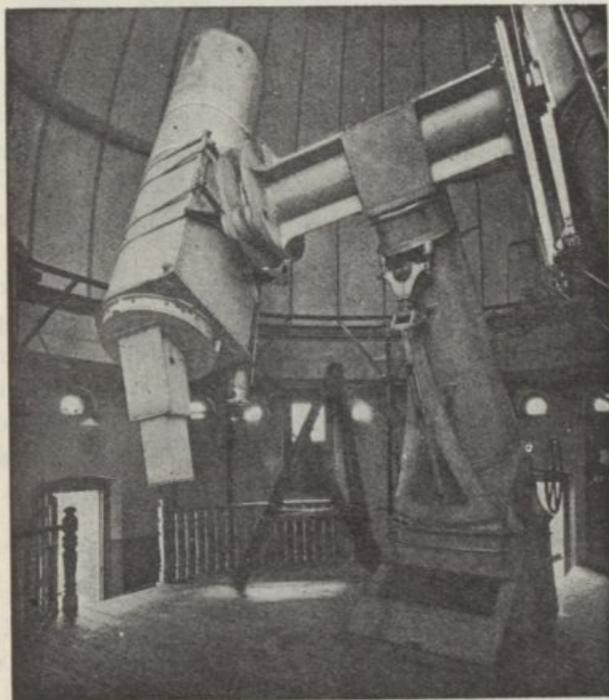


Fig. 10

redução, conhecido por «Dependences» e usado em Greenwich (vid. ob. cit., vol. xxxiii, pág. 161).

Temperatura das estrélas Os astrónomos atrás referidos, ao tratar do serviço da paralaxe das estrélas, auxiliados pelo assistente Mr. Graves, dirigem este serviço da determinação da temperatura das estrélas, o qual foi iniciado em 1926, utilizando-se um reflector de trinta polegadas (fig. 10).

O primeiro volume dos resultados destas investigações, sob o título de *Colour Temperatures of Stars*, acaba de ser distribuído.

Nestas determinações são aplicadas as fórmulas de Planck.

É de salientar a organização prática que os distintos astrónomos citados deram a este serviço.

Durante a minha permanência em Greenwich não se realizaram observações nesta secção.

Prevalecendo neste género de investigações as mesmas razões que invoquei ao referir-me ao serviço das paralaxes para justificar o meu curto estágio, também nesta secção me limitei a tomar conhecimento dos processos e instrumentos empregados, ficando assim com uma noção, ainda que superficial, d'este serviço.

Se nos nossos observatórios estivessem montados aparelhos adequados a estas observações e se se pretendesse fazer um estudo completo d'este assunto, necessitaria, pelo menos, um ano para o realizar, tal a sua complexidade.

Em minha opinião, haveria tóda a vantagem em especializar alguns astrónomos nos serviços das paralaxes e das temperaturas das estrélas, que não existem em Portugal, e procurar introduzi-los no serviço normal dos nossos observatórios à medida que as condições financeiras do país o permitissem. E, se assim o entender a Junta de Educação Nacional, mui proveitosa será a sua acção no sentido do desenvolvimento dos serviços astronómicos nacionais.

Estrélas duplas Passei, em seguida, ao serviço das estrélas duplas, dirigido pelo astrónomo Mr. Furner.

Nestas observações é empregado um equatorial de vinte e oito polegadas (fig. 11), permitindo fazer a observação visual de estrélas com uma separação de poucas décimas de segundo do arco.

Por «estrélas duplas» designam-se os pares de estrélas observadas conjuntamente na luneta, distinguindo-se os sistemas em que as componentes se encontram suficientemente próximas para estarem submetidas à lei da gravitação, atraindo-se mutuamente com movimentos relativos das respectivas órbitas, e bem assim os sistemas cujos elementos, embora a distâncias muito diferentes da Terra, são, no entanto, vistos na luneta com uma pequena separação por efeitos da perspectiva.

Aos primeiros e que oferecem maior interêsse chamam-se *sistemas binários*, designando-se os segundos por *sistemas óticos*.

Foi no fim do século XVIII que Herschel, estudando a paralaxe das estrélas, descobriu que certas estrélas duplas consti-

tufam um sistema binário, pondo bem em evidência os seus movimentos relativos.

O estudo dos sistemas binários faz-se medindo o ângulo de

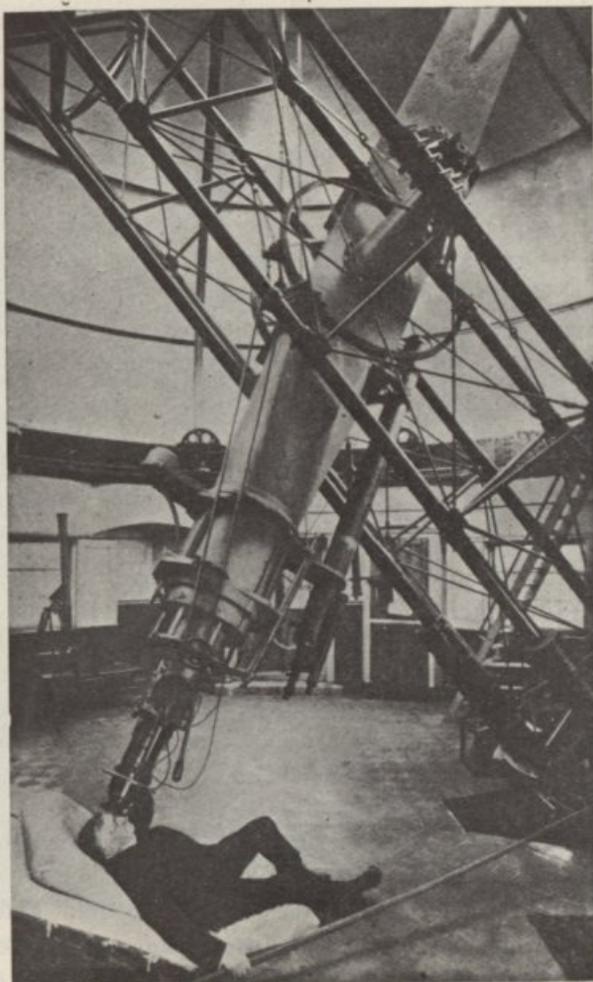


Fig. 11

posição e distância da estrela menos brilhante em relação à estrela principal.

Adaptado à ocular do equatorial usa-se um micrómetro especial.

O «método das duplas distâncias», seguido em Greenwich,

consiste na deslocação do círculo graduado do micrómetro até fazer coincidir as imagens das estrélas com a parte média dum fio duplo, obtendo-se assim o valor do ângulo de posição, conhecido que seja o valor do ângulo de posição zero.

Deslocando, em seguida, um parafuso especial do micrómetro, que comanda o movimento simultâneo de dois fios perpendiculares ao fio duplo, bissecta-se uma das estrélas com um destes fios. Com um segundo parafuso, que apenas comanda o fio livre, desloca-se este fio até bissectar a outra estréla. Nota-se a leitura correspondente.

Inverte-se, em seguida, a posição dos fios, fazendo-se a coincidência do fio fixo com a segunda estréla, obtendo-se novo valor pela bissecção do fio móvel com a primeira estréla.

Da simples combinação destas leituras com o conhecimento do valor da volta do parafuso do micrómetro, deduzimos a distância entre as estrélas do binário.

Observações astrográficas

Os meus trabalhos no Observatório de Greenwich findaram nesta secção, dirigida pelos astrónomos Mrs. Melotti e Jeffries.

Interessava-me adquirir alguns conhecimentos teóricos e práticos sobre a elaboração da carta e catálogo fotográfico do céu.

Estes trabalhos começaram em 1889, por iniciativa da França, tendo colaborado nêles dezoito observatórios correspondentes a igual número de zonas em que foi dividido o céu.

Não foi possível satisfazer o meu desejo por este observatório já, há muito tempo, ter concluído o estudo da zona que lhe fôra distribuída.

No entanto, aproveitei a oportunidade para realizar o estudo das fotografias do planeta Eros, tiradas durante a oposição de 1930-31, para a determinação da paralaxe do Sol. Este trabalho era para mim altamente vantajoso, como preparação ao estudo da carta do céu que ainda se fazia no observatório de Paris e para onde, pouco depois, me transferi.

A determinação da paralaxe do Sol pela observação de pequenos planetas durante as oposições, tem merecido a especial atenção dos astrónomos pela grande precisão que se consegue alcançar.

O asteroide (433) Eros, depois da sua descoberta em 1898, já permitiu realizar, em 1900-1901, uma determinação muito exacta da paralaxe do Sol.

Em 1930-931, o mesmo planeta apresentou-se ainda em condições mais favoráveis para a mesma determinação.

O Observatório de Greenwich, que em 1900-901 prestou uma



Fig. 12

colaboração notável, alcançando resultados verdadeiramente surpreendentes, concorreu, em 1930-931, com cêrca de duzentas fotografias tiradas com o equatorial astrográfico (fig. 12), aparelho êste com características idênticas a todos os outros empregados no serviço da carta do céu. Utilizou-se ainda neste trabalho o equatorial Thompson.

A lista das estrêlas de referência, cujas coordenadas são co-

nhecidas com grande exactidão, foi estabelecida pelo Prof. Kopff e publicada no *Astronomische Nachrichte*.

Depois de realizadas as medidas micrométricas das fotografias, com o auxílio dum micrómetro especial (fig. 13), e para conhecimento das coordenadas rectilíneas das estrélas em relação

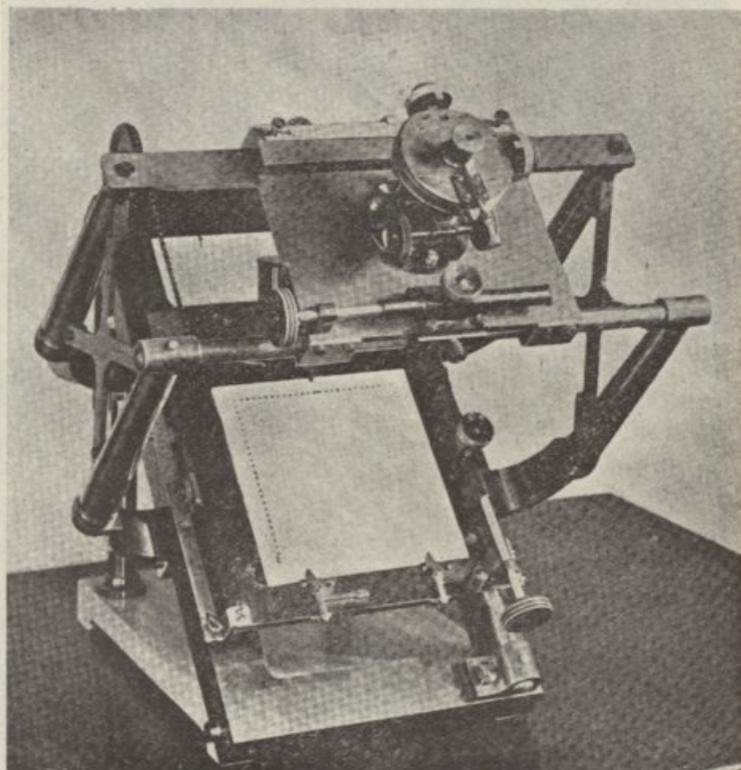


Fig. 13

a dois eixos perpendiculares, procede-se ao cálculo das « standard co-ordinates » das estrélas de referência, as quais são escolhidas convenientemente em volta da imagem do planeta, obtendo-se as constantes da chapa do modo seguinte:

Escolhem-se usualmente sete ou oito estrélas de referência, cujas ascensões rectas e declinações são bem conhecidas por observações e cálculos realizados em vários observatórios; formam-se, em seguida, tantas equações quantas as estrélas empregadas, as quais exprimem a relação entre as coordenadas recti-

linhas medidas e as «standard co-ordinates», conforme o método proposto por Turner.

Resolvendo este sistema de equações pelo método dos menores quadrados, obtemos as constantes da chapa.

Conhecidas estas para uma determinada chapa e as coordenadas rectilíneas para qualquer estrela nela contida, deduzem-se as «standard co-ordinates» dessa mesma estrela e, em seguida, por fórmulas apropriadas, a sua ascensão recta e declinação.

Seguindo o método diurno, pelas diferenças entre as ascensões rectas ou entre as declinações do planeta e da estrela de comparação, deduz-se a paralaxe.

As fotografias são obtidas com uma exposição aproximada de dois minutos; e, durante este tempo, é costume deslocar ligeiramente o instrumento em declinação para se obterem, na mesma chapa, duas ou mais imagens muito próximas da mesma estrela.

Pessoal do Observatório

O quadro do pessoal técnico superior do Observatório de Greenwich e respectivos vencimentos é o seguinte:

- 1 Director com 1.350 libras e casa;
- 2 Assistentes chefes, 600 a 800 libras;
- 4 Assistentes, 600 a 700 libras;
- 4 Assistentes júniores (1.^a classe), 430 a 530 libras;
- 10 Assistentes júniores, 100 a 270 libras;
- 1 Secretário, 400 libras;
- 21 Calculadores, 120 libras.

Publicações oferecidas ao Observatório de Coimbra

Muitas publicações e obras estrangeiras da biblioteca do Observatório de Coimbra estavam incompletas. Ao partir para o estrangeiro, tomei nota dos inúmeros volumes que faltavam nas colecções das publicações dos observatórios de Greenwich e Paris, na esperança de as poder completar, confiado nas possíveis amabilidades dos respectivos directores. De facto, não me enganei. E, assim, quis Sir Frank Dyson distinguir o Observatório de Coimbra, atendendo à minha solicitação no sentido exposto, enviando-lhe os seguintes livros, no valor de alguns milhares de escudos, para completar as colecções truncadas:

Reductions of the observations of Planets, 1750-1830, 1 vol.

- Lunar observations, 1750-1830, 2 vols. (vol. I e II).*
Tables of the Moon, by P. H. Hansen, 1 vol.
Transit of Venus, 1874, 1 vol.
Longitudes, 1888-1902, 1 vol.
Catalogue of 2212 stars within 3° of the North Pole for the Photographic Magnitudes of stars +65° + 75°, Epoch, 1900,0, 1 vol.
Greenwich Catalogue of stars for 1910,0, 1 vol.
Observations of Cookson Floating zenith, 1912-1927, 1 vol.
Astrographic Catalogue, 2 vols. (vols. IV e V).
Catalogue of double stars from observations made with the 28-inch Refractor during the Years, 1893-1919, 1 vol.
First Greenwich Catalogue of stars for 1925,0, 1 vol.
New Reductions of Groombridge's Catalogue, 1 vol.
Observations, 1906, 1913, 1930, 3 vols.
Precession Tables by W. Downing, 1 vol.
Tables for the computation of stars const by J. Stone, 1 vol.
 A S. Ex.^a dirijo, neste relatório, a expressão sincera do meu reconhecimento pelo alto serviço prestado ao Observatório de Coimbra.

Fim do estágio Já se encontra atrás suficientemente exaltada a superioridade científica e a extraordinária organização prática do Observatório de Greenwich para que seja necessário voltar a referi-las.

Neste lugar cumpre-me tão somente patentear a minha gratidão pela forma galharda e afectuosa com que fui recebido pelo Director do observatório, Sir Frank Dyson, e por todos os astrónomos em exercício, os quais me distinguiram com uma solicitude em tudo de que havia mister, que ultrapassou em muito aquilo a que tinha jus.

A SS. Ex.^{as} deixo aqui bem expresso o meu agradecimento, apresentando-lhes as minhas homenagens.

O Director do observatório tinha-me reservada uma surpresa para o momento em que apresentasse os meus cumprimentos de despedida. Sem que o houvesse solicitado, entregou-me, nessa ocasião, o documento que a seguir se reproduz (fig. 14).

Em 14 de Agosto de 1932, embarquei para Paris. Como se encontrassem na América do Norte o Director do observatório e alguns astrónomos, não me foi possível fazer a minha apresen-

tação oficial no dia imediato. Só no dia 27 de Setembro retomei os meus trabalhos de astronomia. Entretanto ocupei este intervalo de tempo em visitar bibliotecas da especialidade, tomando notas sobre tratados de autores diversos que interessavam ao Observatório de Coimbra.

1932 July 19

M^r Madeira will be leaving
the Observatory in a few days.

As I shall be going to America
to-morrow I take this opportunity
of saying that he has spent
his time very profitably here
and has carefully studied
all the different branches of
work undertaken at Greenwich.

J. W. Dyson

Astronomer Royal

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE PARIS

Resenha histórica O Observatório de Paris foi edificado em 1667, oito anos antes do de Greenwich, tendo por seu primeiro director Jean Dominique Cassini.

A sua história e gloriosas tradições não são menos notáveis do que as do observatório inglês. Durante quasi três séculos, têm passado pela sua direcção ou pertencido ao seu quadro técnico eminentes matemáticos e sábios astrónomos, tais como Le Verrier, Mouchez, Tisserand, Loewy, Baillhand, Deslandres e outros.

Actualmente é dirigido pelo insigne astrónomo M. Esclançon.

Observações meridianas O serviço das observações meridianas é dirigido pelo astrónomo titular M. Armand Lambert.

Depois do estudo minucioso destes serviços que havia realizado em Greenwich, interessava-me conhecer a forma por que eram executados em Paris, ainda que pelas informações que possuía a tal respeito conhecesse já a manifesta inferioridade do valor das observações, quer quanto à quantidade quer quanto à variedade dos astros observados.

Impunha-se, no entanto, estabelecer o confronto entre as duas organizações, para ficar conhecendo o que de prático possuíam, aumentando assim a minha preparação técnica. Na parte instrumental, encontrei detalhes de construção originaes, e nos métodos de observação e redução, diferenças importantes.

Elaborado o meu plano de estudos, comecei os meus trabalhos por tomar conhecimento dos métodos de cálculo usados na determinação das posições apparentes das estrélas do *Catálogo de 784 estrélas de referência da zona de +18° a +24°* (Paris), feito de colaboração com o Real Observatório da Bélgica.

Assim, depois de calcular, para algumas estrélas, as suas ascensões rectas e declinações e respectivas reduções ao equinócio de 1925,0, e bem assim os seus movimentos próprios, precessão annual e sua variação secular, quer em ascensão recta quer em declinação, e todos os outros elementos do catálogo, formava um conceito bastante exacto sobre um dos mais importantes serviços da astronomia de posição deste observatório.

Neste catálogo, as declinações são determinadas diferencialmente com o auxílio de estrêlas fundamentais para o cálculo da colimação polar do círculo, e as ascensões rectas são determinadas pela fórmula de Bessel, de uso tradicional neste observatório.

O auxílio prestado pelo astrónomo auxiliar M.^{elle} Chevalier foi inestimável e valioso, facilitando-me a interpretação de todos estes cálculos.

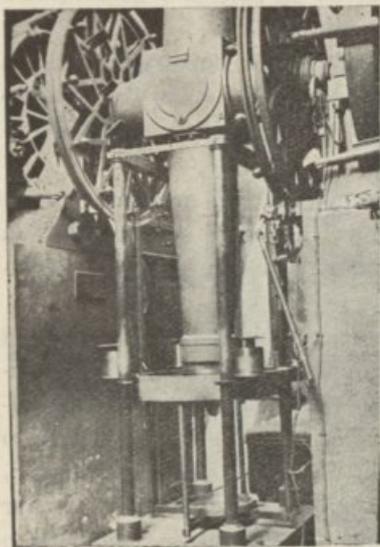


Fig. 15

Foi ainda a mesma senhora quem me fez a explicação completa do Grande Círculo Meridiano do Jardim.

Este instrumento, que foi oferecido ao observatório por Raphäel Bischoffsheim, em 1878, tem uma abertura de $0^m,190$ e $2^m,324$ de distância focal (fig. 15).

Para a determinação das constantes astronómicas do instrumento, tem a instalação duas miras, colocadas uma ao N. e outra ao S., e um banho de mercúrio.

A-pesar-do seu pêso, relativamente grande, o círculo pode ser invertido facilmente por meio dum aparelho accionado elèctricamente. As leituras dos dois círculos são feitas com seis microscópios, mas não colocados com aquele dispositivo prático do de Greenwich.

Para as observações em ascensão recta existe um micrômetro auto-registador Gautier, sendo o deslocamento do fio móvel comandado por um pequeno motor eléctrico colocado no cubo da própria luneta. Esta modificação foi feita em 1932, substituindo o motor assíncrono da primitiva instalação.

Este dispositivo permite eliminar, em grande parte, a equação pessoal do observador, afigurando-se-me superior aos micrómetros de comando manual, ainda hoje usados em Greenwich, por exigirem uma grande prática e condições especiais do observador, no momento de executar as observações.

Pode ver-se uma descrição detalhada dèste círculo meridiano,

feita por Henri Renan, no t6mo XXVI das *Mem6rias do Observat6rio de Paris*.

Devido aos progressos da mec6nica e da 6tica, a precis6o das observa66es com o micr6metro auto-registador est6 hoje subordinada ao conhecimento da equa66o pessoal absoluta, a qual depende n6o s6mente do observador, mas tamb6m da luneta empregada, da amplifica66o, da grandeza da estr6la e do sentido e velocidades aparentes do deslocamento.

Em 1932, o astr6nomo M. Lambert f6z construir, na casa Prin, um aparelho muito interessante para o estudo da equa66o absoluta do observador, utilizando o micr6metro auto-registador.

Os resultados de numerosas experi6ncias mostram que a equa66o 6 pequen6ssima, no entanto, digna de ser considerada em determinadas investiga66es, como, por exemplo, nos trabalhos internacionais das longitudes.

Para aumentar consideravelmente o n6mero de observa66es em dist6ncia polar, existe, no micr6metro de declina66o, um aparelho (fig. 16) que permite ao observador marcar, com um est6lete s6bre uma fita de papel, um sinal correspondente 6 posi66o em que o astro foi bissectado pelo fio m6vel deslocado 6 m6o.

6ste dispositivo, que evita fazerem-se as leituras do tambor durante as observa66es, permite, depois, encontrar, com todo o rigor, as leituras exactas do micr6metro no momento das pontarias.

6ste aparelho, que, sob o ponto de vista de precis6o do registo das observa66es, n6o 6 certamente inferior ao dispositivo empregado em Greenwich, torna, no entanto, o sistema ocular bastante pesado, embara6ando ainda com o seu volume a pr6tica das observa66es.

O registo cronogr6fico das observa66es em ascens6o recta 6 feito por um magneto oscil6grafo Abraham-Carpentier cuja velocidade do desenrolamento da fita 6, geralmente, de 30^{mm} por segundo.

Al6m d6ste cron6grafo, existe ainda um outro impressor, sistema Gautier, com apreci6veis modifica66es do engenheiro Prin.

O sistema impressor, desde que satisfa6a 6s exig6ncias actuais de rigor das observa66es, 6, sem d6vida, o que mais conv6m, pela facilidade de leitura das fitas, especialmente no trabalho de cataloga66o de estr6las.

Devo salientar que a alta preparação científica da generalidade do pessoal do observatório tem permitido criações dum valor prático inestimável, havendo uma constante preocupação em melhorar e aperfeiçoar os instrumentos e processos de observação.

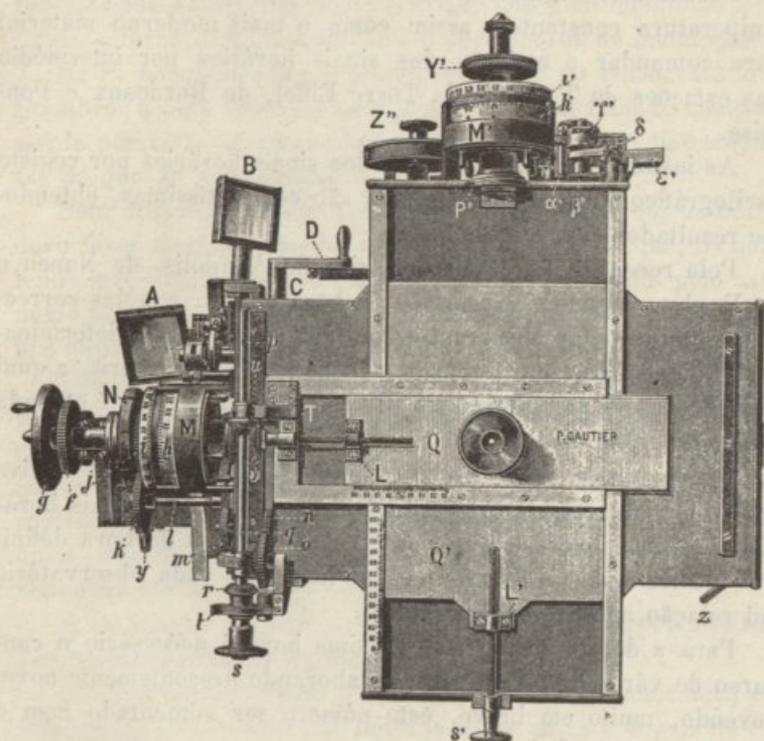


Fig. 16

E de desejar que aliem, no futuro, a estas altas qualidades, a organização modelar de Greenwich de forma a permitir-lhes um rendimento equivalente.

Serviço da hora Como parte integrante do serviço meridiano, funciona neste observatório o Bureau International de l'Heure, organismo este que concentra todo o serviço concernente à hora internacional. O respectivo quadro do pessoal técnico é constituído por um chefe de serviços, um conselheiro técnico radiotelegráfico, dois astrónomos e um radiotelegrafista, além de diverso pessoal auxiliar.

Os serviços da hora são subvencionados por diferentes países e têm sobre si a responsabilidade do serviço inerente à hora.

É fácil compreender a grande importância de semelhante trabalho.

Possui este organismo as melhores pêndulas de pressão e temperatura constantes, assim como o mais moderno material para comandar a emissão dos sinais horários por intermédio das estações de T. S. F. da Torre Eiffel, de Bordeaux e Pontoise.

As instalações para recepção dos sinais horários por registo oscilográfico sobre negro de fumo são completíssimas, obtendo-se resultados surpreendentes.

Pela recepção dos sinais horários de Anapolis, de Nanen e de Rugby, supondo as emissões à hora exacta, e pelas correcções obtidas pelas observações meridianas de Paris, determina-se gráficamente a hora extrapolada da pêndula directriz, a qual por sua vez, e por intermédio das estações já citadas, é enviada duas vezes por dia.

Depois procedeu-se à determinação da hora meio definitiva com a qual se calculam os tempos de recepção dos sinais horários de diferentes observatórios e, bem assim, à da hora definitiva destes sinais e correcções das horas de cada observatório em relação ao observatório médio.

Para a determinação desta última hora é necessário o concurso de vários observatórios, colaborando presentemente nove, devendo, muito em breve, este número ser aumentado com o Observatório de Coimbra e outros.

O *Bulletin Horaire*, publicação bi-mensal do B. I. de l'H., além dos estudos da pêndula directriz e da *pêndula média* e os valores das comparações das pêndulas, insere ainda as horas meio-definitivas e definitivas dos sinais horários.

Esta publicação, pelos elementos que contém, torna-se absolutamente indispensável aos serviços geodésicos, geográficos e dos observatórios astronómicos que precisam realizar trabalhos de precisão.

Durante mais dum mês frequentei este serviço com a maior assiduidade, procurando tirar todas as dificuldades de forma a o Observatório de Coimbra ficar devidamente habilitado a colaborar nos trabalhos internacionais da hora e das longitudes.

Ao mesmo tempo, colhia todos os elementos concernentes ao

mesmo serviço, tais como esquemas de instalações de recepção da T. S. F., e outros aparelhos e respectivas características.

Devo, no entanto, acentuar que sem o precioso auxílio dos funcionários superiores deste serviço, que gentilmente se prestaram a fornecerem-me detalhes e pormenores de instalações de T. S. F. adequados ao material existente no Observatório de Coimbra, o bom êxito do meu propósito teria falhado completamente por tratar-se mais duma especialidade de radiotelegrafistas do que de astrónomos.

Sem desprimor ou menos consideração para com os outros, devo fazer menção especial dos MM. Stoyko e Coniel, os quais, tendo sido indicados para orientarem o meu tirocinio pelo astrónomo-chefe, M. Lambert, foram incansáveis, pelo que me cumpre exprimir neste relatório a minha gratidão.

Sempre que o tempo o permite, o estado das pêndulas é determinado astronômicamente, utilizando-se um pequeno instrumento de passagens Prin (fig. 17), reversível, munido de micrómetro impessoal comandado por um motor eléctrico, sendo o registo feito por um magneto-oscilógrafo Abraham provido duma única pena, com uma velocidade de desenrolamento de fita aproximadamente de 30^{mm} por segundo.

A inclinação do eixo da luneta é determinada pelas leituras dos níveis efectuados durante a observação.

Ao S. e no meridiano do instrumento, existe uma mira cujo azimute é determinado por leituras feitas antes e depois de cada série de observações de estrêlas.

Êste azimute da mira não dispensa, nos cálculos, o conhecimento do azimute da luneta determinado por observação de estrêlas e serve, exclusivamente, para o cálculo do azimute médio da mira num período de quinze a trinta dias.

A partir deste azimute médio, calculam-se novos azimutes da luneta para as mesmas séries de observações; e, se o novo valor azimutal do instrumento para cada série de observações deferir do calculado por observações estelares duma quantidade superior a quatro centésimas de segundo de tempo, determina-se a correcção que deve sofrer o estado da pêndula para eliminar praticamente a diferença encontrada nos azimutes.

Esta correcção é dada por uma fórmula diferencial deduzida da fórmula de Bessel e a sua aplicação evita a repetição de todo

o cálculo das observações, para a determinação do novo estado da pêndula.

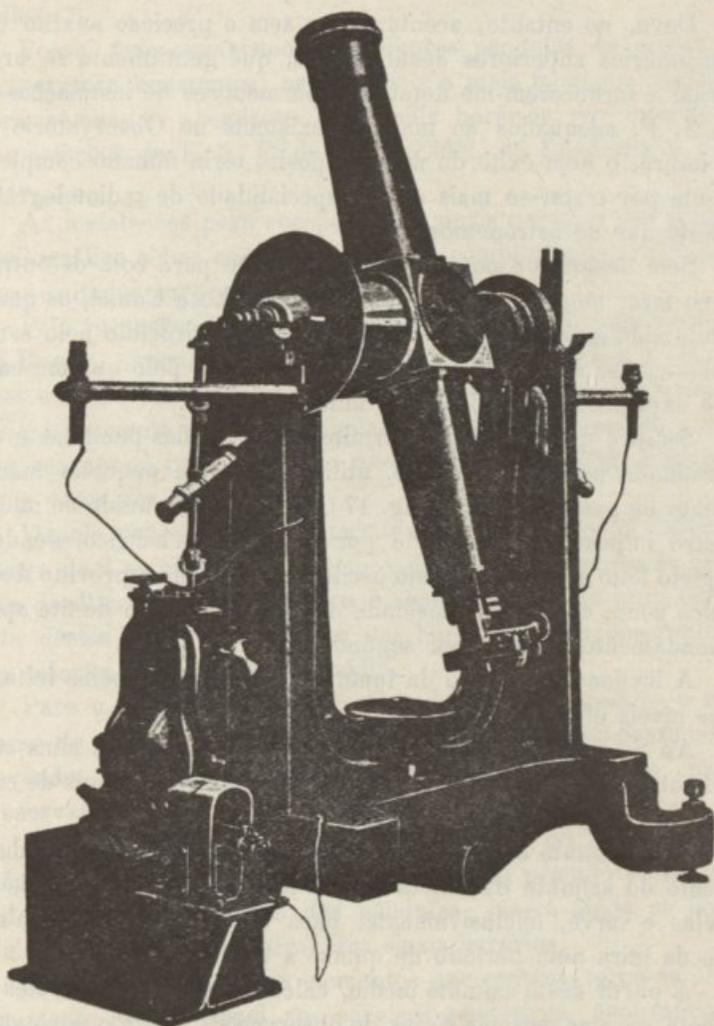


Fig. 17

O estado da pêndula determina-se observando normalmente doze estrêlas horárias e quatro circumpolares.

Quando não se observam estrêlas circumpolares, a redução das observações é feita estabelecendo-se um gráfico, pondo em abscissas as tangentes das declinações das estrêlas e em ordena-

das os estados aproximados. Traça-se, depois, a recta, passando o melhor possível por estes pontos e determina-se, depois, a intersecção desta recta com uma paralela ao eixo das ordenadas e tirada pelo ponto de abscissa igual à tangente da latitude do lugar, obtendo-se assim o estado da pêndula por observação de estrêlas zenitais.

Finalmente, ao valor assim calculado subtrai-se a correcção devida à inclinação do eixo e a correcção proveniente dos termos a curto período de nutação que não figuram nas ascensões rectas das estrêlas horárias contidas nas efemérides.

A fórmula geralmente adoptada para as reduções é a de Bessel, sendo também usadas as de Mayer e Hansen.

A escolha da fórmula depende da variação da inclinação e azimute da luneta no decorrer das séries de observações.

As posições das estrêlas observadas contidas no Berliner Jahrbuch são reduzidas ao sistema Eichelberger para as tornar comparáveis com as das outras efemérides.

A determinação da espessura dos contactos do micrómetro de ascensão recta faz-se, geralmente, de quinze em quinze dias e ao valor calculado junta-se a correcção proveniente da aberração diurna.

Cumpre-me deixar aqui expresso o meu reconhecimento para com o astrónomo M. Brisse, pelas preciosas indicações que me forneceu sobre o importante serviço da hora, do qual se ocupa exclusivamente.

O problema da hora foi o que mais prendeu a minha atenção durante a minha permanência nos observatórios estrangeiros. E isto por o observatório de Coimbra ter sido indicado para representar o nosso país na determinação internacional das longitudes, a realizar em Outubro e Novembro do corrente ano.

Neste importantíssimo trabalho, que se realiza de seis em seis anos, colaboram os principais observatórios do mundo e tem por objectivo a demonstração experimental de diversos fenómenos geodésicos e geofísicos de grande transcendência e a verificação de certas teorias e hipóteses sobre a crusta terrestre e seus movimentos.

O problema das longitudes adquiriu tal importância nas ciências astronómicas e geográficas, que ocupa sempre o primeiro plano do programa de trabalhos dos respectivos congressos internacionais.

Ainda, no ano findo, astrónomos e geodesistas de todo o mundo, reunidos em Cambridge (U. S. A.), tomaram importantes resoluções dentre as quais destacarei a seguinte:

«La comisión des longitudes s'associe au voeu de la comisión de l'heure tendant a confier au Bureau International de l'Heure la mission de centraliser les mesures des longitudes qui sont effectuées en Octobre-Novembre 1933, d'en faire une étude critique et d'en publier les resultats. Il y aura lieu d'envisager ultérieurement l'attribution au B. I. de l'H. des credits spéciaux qui lui seront nécessaires pour mener à bien cette tache. Le concours financier des diverses Union du Conseil International des Unions Scientifiques et de tous autres organismes intéressés à l'entreprise devra être sollicité.»

A fim de assegurar o bom êxito da nossa representação na próxima determinação internacional das longitudes, interrompi o meu estágio nos observatórios astronómicos estrangeiros, regressando a Coimbra onde tinha que realizar alguns trabalhos preliminares urgentes. Assim, além duns pequenos melhoramentos nos instrumentos meridianos, que brevemente deverão estar concluídos, há necessidade absoluta de substituir as instalações da T. S. F., problema êste para o qual já tive ensejo de chamar o particular interêsse da Junta de Educação Nacional, esperando num auxilio eficaz e oportuno ao Observatório Astronómico de Coimbra.

Carta do Céu Conclui, em Paris, os meus estudos sobre astronomia de posição, depois de ter tomado conhecimento dos serviços da carta do céu, os quais são dirigidos pelos astrónomos MM. Baillaud e Lagard.

Foi em Abril de 1887 que, sob os auspícios da Academia de Ciências de França, se realizou o Congresso Internacional de Fotografia Astronómica, onde cinqüenta e seis delegados de diversos países resolveram aprovar a elaboração da *Carta do Céu*, distribuindo-se as observações pelos observatórios astronómicos dos dois hemisférios da Terra.

Seria, talvez, desnecessário dizer, por presumível, que o nosso país não colaborou nestes importantísimos trabalhos, nem, até hoje, adquiriu qualquer instrumento com as características necessárias para a realização dêste género de observações. E como estes trabalhos continuam a executar-se em todos os observató-

rios de certa categoria, suponho ser contrário ao interesse nacional o permanecermos nesta dolorosa situação de inactividade, como se nos desinteressássemos do progresso da ciência astronómica.

Assim, expondo o facto, se quem de direito o quiser considerar e entender dever resolver, que o resolva para bom nome da ciência portuguesa.

Em minha opinião, porém, a nossa falta poderia, talvez, ter sido, senão corrigida, pelo menos em muito atenuada, prestando ao serviço internacional da *Carta do Céu* um auxilio irrefutavelmente precioso, socorrendo-nos dos nossos próprios recursos — os instrumentos meridianos — com os quais se fariam as observações necessárias à elaboração dum catálogo de estrélas de referência para uma zona do céu que nos fôsse distribuída, elementos estes indispensáveis às determinações astrográficas e que não abundam no serviço internacional. Quero crer que não tenham faltado as nossas tradicionais promessas a qualquer solicitação nesse sentido.

Mas o hábito da irreflexão, que, por vezes, teima em nos caracterizar e nos leva a prometer o que podemos e não podemos dar num assomo de brio, para, bem depressa, esquecermos tudo, deixando-nos cair numa apatia miseranda, mais uma vez nos deve ter colocado na triste situação de desleixados ou de povo sem vontade ou capacidade de trabalho.

Quanto à organização dos trabalhos, o congresso, atrás citado, deliberou que cada região celeste fôsse fotografada duas vezes, com exposições diferentes, obtendo-se para a zona duas séries de fotografias com características especiais como adiante se verá. Cada chapa abrange uma área de $2^{\circ} \times 2^{\circ}$, sendo cada minuto representado por 1^{mm} , isto é, a escala da chapa.

A primeira série é obtida com uma exposição de trinta minutos para cada imagem. — Porém, mediante uns ligeiros deslocamentos do aparelho, obtém-se em cada chapa mais que uma imagem, geralmente três, em poses consecutivas, de igual período, com o fim de eliminar as falsas imagens provenientes de defeitos da chapa. As três imagens correspondem aos vértices dum pequeno triângulo, sendo a reprodução das chapas feita em heliogravura para a constituição da *Carta do Céu*.

Nestas fotografias apuram-se as estrélas até à décima quarta grandeza.

A segunda série, com três imagens de cada estrela, com poses de seis e três minutos para as duas primeiras, e de vinte segundos para a última, serve para a formação dos catálogos de estrelas até à décima primeira grandeza, sendo as imagens de 6 e três minutos de exposição as utilizadas no cálculo das coordenadas respectivas.

O equatorial fotográfico do observatório de Paris, fundamentalmente igual em características a todos os utilizados neste serviço, tem $3^m,40$ de distância focal e $0^m,34$ de abertura, sendo a luneta sustentada por uma montagem tipo inglês.

As posições das imagens das estrelas são determinadas por coordenadas rectilíneas referidas aos traços duma rede, reproduzida na chapa, cujos quadrados têm 5^{mm} de lado.

Para as medidas das fotografias usa-se um micrómetro especial que permite levar ao campo do seu microscópio qualquer região da chapa, fazendo-se as leituras por deslocamento de dois pares de fios rectangulares, movidos por parafusos, cujo valor da volta é muito aproximadamente igual ao intervalo de dois traços consecutivos da rede.

Apontando, sucessivamente, aos traços do quadrado da rede, que contém a estrela, e à própria estrela, obtínhamos seis leituras que serviriam para determinar as coordenadas, medidas na chapa.

Para eliminar erros sistemáticos, dá-se à chapa uma rotação de 180° e repetem-se as leituras. Do conjunto deduzem-se os valores médios das coordenadas da imagem da estrela.

Aumenta-se a precisão repetindo tódas as leituras numa e noutra posição da chapa.

A determinação fotográfica da grandeza das estrelas é feita por comparação com uma escala de imagens correspondentes a estrelas de grandeza conhecida, utilizando-se nessa comparação um micrómetro. As imagens da estrela e da escala deverão ser muito vizinhas no campo do microscópio.

Como trabalho prático, executei tódas as medidas e cálculos correspondentes à chapa fotográfica da zona celeste de Paris n.º 1255 + 18° a qual continha dezasseis estrelas de referência.

Nos cálculos referidos, que são bastante laboriosos, prestou-me tódas as indicações o sábio astrónomo M. Lagarde, actualmente chefe do serviço de cálculos do Observatório de Paris. Os métodos de cálculo ali usados são especialmente devidos ao astrónomo citado e a M. Trépiéd.

Estudei ainda os processos de transformação das coordenadas rectilíneas publicadas no catálogo do céu em ascensões rectas e declinações e as fórmulas e tábuas para facilitar o emprêgo dos catálogos fotográficos devidos a M. Lagarde.

OBSERVATÓRIO DE MEUDON

O Observatório de Meudon foi há pouco tempo anexado ao Observatório de Paris, para efeitos de direcção e administração. Não podendo estagiar neste observatório por falta de tempo, não quis, no entanto, retirar-me sem o visitar demoradamente, conhecendo-o, aliás, desde 1927.

É dirigido pelo sábio astrónomo M. Azambuja, amigo dedicado do Observatório de Coimbra, ao qual tem prestado valiosíssimos serviços, vindo a Portugal expressamente montar o espectroeliógrafo do nosso observatório. Ligado ao Ex.^{mo} Dr. Costa Lôbo, meu Director, por estreitos laços de amizade, mantém permanente contacto com a nossa secção de astrofísica, fazendo as sugestões que as suas experiências em Meudon justificam de modo a tornar o nosso observatório modelar em observações astrofísicas, apenas igualado ou excedido pelo de Meudon e Mont'Wilson.

Quis o ilustre Director honrar-me sobremaneira acompanhando-me na minha visita, elucidando-me completamente e prestando-me esclarecimentos sobre alguns pontos duvidosos do serviço astrofísico.

Possui este observatório as mais modernas e perfeitas instalações para o estudo da física solar e estelar.

Aos grandes astrónomos Deslandres e Hale se deve um engenhoso aparelho que permite estudos de espectroeliografia, de velocidades radiais por meio dum espectro-registador, e, ainda, estudos espectro-elioscópicos.

Estas instalações são como que um laboratório de física solar onde se faz o estudo permanente da cromosfera e das protuberâncias quer sobre o disco quer sobre os bordos do Sol, o registo fotográfico das manchas, fâculas, filamentos, etc., e o estudo das velocidades radiais dos vapores das diversas camadas da cromosfera. Para o estudo da espectrografia estelar, há uma tábua equatorial com dois espectrógrafos de prismas objectivos de dispersões diferentes.

Pessoal do Observatório O quadro do pessoal e respectivos vencimentos é o seguinte:

- 1 Director, 90.000 francos e casa.
- 6 Astrónomos titulares, 60 a 72.000 frs.
- 10 Astrónomos adjuntos, 45 a 60.000 frs.
- 7 Astrónomos auxiliares, 26 a 42.000 frs.
- 9 Calculadores e assistentes, 11.500 a 26.000 frs.
- 2 Secretários.
- 1 Bibliotecário.

**Publicações oferecidas
ao Observatório de Coimbra**

Tal como havia procedido em Greenwich, obtive para a biblioteca do Observatório de Coimbra os seguintes livros:

Annales de l'Observatoire de Paris.

Observations, 1868-1869, 1 vol.; 1870, 1 vol.; 1871, 1 vol.; 1872, 1 vol.; 1873, 1 vol.; 1874, 1 vol.; 1875, 1 vol.

Mémoires, tomes XXV e XXXI, 2 vols.

Catalogue photographique du Ciel, tome V (zone +19° a +21°), 1 vol.

Bulletin Astronomique, 75 números.

Recebi ainda alguns números do *Bulletin Horaire*, para completar a publicação que existe no Observatório de Coimbra.

Fim do estágio

Interrompido o meu estágio pelos motivos já anteriormente expostos, cumpre-me manifestar a forma atenciosa e acolhedora como fui recebido no Observatório de Paris, assim como a boa vontade que em todos encontrei para levar a bom termo a missão que me havia imposto. No meu reconhecimento para com todos os que me auxiliaram, e sem que isso envolva menos consideração ou estima, destacarei M. Esclangon, Director do observatório; M.^{me} Chandon, M.^{elles} Chevalier e Clavier, MM. Lambert, Lagarde, Bailaud, Azambuja, Brisse, Stoyko, Chatelu, Coniel, Bordier e Lobstein.

OBSERVATÓRIO REAL DA BÉLGICA

Para bem aproveitar as férias do Natal, solicitei autorização para visitar o Observatório Nacional da Bélgica, país de reduzi-

das dimensões territoriais, mas grande pela pléiade de homens eminentes que o ilustram. Durou quatro dias a minha visita.

Este observatório, que já usufruía uma posição invejável, mercê das novas instalações e trabalhos executados em astronomia de posição e astrográficos, encontrava-se em plena transformação, procedendo-se nessa época à construção de novos edifícios e instalação de aparelhagem a mais moderna. Não hesitou o Governo belga em dispendir muitos milhões de francos na renovação do seu Observatório Nacional que deverá enfileirar ao lado daqueles que caminham na vanguarda da ciência astronómica.

Por aqui se poderá ajuizar do alto interêsse que os assuntos astronómicos despertam em certos países.

Logo que estas novas instalações estejam concluídas, o observatório belga será muito recomendável como centro de estudos para estrangeiros.

OBSERVATÓRIO ASTRONÓMICO DE COIMBRA

Criado por iniciativa do Marquês de Pombal, foi construído entre 1773 a 1799. Foi o primeiro observatório astronómico organizado em Portugal, datando o da Tapada de 1861 e o da Faculdade de Ciências de Lisboa, de 1898.

Recebeu o seu primeiro regulamento por carta régia de 4 de Dezembro de 1799; e, na qualidade de observatório nacional, passou a designar-se por *Real Observatório Astronómico de Coimbra*, nome, aliás, que ainda mantém em grande número de revistas e outras publicações estrangeiras.

A sua entrada triunfal no concôrto mundial astronómico fez-se pela brilhantíssima inteligência e alto espírito do sábio matemático e insigne astrónomo, mestre entre os mestres, cujo saber não teve fronteiras, e que se chamou Dr. Monteiro da Rocha. A este grande representante da cultura portuguesa de então, coube a honra de ter sido escolhido, pelo Príncipe Regente, para primeiro Director do Observatório Nacional. Em 1804, fazia-se a primeira distribuição das *Efemérides Astronómicas do Observatório*, as quais, segundo expressamente o regulamento estabelecia, foram tódas calculadas e organizadas pelo seu pessoal superior.

A sua concepção foi tão originalmente prática e as suas esplanações tão precisas e claras, sob o ponto de vista matemático, que rapidamente adquiriram grande fama, sendo largamente usadas na navegação. E desta forma as *Efemérides* conquistaram para o Real Observatório Astronómico de Coimbra, a justa consideração e nomeada que tem perdurado até nossos dias.

O nome do sábio Monteiro da Rocha é citado como autoridade incontestada em tratados e outras publicações astronómicas estrangeiras da época. E, para bem compreender e avaliar do seu alto valor, devemos reflectir um pouco na absoluta falta de meios de propaganda e divulgação dêsses tempos.

Era mais difícil à fama dos maiores valores mentais de então transpor as fronteiras da nossa pátria, do que a mediocridade quasi apagada de qualquer homem de letras gordas de hoje.

O nome do Dr. Monteiro da Rocha constitui a mais lídima glória e honra dêste Observatório de Coimbra.

Outro nome illustre deixou bem vincada a sua passagem pela direcção do observatório. Foi o Dr. Sousa Pinto, professor eminente que foi da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra. A êle se deve a instalação do «Círculo Meridiano», a qual ainda hoje está à altura da sua função, salvo pequenos acessórios que posteriormente se lhe juntaram, em face dos aperfeiçoamentos constantes na construção de instrumentos astronómicos. E porque a aplicação dêstes melhoramentos é possível, daí a excelência atrás evidenciada. Deixou estudos completos dêste importante aparelho, com as suas constantes rigorosamente determinadas. Elaborou inúmeras tabelas para facilidade dos cálculos e determinação rápida do resultado das observações.

Não cabe no âmbito dêste pequeno relatório a citação doutros nomes talvez não menos illustres que passaram por êste observatório.

Secção de Astronomia de Posição (edifício central)

No edificio central do observatório (Pátio da Universidade) existem instala-

dos, e em funcionamento, os seguintes aparelhos:

Uma instalação completa do Círculo Meridiano, constituída por um instrumento Repsold de 170^{mm} de abertura e 1^m,95 de distância focal, com micrómetro impessoal de deslocamento manual; dois colimadores de 1^m de distância focal; duas miras (Ra-

poseira e Jardim da Universidade); aparelho nivelador com dois níveis conjugados de alta precisão; banho de mercúrio para observações nadirais, com iluminações E. e W. para observações ao N. e S. (fig. 18);

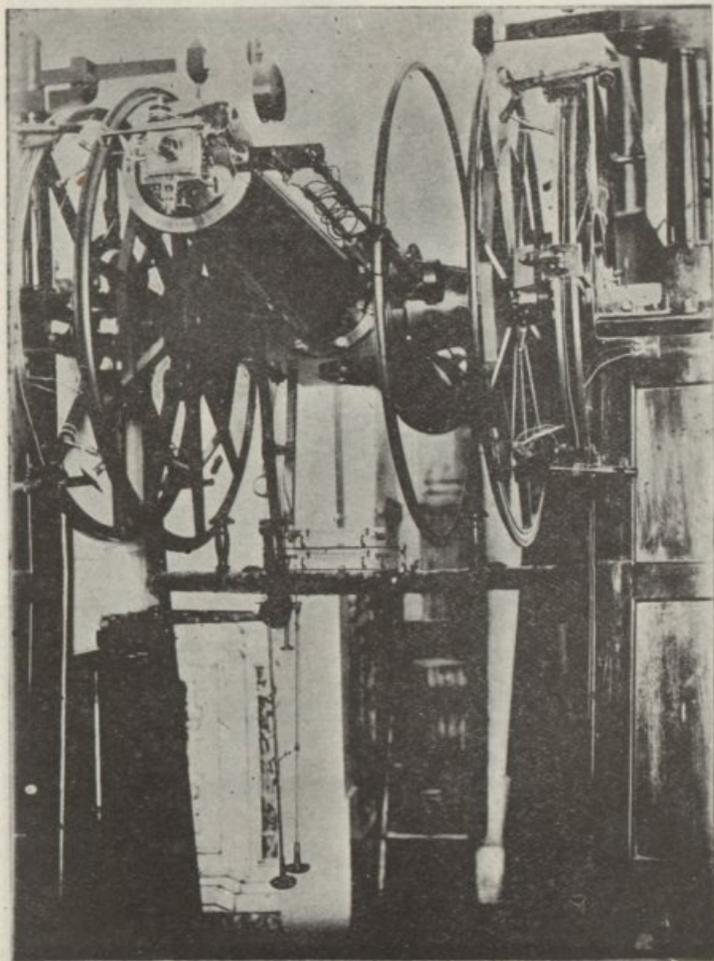


Fig. 18

Pêndulas Berthoud, Dent e Leroy, sendo esta última de pressão constante;

Uma instalação receptora de T. S. F., para comprimentos de ondas desde 20 até 20.000 (fig. 19);

Um oscilógrafo Abraham-Carpentier, cedido, por empréstimo, pelos serviços radiotelegráficos do Ministério da Marinha;

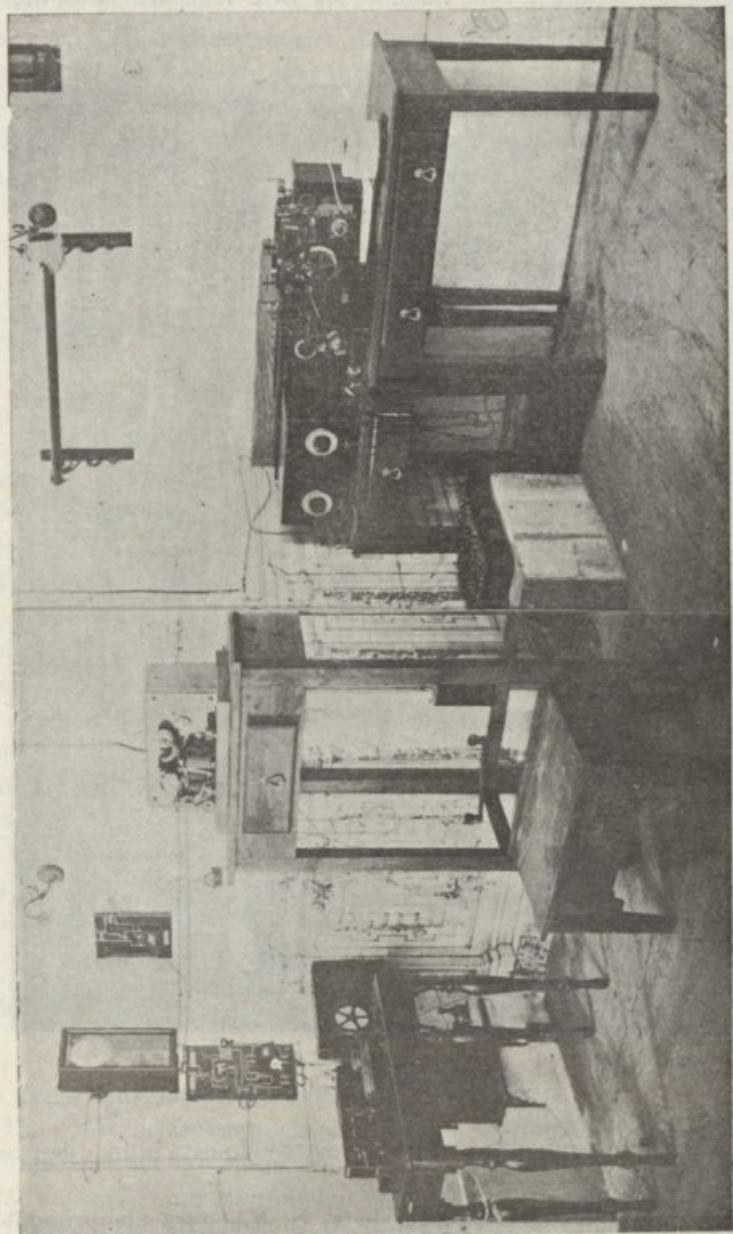


Fig. 19

Seis cronómetros regulados em tempo médio ou sideral;
Barómetro Fortin, barógrafo Richard e vários termómetros;
Dois cronógrafos, sendo um impressor;
Um instrumento de passagens Repsold de 70^{mm} de abertura e 0^m,87 de distância focal, com dois pares de níveis especiais para determinação da latitude e da hora (fig. 20);

Um equatorial de Troughton & Simms de 130^{mm} de abertura e 2^m,36 de distância focal.

Mais pròpriamente destinados a ensino, ainda existem vários teodolitos, sextantes, etc.

O equipamento atrás descrito permite a realização das seguintes observações:

1.^a Determinação das coordenadas geográficas do observatório e suas variações;

2.^a Determinação da hora e problemas seus correlativos;

3.^a Determinação das posições absolutas das estrêlas fundamentais;

4.^a Determinação das posições dos outros astros, em relação às estrêlas fundamentais;

5.^a Estudo do céu por zonas e elaboração dos respectivos catálogos;

6.^a Determinação de certas constantes astronómicas.

Devo acentuar, desde já, para perfeito esclarecimento daquelas pessoas menos iniciadas nestas questões astronómicas, que o trabalho a realizar em cada um dos serviços atrás descritos tem de ser contínuo e perseverante, para que os resultados sejam duma precisão tão grande quanto possível, o que aliás só se consegue com sucessivas e longas séries de observações.

Ora, é evidente, que devendo todos estes serviços figurar no programa diário dos trabalhos a realizar num observatório digno

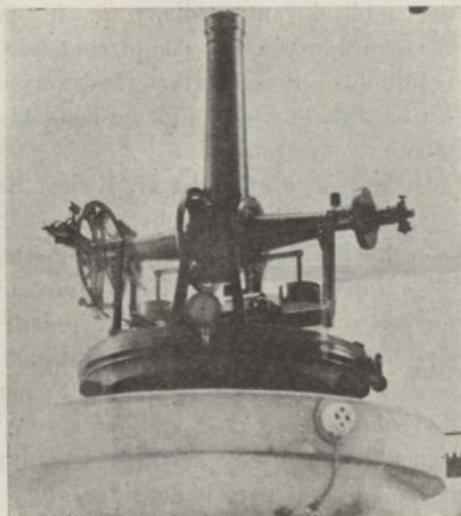


Fig. 20

dêsse nome, não podem ser executados por um só indivíduo, mas sim por um pessoal técnico que, necessariamente, tem de ser numeroso.

E vem em reforço d'êste critério a imperiosa adopção, no nosso país, do sistema de trabalho usado em todos os observatórios estrangeiros, separando as funções de observador das de calculador. E isto porque o observador não pode nem deve observar em estado de fadiga, resultante do trabalho de cálculo executado durante o dia, o que lhe faria variar extremamente a sua equação pessoal, comprometendo assim a excelência dos resultados. Se executar estas funções alternadamente, atrasam-se os trabalhos duma forma lamentável perdendo, conseqüentemente, a oportunidade.

Já assim o expunha M. Ernest Esclançon ao Govêrno francês, no seu relatório sôbre a reorganização do observatório de Strasburgo, depois da guerra, nos termos seguintes:

« Dans un observatoire, le bureau des calculs doit être assez fortement organisé pour qu'on puisse poser et observer ce principe d'après lequel les observations astronomiques ne doivent pas s'accumuler trop longuement sans recevoir la réduction qu'elles comportent. Les exemples sont nombreux d'observations, qui, n'ayant pu être réduites, constituent en définitive un travail inutile, travail parfois considérable. »

Se considerarmos as qualidades de trabalho que nos caracterizam, oferecendo um rendimento superior ao dos estrangeiros, os serviços de astronomia de posição, dum observatório nacional, ficariam muito bem dotados com o seguinte pessoal:

- 2 Astrónomos de 1.^a classe;
- 3 Astrónomos de 2.^a classe;
- 3 Calculadores;
- 3 Ajudantes de calculador;
- 1 Radiotelegrafista-cronometrista.

**Secção da Astrofísica
(edifício da Cumiada)**

Os serviços da astrofísica devem-se exclusivamente ao actual Director, Ex.^{mo} Sr. Dr. Costa Lobo. Para a sua execução possui esta secção os seguintes aparelhos:

Espectro-heliógrafo (250-400) com três prismas de 0^m,150 de aresta (figs. 21 e 22);

Coelostato de Prin-Jobin com 0^m,400 de diâmetro (fig. 23);

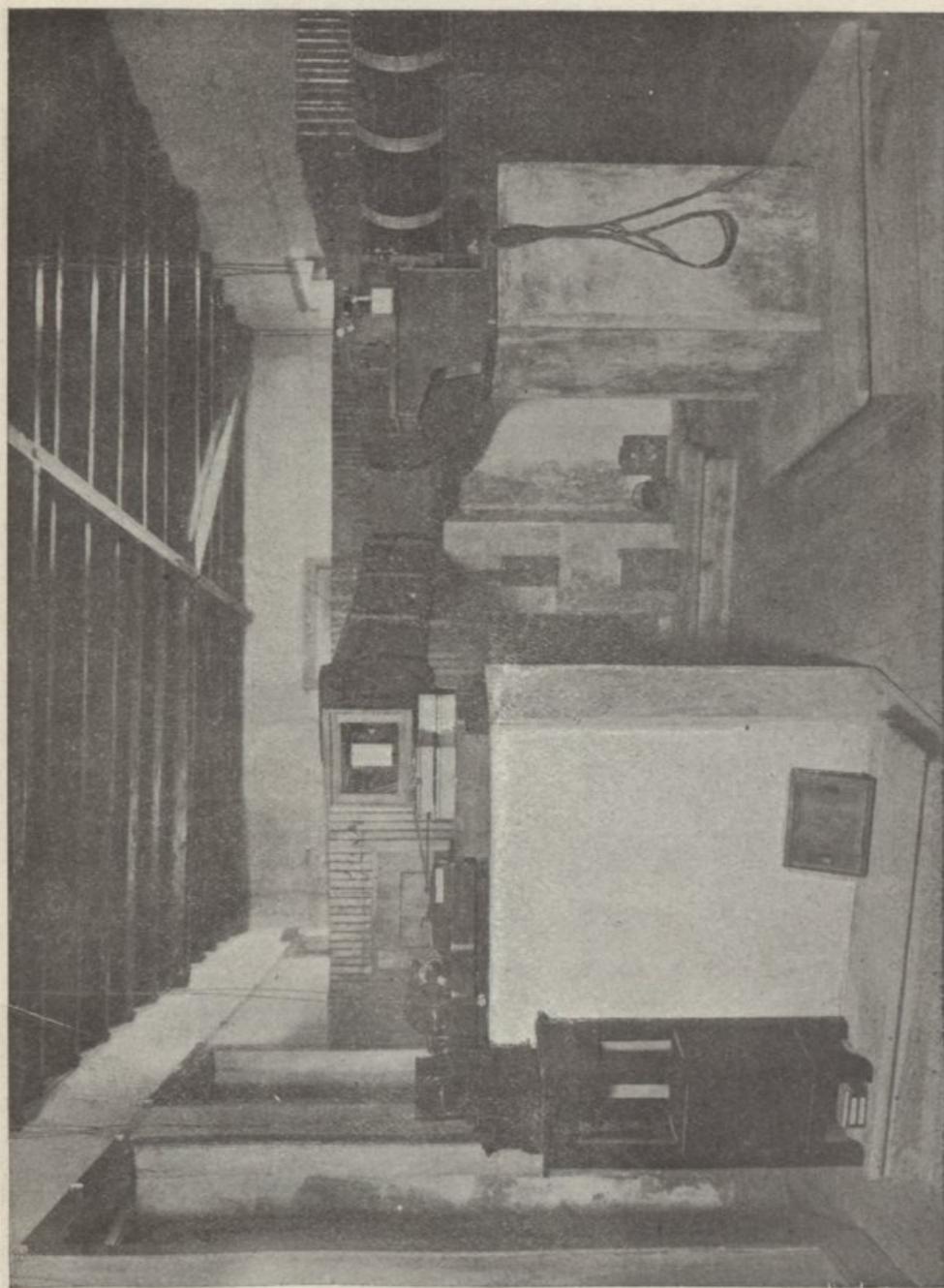


Fig. 21

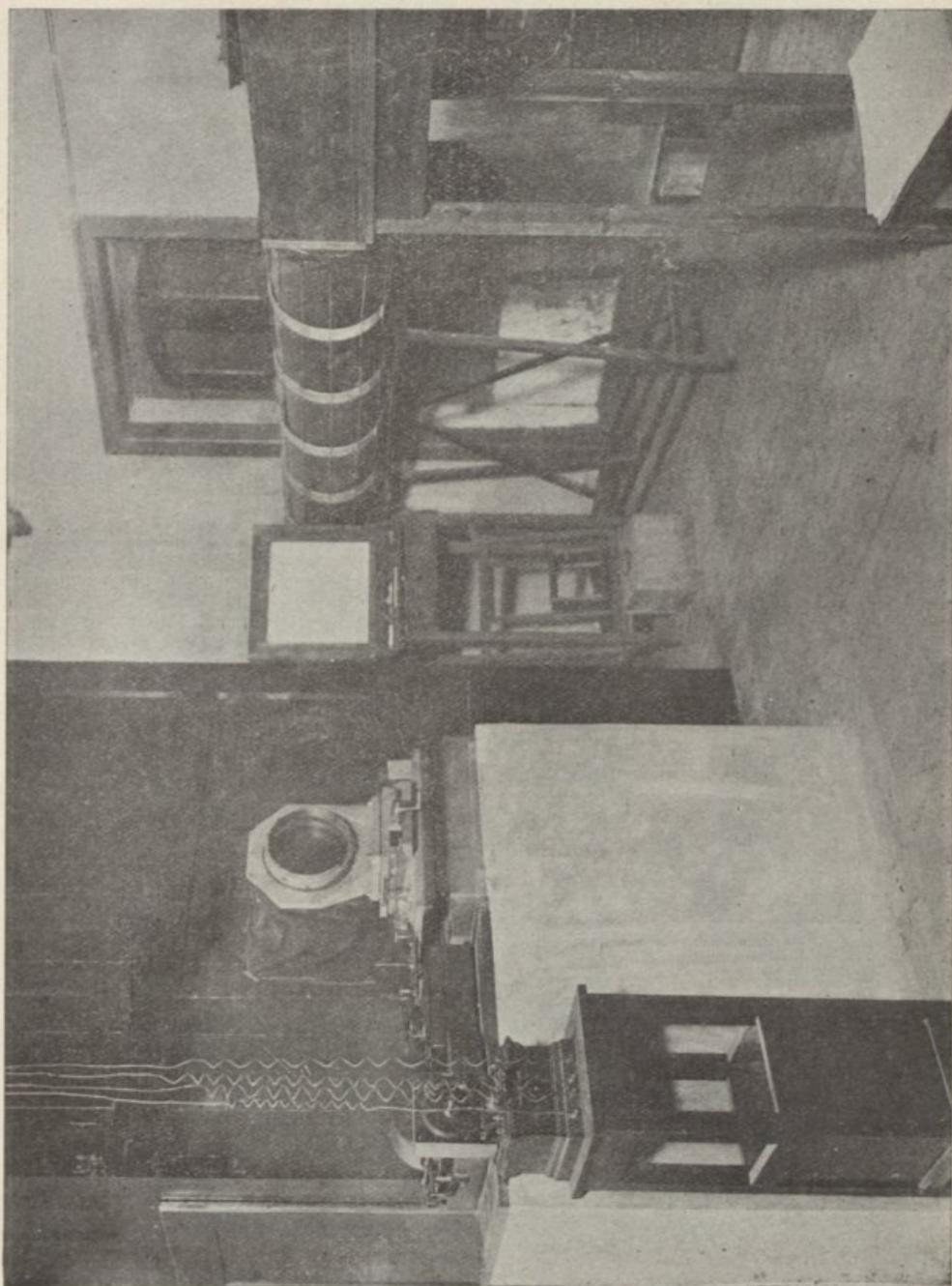


Fig. 22

Rêde de difracção, construída pelo Prof. Wood de Baltimore (U. S. A.);

Espectro-registador das velocidades radiais;

Espectro-helioscópio de Hale, ainda não instalado;

Foto-heliógrafo;

Espectrógrafo estelar Costa Lôbo-Grubb, com prisma objectivo de 0^m,27 de aresta e ângulo de 60°, e uma objectiva de 1^m,00 de distância focal e 0^m,153 de abertura (fig. 24).

Tem anexa uma oficina completa de foto-gravura e zinco-gravura.

Estas instalações, que apenas são igualladas ou excedidas pelas de Meudon e Mont'-Wilson, colocando, portanto, o Observatório de Coimbra em terceiro lugar entre os observatórios do mundo que se consagram aos estudos da astrofísica, permitem realizar as seguintes observações:

Estudo permanente da cromosfera e das pro-tuberâncias, quer sôbre o disco quer sôbre os bordos do Sol;

Registo fotográfico das manchas, fáculas, filamentos, etc.;

Estudo das velocidades radiais dos vapores das diversas camadas da cromosfera;

Estudo da rotação do Sol;

Medida do diâmetro do Sol;

Estudo dos campos magnéticos solares;

Estudo da espessura da cromosfera;

Estudo fotométrico da intensidade das riscas solares;

Espectrografia estelar e estudos correlativos.

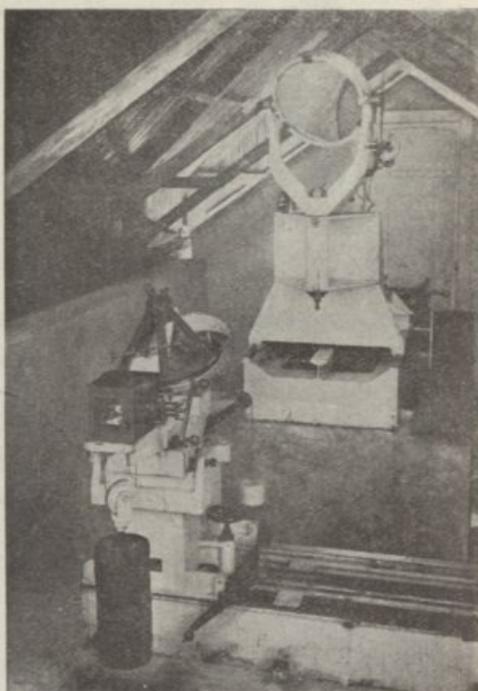


Fig. 23

Para a realização de alguns dos trabalhos indicados carece ainda o observatório duns pequenos acessórios, tais como, microfotómetro-registador, espectro-comparador, etc.

Os serviços da astrofísica ocupariam o seguinte pessoal:

2 Astrónomos de 1.^a classe;

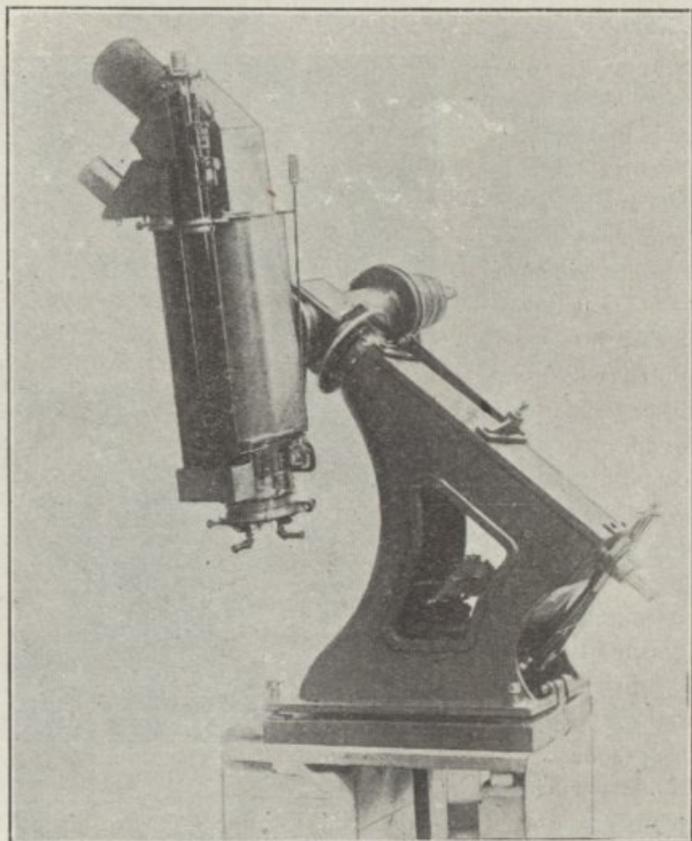


Fig. 24

2 Astrónomos de 2.^a classe;

3 Calculadores;

3 Ajudantes de calculador;

1 Maquinista-gravador;

1 Ajudante de gravador.

Em resumo, as duas secções do observatório exigiam, nas condições ideais de funcionamento atrás referidas:

1 Director;

- 4 Astrónomos de 1.^a classe;
- 5 Astrónomos de 2.^a classe;
- 6 Calculadores;
- 6 Ajudantes de calculador;
- 1 Radiotelegrafista-cronometrista;
- 1 Maquinista-gravador;
- 1 Ajudante de gravador.

Porém, esta reorganização dos serviços astronómicos afigura-se-me, talvez, neste momento, pouco viável, atendendo à exiguidade de recursos financeiros do nosso país e à crise económica que atravessamos.

Se o programa dos trabalhos a realizar nas duas secções fôr elaborado de forma a permitir uma certa alternatividade na execução das diversas observações, estabelecendo, no entanto, certas soluções de continuidade, é possível uma certa redução no número do pessoal técnico, ficando ainda assegurado um rendimento condigno para um observatório a que fôsse cometida a representação dos estudos astronómicos em Portugal.

E, por me parecer exequível a reforma nestes moldes, a redução aludida poderia fazer-se para o pessoal seguinte:

- 1 Director, professor catedrático de astronomia, com gratificação;
- 2 Astrónomos de 1.^a classe;
- 2 Astrónomos de 2.^a classe;
- 3 Calculadores;
- 3 Ajudantes de calculador;
- 1 Maquinista-gravador;
- 1 Radiotelegrafista-cronometrista.

Devo, no entanto, recordar, para julgamento exacto do que atrás fica dito, que a solução do problema por mim considerada como ideal e que implicaria a criação de dez lugares de astrónomos de primeira e segunda classes, incluindo o director, é perfeitamente equilibrada e equivalente àquela que este observatório possuía durante mais dum século, desde a sua fundação, sem, contudo, entrar em consideração com as modernas extensões dos estudos astronómicos, no campo da astrofísica, as quais determinaram a criação da secção de astrofísica, na Cumiada, a mais de mil metros de distância da sede do observatório.

Assim, no artigo 1.^o do Regulamento de 4 de Dezembro de 1799, determinava-se que o observatório teria um director, dois

astrónomos e quatro ajudantes de astrónomo, podendo sòmente serem providos nos cargos de ajudante, «*doutores ou bachareis formados em matemática que tivessem dado provas de talento e idoneidade para o exercicio do cargo*», tendo, portanto, estes ajudantes a categoria dos actuais astrónomos de segunda classe, que se propõe.

O quadro do pessoal foi aumentado, em 1865, com mais um astrónomo e, em 1899, com mais um ajudante. E, assim, com um director, três astrónomos e cinco ajudantes, se manteve até 1913. A partir desta data, e por vezes diversas, foi o observatório surpreendido por medidas excepcionais de compressão de despesas, sendo extinta a quási totalidade dos lugares superiores, cargos estes que, acidentalmente, se encontravam vagos, nessas ocasiões, não por providência do Govêrno-especialmente dirigida ao observatório, mas sim abrangido por leis gerais, que lhe não permitiram refazer-se da perda de valiosos colaboradores que, por falecimento, haviam deixado vagos os cargos extintos, redobrando-lhe assim o infortúnio.

Actualmente, está reduzido o pessoal superior ao director e ao observador chefe. Pois a-pesar-desta circunstância deplorável, além de diversas observações e respectivos cálculos, tem mantido a publicação regular das suas *Efemérides*, embora muito simplificadas, que datam de 1804, e, em 1929, iniciou a publicação dos *Anais*, obra que tem merecido as mais elogiosas referências dos observatórios estrangeiros, por ser a mais completa no género em estatística solar.

Esta publicação, que é uma demonstração insofismável do trabalho que é possível realizar neste observatório, se os meios indispensáveis lhe não faltarem, tem sido mantida à custa de desinteressadas dedicações. Porém, tal situação é absolutamente insustentável. E consentir que a publicação se atraze lamentavelmente ou, na pior das hipóteses, venha a desaparecer, será desacreditar o observatório de forma a ser impossível, durante muitos anos, uma reabilitação, descrédito êste que, de certo modo, se reflectirá sôbre o país, o que é absolutamente contrário ao programa do Govêrno e ao interêsse nacional.

*

Ao concluir, cumpre-me apresentar a V. Ex.^a, Sr. Presidente

da Junta de Educação Nacional, as razões que me determinaram na orientação dêste relatório.

Foi meu propósito dar uma noção, tanto quanto possível minuciosa, dentro dêstes estreitos limites, dos serviços dos observatórios de Greenwich e Paris; apresentar, em seguida, o observatório de Coimbra, para que, do seu confronto com aqueles, no que respeita a material, se pudesse, com certa exactidão, aferir das suas possibilidades de trabalho, se lhe forem dados os meios necessários.

E, procedendo assim, julgo ter oferecido à Junta de Educação Nacional os elementos de estudo indispensáveis à elaboração de propostas e sugestões que, se as julgarem convenientes, poderão ser apresentadas ao Govérno, no sentido dum bom aproveitamento dos bolseiros e

A Bem da Nação.

Coimbra, 30 de Abril de 1933.

JOSÉ ANTÓNIO MADEIRA,
Engenheiro geógrafo.

O Moliço da Ria de Aveiro

Uma das regiões mais interessantes de Portugal é, debaixo de múltiplos aspectos, a do litoral de Aveiro.

A formosíssima Ria ou, empregando um termo mais preciso (1) «O esteiro pouco profundo em que o Vouga lança as suas águas e que uma lingueta de areia quasi separa do mar» é uma fonte importantíssima de riqueza, o factor de maior peso na economia e vitalidade do distrito.

Para nos convenceremos desta verdade bastará estudar a história desta região nos últimos séculos, os seus períodos de maior abastança e prosperidade, bem como os de miséria e decadência, e notar a coincidência com as melhores ou piores condições da Ria (2).

Segundo os documentos cartográficos mais antigos, a costa portuguesa entre o Cabo Mondego e Espinho apresentava uma linha reentrante com uma chanfradura correspondendo à foz do Vouga, a linha da costa era mais para o interior e o Vouga desaguava por um estuário. Os estudos geológicos confirmam esse facto.

Parece ter-se formado primeiramente um cordão litoral que favorecia o depósito interior, mas que permitia ainda um largo acesso das águas do mar.

Já antes do século xv se notava a formação duma lingueta de areia que, tendo início ao norte, se ia prolongando para o sul à custa de aluviões fluviais e marítimos. A barra era então na Torreira.

No século xvi o pôrto de Aveiro tinha grande movimento;

(1) *Bacia do Vouga*. Doutor Aristides de Amorim Girão, pág. 53.

(2) Conferência do Comandante Silvério da Rocha Cunha «Relance da história económica de Aveiro».

a exploração das salinas era importante e os campos do Vouga eram salubres e produtivos.

Aveiro tinha então 14.000 habitantes. A barra era um pouco ao sul da Costa Nova. Em 1643 era na Vágueira, e em 1726 era na Barrinha (Mira) (1).

Com este deslocamento da barra para o sul, o canal de comunicação com o mar tornou-se cada vez menos profundo e largo, dificultando a entrada da água do mar e dando uma saída insuficiente às águas doces que na época chuvosa inundavam uma vasta área. A Ria era quasi toda doce, e durante muitos meses do ano a orla marginal era encharcada.

A decadência da região começou a acentuar-se.

As salinas estavam abandonadas, a pesca na Ria muito limitada, a navegação do porto paralisada, a existência dos pântanos tornara a região insalubre, e o êxodo da população fazia-se gradual e lentamente. Em fins do século XVIII Aveiro tinha somente 900 fogos habitados.

Em 1757, com o fim de sanear a região e procurar um escoamento para a água doce, abriu-se a barra da Vágueira. Melhoraram imediatamente as condições sanitárias, mas a abertura era insuficiente.

Em 1808 procedeu-se à abertura da Barra Nova no local onde actualmente se encontra, fixando-se a abertura da barra por meio dum paredão construído do lado sul, perpendicularmente à linha da costa.

Nos anos que se seguiram reanimou-se um pouco a navegação do porto, ressurgiram as salinas e a pesca, a região tornou-se absolutamente salubre e a população tornou-se mais numerosa.

Em 1877 abriu-se uma larga comunicação entre as duas Rias. Todas as obras que se têm realizado ultimamente visam a assegurar um canal de comunicação com o mar suficientemente largo e profundo para permitir o acesso ao porto, e a entrada e saída das águas.

A antiga chanfradura da foz do Vouga e a reentrância da costa foram, como dissemos, preenchidas por depósitos de aluvião fluvial e marítimo. Podemos considerar esta área como formando

(1) Conferência do Comandante Silvério da Rocha Cunha «Relance da história económica de Aveiro».

um triângulo com os vértices respectivamente em Espinho, Aveiro e Cabo Mondego.

Excluindo a faixa do litoral mais vizinha do mar, que só parcialmente aqui e além é cultivada, tóda a outra parte interna, outrora constituída por areia, de Mira a Espinho, tem sido lenta e pacientemente transformada em terra de cultura.

Essa transformação é devida ao uso que desde longa data têm estas populações de colherem a vegetação da Ria e, conjuntamente com o lódo, a usarem como adubo. Extensas áreas arenosas improdutivas foram cedidas gratuitamente aos lavradores que, no desejo duma colheita mais remuneradora, iam com plantas da Ria e lódo modificando o solo e tornando-o produtivo e fértil.

A estas plantas da Ria dá-se em geral o nome de *moliço*.

Durante quatro meses do ano, de 25 de Março a 25 de Julho não é permitido pelo regulamento (1) a apanha do moliço. Fora desta época, nos dias de semana, são às dezenas os barcos de vela e fundo chato, especiais, que em tódas as direcções sulcam os emaranhados braços da Ria. Chamam-se *moliceiros*. São elegantes e nêles há traços de embarcações que noutras eras visitaram a nossa costa. Chamam-se também moliceiros aos tripulantes, em geral um homem e um rapaz por barco, ou dois homens. É interessante e simples o material de que se servem (2): ancinhos de longo cabo (quatro a cinco metros), com um pente de cêrca de metro e meio com numerosos dentes de madeira dispostos com curtos intervalos; ancinhos mais pequenos, também todos de madeira, de pente mais pequeno e dentes proporcionalmente maiores. Gadanhões, semelhantes aos ancinhos, mas com os dentes de ferro.

Fixam obliquamente dois ancinhos de cada lado do barco, um mais adiante e outro mais atrás. À medida que o barco se desloca, os ancinhos vão colhendo as plantas, e, enquanto um dos tripulantes os levanta alternadamente e arruma as plantas colhidas no interior do barco, o outro, que vai ao leme, foge com a embarcação dos sítios baixos onde poderia encalhar e, dirigindo com mestria a manobra da vela, vai zigzagueando na Ria pelos pontos de vegetação mais abundante.

(1) Relatório oficial do regulamento da Ria de 28 de Dezembro de 1912.

(2) Id., *ibid.*

Os dias de calmaria são trabalhosos e de pequeno rendimento na colheita; o avanço dos barcos é feito à vara.

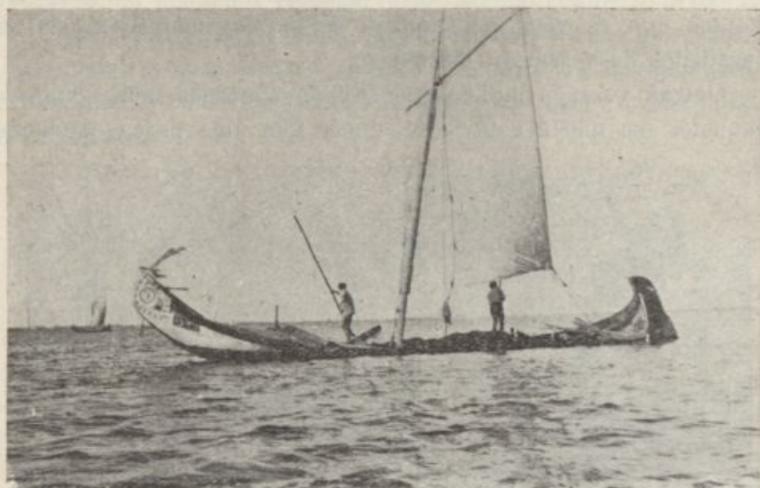


Fig. 1 — Barco moliceiro.

O moliço acumulado e recalçado na parte central do barco, até à carga completa, é descarregado utilizando uma padiola



Fig. 2 — Barco moliceiro.

leve, em forma de grade, fazendo lembrar uma pequena escada a que faltassem os degraus das extremidades.

Umaz vezes o moliço vai ser aplicado imediatamente, isto é, em verde, e então, ou é passado do barco directamente para um carro de bois que o leva ao seu destino, ou é acumulado em montes que se vêem em longas séries nos pequenos cais ou parapeitos de descarga (motas).

Outras vezes o moliço é destinado a pontos bem distantes daqueles em que é colhido, e, como tem uma percentagem de



Fig. 3 — Secagem de moliço (Carregal).

água oscilando entre 60 a 82%, preferem então os moliceiros libertar-se desta sobrecarga inutil secando o moliço.

Com êste fim descarregam-no próximo do local da colheita em sítio de pequena inclinação, estendendo-o mais ou menos completamente; depois de sêco, e a maior parte das vezes também depois de lavado do sal pelas chuvas, é acumulado em montículos, geralmente de forma arredondada e atingindo dois metros de altura. A estes locais chamam-se *malhadas*; podem aí ser feitas sucessivas secagens.

Correntemente, uma barcaça de moliço sêco corresponde a cinco de verde; esta quebra depende evidentemente das plantas que constituem o moliço e da percentagem maior ou menor de lodo.

As plantas cortadas que se escapam dos ancinhos, e ainda

aquelas que a agitação da água da Ria pode por vezes destacar, são levadas às praias pelo vento e aí com um ancinho mais pequeno reunidas em pequenos montes. Êste moliço chama-se *arrolado*.

Também é aproveitada a vegetação dos cabeços que a maré vazia deixa a descoberto e ainda a das margens alagadas; mas esta última, constituída principalmente por *cibarro* e *cibarrinho*, é pouco usada.

A tripulação dos barcos é muitas vezes constituída por ho-



Fig. 4 — Descarga do moliço na Quintã.

mens contratados para êsse trabalho, que adoptam esta profissão definitiva ou temporariamente; são os moliçeiros. Na Ria andam também os lavradores que apanham o moliço para as suas propriedades ou para o venderem aos vizinhos.

Ê muito importante o mercado de moliço da Quintã, próximo do Boco, numa propriedade particular no extremo sul do braço de Ílhavo.

Em Setembro, o movimento é enorme; há centenas de montes de moliço, um sêco outro verde, e diàriamente, enquanto muitos são transportados aos seus destinos em carros de bois, novas barcadas descarregam.

Visitámos êste importante mercado de moliço em 1929 e 1932. Os preços correntes oscilavam consoante a qualidade do

moliço e a sua proveniência, e baixaram sensivelmente de 1929 a 1932. A barcada do moliço sêco, que em 1929 custava entre 200\$00 e 270\$00, em 1932 valia de 150\$00 a 220\$00. O moliço verde vendia-se por preços que variavam de 30\$00 a 50\$00. Durante o ano a variação de preços, como é natural, depende da procura.

Para se poderem empregar na apanha do moliço, os barcos precisam de ser registados na Capitania do pôrto de Aveiro, registo que em 1932 importava em 114\$50. Há ainda licenças individuais para apanha de moliço nas praias (arrolado) que importa em 18\$00.

Número de barcos registados na Capitania de Aveiro (1)

Em 1883	1342
Em 1889	1749
Em 1911	1054
Em 1931	1004
Em 1932	1064

A variação destes números resulta de influências complexas, não se podendo somente atribuir ao progresso do assoreamento da Ria a diminuição da colheita; há por certo que entrar em linha de conta com a emigração para o Brasil e América do Norte, com o estabelecimento em Portugal de fábricas de adubos químicos e ainda com outros factores locais.

A regulamentação da Ria, estabelecendo os meses de defeso, e as ulteriores obras tendentes a uma maior movimentação das águas, é possível que consigam assegurar uma mais abundante colheita de futuro.

A colheita dos moliços é uma fonte de riqueza mais importante do que superficialmente se pode supor; basta considerar os braços que são ocupados neste labor, seja directamente nas tripulações, seja na construção dos barcos e seu concôrto, seja

(1) Os números referentes a 1883, 1889 e 1911 foram extraídos do «Relatório oficial do regulamento da Ria de 28 de Dezembro de 1912» de Augusto Nobre, Jaime Afreixo e José de Macedo.

na carga, descarga e transporte, basta pensar nos milhares de hectares de terrenos arenosos e quasi improdutivo que são fertilizados com o moliço.

Calculando (1) o número de barcos em 1.100 e supondo que nos três meses de verão colhe cada um uma barcada por dia com o valor médio de 40\$00, produziriam em 70 dias o valor de 3.080.000\$00.

Supondo que nos seis restantes meses em que a lei permite a apanha do moliço o número de moliceiros é menor e o número de dias de trabalho útil apenas trinta e cinco, ainda assim poderemos calcular em 1.500.000\$00 o valor obtido.

Somando o valor obtido com o do moliço arrolado às praias e com o da vegetação colhida nos terrenos encharcados, e não entrando em linha de conta com a colheita furtiva e acidental feita longe da fiscalização por barcos sem registo, obtem-se um valor que deve ser superior a 5.000.000\$00 anuais.

Flora da Ria e análise química de algumas amostras de moliço e de plantas que entram na sua constituição

O moliço compreende fanerogâmicas e criptogâmicas, e entre estas últimas bastantes algas. Os moliceiros o distinguem moliço de raiz do sem raiz.

Estendendo-se a Ria de sul a norte numa linha de aproximadamente 50 quilómetros, cobrindo as águas uma área de cerca de 6.000 hectares, e sendo nas diferentes regiões diversas as condições do meio, de esperar é que a flora varie também.

As variações de abertura da barra dentro do mesmo ano, as diferenças de profundidade dos leitos, a orientação dos braços da Ria em relação ao canal da barra e ainda o maior ou menor afluxo de cursos de água doce, têm uma enorme importância no limite máximo da zona salobra.

Durante a época chuvosa a maior parte da Ria tem água doce. No verão a salinidade é igual à do mar a quatro quilómetros da barra, no braço de Mira, e a seis ou sete no de Ovar.

Os cursos de água que desaguam na Ria têm a sua bacia de

(1) Utilizei a mesma base de cálculo do Relatório oficial já citado, actualizando os preços.

abastecimento com uma constituição mineralógica bastante diversa, sendo portanto diferente a composição da água doce que ali aflui, bem como a dos materiais arrastados mecânicamente.

Em quasi todos os braços da Ria se encontra um sulco longitudinal mais fundo, designado pelo nome de *cale*, que permite o acesso de embarcações um pouco maiores. Em determinadas zonas, o leito da Ria é de areia, e noutras de lódo.

Todos estes factos que acabamos de enumerar mostram como devem ser diversas as condições do meio em que as plantas se podem desenvolver nos diferentes pontos da Ria. Considerando agora que durante o ano, na mesma região os factores variam ainda dentro de limites bastante largos, vemos que o problema se complica e o seu estudo exige conhecimentos especializados de biologia, de fisica, química e mineralogia, e uma observação prolongada e contínua em anos seguidos.

O nosso trabalho resumiu-se a, nos três principais braços da Ria, observar a distribuição das principais espécies que constituem o moliço; colher e analisar algumas determinando a quantidade da água e de elementos fertilizantes: azote, fósforo (expresso em anidrido fosfórico), cálcio (expresso em óxido de cálcio) e potássio (expresso em óxido de potássio). Colhemos também amostras de moliço em barcos, em lotes de venda e nas malhadas, e fizemos a sua análise.

Uma das primeiras dificuldades que tivemos a vencer proveio de que os moliceiros, conforme a região da Ria, dão por vezes o mesmo nome a plantas diferentes, e por vezes nomes diferentes à mesma planta.

Evidentemente ao moliceiro não interessa se determinada planta tem estrias, nem a forma das suas fôlhas, contenta-se com o aspecto geral do que o ancinho apanha, e se são plantas parecidas designa-as pelo mesmo nome.

Damos a seguir a correspondência entre o nome vulgar e o nome específico, genérico ou dos grupos superiores da nomenclatura para as principais plantas que constituem o moliço (1).

Fita	<i>Zostera marina</i> , L.
Cirgo	<i>Zostera nama</i> , Roth (2)

(1) Forneceu-nos os nomes científicos o distinto aluno da Faculdade de Ciências sr. Morais Taborda.

(2) Confunde-se facilmente com a *Rúpia spiralis*.

Fólha e Folhada	Ulva, Enteromorfa (1)
Limo	Enteromorfa (2)
Rabos	Potamogeton pectinatus
Carqueja (Carregal)	Potamogeton crispus
Fita (do Areão e do Carregal)	Vallisneria spiralis, L.
Gorga (ou Pinheira no Carregal)	Caracea
Mormassa, Mormo, Trapa, Papeira	Sifonacea? (3)
Pôjo (Rabos no Carregal)	Myriophyllum, L.
Carrapêto (Mira)	Najus anajor
Estrume novo (Pateira)	Anacharis canadensis (4)

Distribuição das diferentes espécies de moliço na Ria de Mira, Setembro de 1933

Tomo os seguintes pontos de referência, seguindo do norte para o sul:

Barra Nova, Costa Nova, Palheiro do Marques da Costa, Vagueira, Quinta do Inglês, Areão. Êste braço da Ria acha-se de tal modo assoreado que mesmo barcos pequenos precisam para atingir o Areão de aproveitar a maré cheia.

Da Barra ao sul da Costa Nova, nos fundos, predomina a Fita, e nos cabeços o Cirgo. A cêrca de quinhentos metros ao sul do canal do Desertas é o limite da Fita; seguindo para o sul continua apenas o Cirgo. Do sítio chamado Cabeça do Rendalho até ao Palheiro do Marques da Costa encontra-se Cirgo, Fólha e Limo.

Dêste local até à Vagueira, nas margens, nos sítios de pequena profundidade, começam a aparecer, conjuntamente com as Fólhas e Limo, os Rabos, desaparecendo o Cirgo.

Na Vagueira predominam os Rabos e começa a aparecer Pôjo; há ainda Limo em abundância. Na Quinta do Inglês além da flora do local anterior começa a aparecer Gorga e Estrume novo, e nos fundos há Fita diferente da existente junto da Barra.

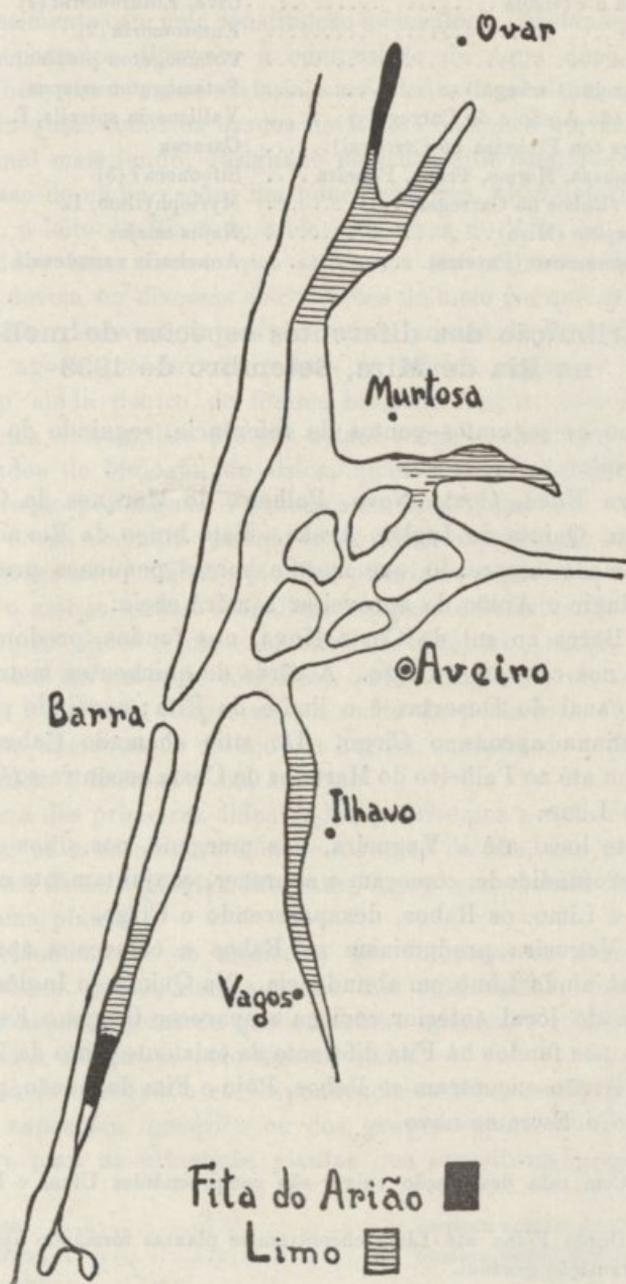
No Areão encontram-se Rabos, Pôjo e Fita do Areão, predominando o Estrume novo.

(1) Com esta designação vulgar são compreendidas Ulvas e Euteromorfias;

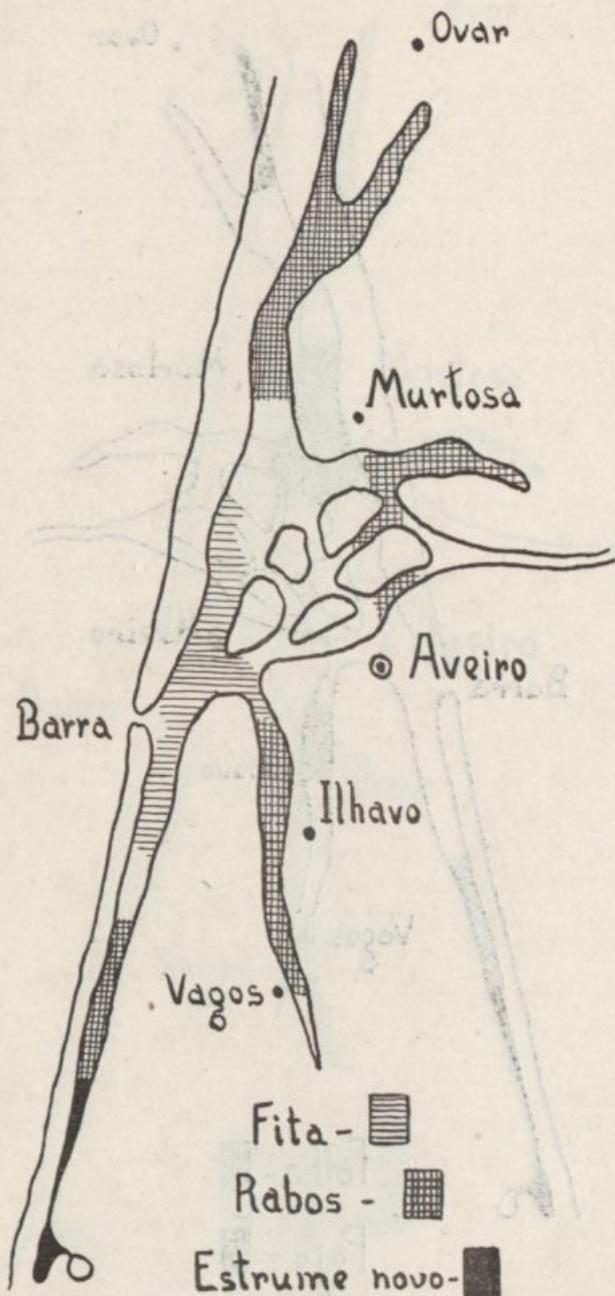
(2) Desde Fólha até Limo encontram-se plantas formando aparentemente transição gradual.

(3) Estas plantas não foram ainda completamente estudadas.

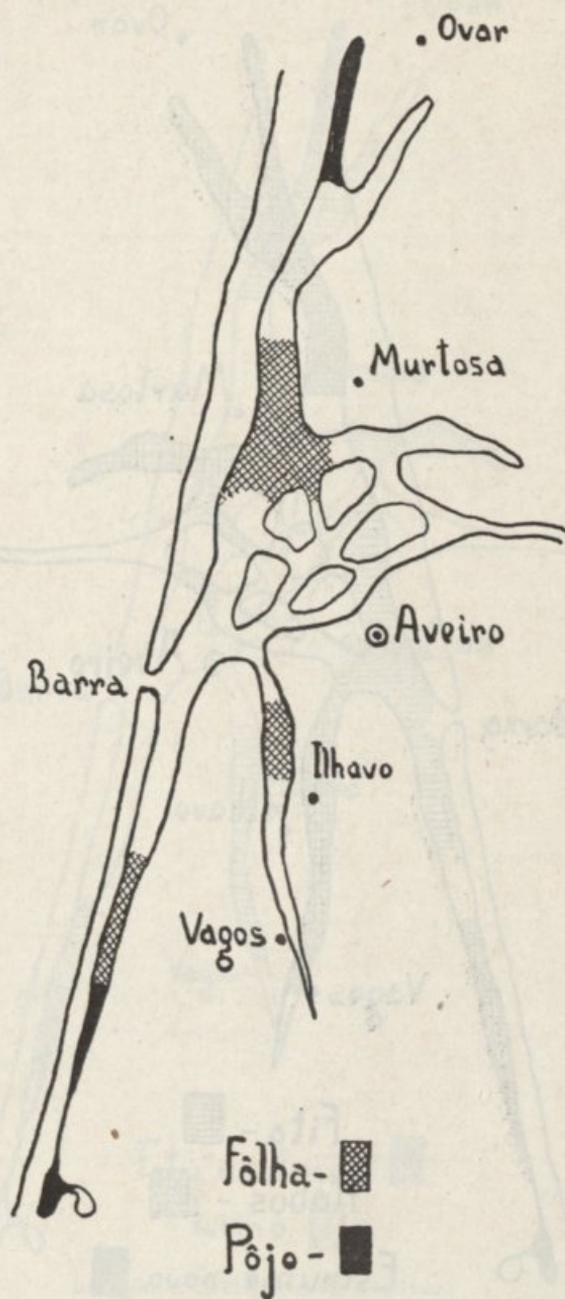
(4) Indico o nome vulgar na Pateira, não consegui saber como lhe chamam no Areão.



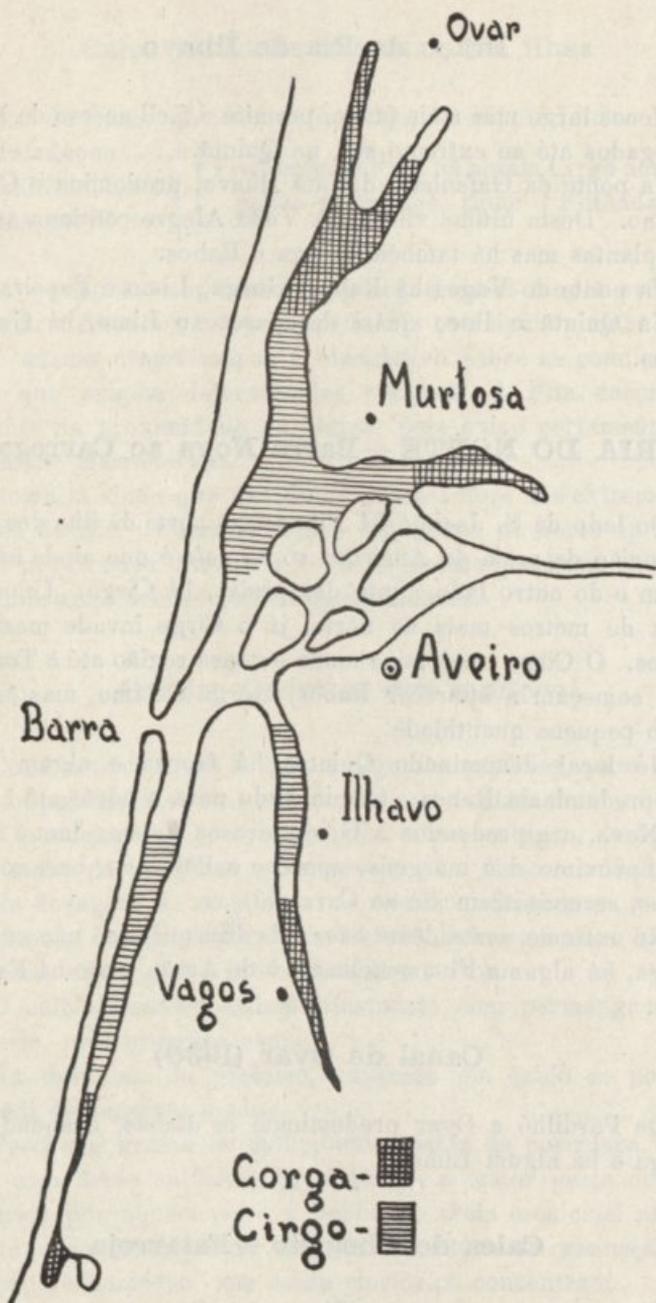
Distribuição da Fita do Areão e do Limo.



Distribuição da Fita, Rabos e Estrume Novo.



Distribuição da Fólha e Pójo.



Distribuição da Gorga e Cirgo.

Braço da Ria de Ílhavo

Menos largo mas mais fundo, permite o fácil acesso de barcos carregados até ao extremo sul, na Quintã.

Na ponte da Gafanha e daí até Ílhavo, predomina o Cirgo e o Limo. Desta última vila até à Vista Alegre continua as mesmas plantas mas há também Gorga e Rabos.

Na ponte de Vagos há Rabos, Gorga, Limo e Papeira.

Na Quintã e Boco quási desaparece o Limo, há Gorga e Rabos.

RIA DO NORTE — Barra Nova ao Carregal

Do lado de S. Jacinto há Fita até ao norte da ilha dos Ovos. Na região da praia do Amoroso só na *cale* é que ainda há Fita, e dum e do outro lado, junto das praias, há Cirgo. Umhas centenas de metros mais ao norte, já o Cirgo invade mesmo os fundos. O Cirgo predomina numa extensa região até à Torreira, onde começam a aparecer Rabos, Gorga e Limo, mas êste em muito pequena quantidade.

No local denominado Quintas há Gorga e algum Limo, mas predominam Rabos. Caminhando para o norte até à Mariinha Nova, ora predomina a Gorga ora os Rabos; dum e doutro lado, próximo das margens, aparece o Pôjo que, bem como os Rabos, se encontram até ao Carregal.

No extremo norte dêste braço da Ria quási se não encontra Gorga, há alguma Fita semelhante à do Areão e não há Estrume novo.

Canal de Ovar (1930)

De Pardilhó a Ovar predominam os Rabos, é abundante a Gorga e há algum Limo.

Cales do Chegado — Estarreja

Começa a haver pouco Cirgo, há Gorga, algum Limo e Rabos.

Cales junto de algumas das ilhas

Ilha do Sama: predomina o Cirgo, há Fita e Limo.

Mataduços	} Predomina a Fita, há algum Cirgo nos sitios
Praia da Leitôa.	
Ilha do Pôço . . .	

pouco profundos, Limo e Folhada.

De harmonia com estes dados organizámos mapas onde está indicada a distribuição aproximada das principais plantas.

O exame destes mapas é elucidativo sobre as condições do meio que exigem determinadas plantas. A Fita encontra-se somente na proximidade da Barra, pois exige certamente uma salinidade mais elevada.

Ressalta ainda que não difere muito a flora nos extremos dos braços da Ria. Fazendo centro um pouco ao norte da Barra, quasi poderíamos descrever arcos de círculo que iriam encontrar nos diferentes braços pontos de igual flora.

Análise Química dos moliços

Colhi amostras de moliço e algumas espécies, pesei-as, sequei-as primeiramente ao sol, depois numa estufa de água, determinei novamente o pêsso, e calculei a percentagem da água de cada uma; pulverizei-as e conservei-as em frascos rolhados.

Na dosagem do azote segui os métodos officiais para a análise de adubos. Para a avaliação do fósforo, que expressei em anidrido fosfórico, empreguei o método de Pemberton.

O cálcio doseei-o volumetricamente com permanganato de potássio, pelo processo usual.

Na dosagem do potássio, expresso em óxido de potássio, procedi do seguinte modo:

Pesei um grama de moliço em cápsula de porcelana, humedeci com ácido sulfúrico $\frac{1}{1}$, expulsei a maior parte do ácido sulfúrico por aquecimento a banho de areia e calcinei seguidamente na mufla eléctrica; transferi o residuo da calcinação para um copo e humedeci com ácido clorídrico concentrado.

Aqueci a banho de areia, agitando sempre com a vareta a-fim-de evitar projecções.

Filtrei para um balão graduado de 50 cc., juntei 80 gotas duma solução de cloreto de bário a 20% e agitei.

No dia seguinte, filtrei para uma cápsula e a banho-maria reduzi o volume a metade. Adicionei 15 cc. de ácido perclórico a 20% e, lentamente, continuei o aquecimento a banho de areia até se desprenderem fumos brancos de HClO_4 .

Deixei arrefecer, juntei 20 cc. de álcool a 96° e agitei com uma vareta. Filtrei através dum gooch previamente seco e pesado, e, tendo lavado o precipitado primeiramente com água contendo 2% de ácido perclórico e seguidamente com a menor quantidade possível de álcool absoluto, sequei-o na estufa e pesei.

No quadro seguinte apresento os resultados obtidos nas análises realizadas.

É de ponderar que quando se utiliza o moliço verde ele vai já muitas vezes em princípio de fermentação, e que nas *malhadas* esta fermentação tem sempre também lugar num grau maior ou menor.

Há portanto perda de azote, que nos parece não ser importante.

O exame do quadro permite-nos notar que as percentagens dos elementos fertilizantes contidos no moliço não são muito elevadas, e por outro lado que, à parte a percentagem do cálcio, que apresenta oscilações consideráveis dumas para as outras plantas, a percentagem dos outros elementos não apresenta grandes variações.

O exame da distribuição das espécies vegetais da Ria, cujo esbôço grosseiro fica feito nos mapas que apresento, e a observação conjunta do quadro das análises, permite verificar que as plantas ricas em cal se encontram nos extremos dos braços da Ria, em regiões de água doce, e, comparando ainda análises da mesma planta, mas em braços diferentes, nota-se que a percentagem mais elevada de cálcio se encontra em Mira e Areão, onde concorrem ribeiros cujas bacias compreendem regiões calcáreas.

A maior percentagem de azote foi encontrada numa *Enteromorfa* colhida na praia de Lavacos, não muito longe da Barra, em ponto onde a salinidade pouco difere da do mar.

Quadro dos resultados da análise química
das amostra do moliço sêco

(Colheitas em Setembro de 1980-1981 e 1982)

	Azote	Anidrido Fosfórico	Potassa	Cal
Fita com algum lôdo (1)	0,80	0,42	1,56	3,15
Fita com algum lôdo (2)	1,81	0,46	2,55	1,36
Fita (3)	0,66	0,39	1,57	1,28
Fita (4)	1,26	0,68	3,41	0,51
Cirgo com lôdo (5)	1,11	0,25	2,15	4,23
Cirgo com lôdo (6)	0,64	0,24	1,87	1,77
Cirgo com lôdo (7)	—	0,14	0,99	3,26
Cirgo, Fita, Fólha, Limo (8)	1,21	0,43	2,61	1,99
Rabos com lôdo (9)	1,84	0,30	3,30	2,22
Rabos com cirgo (10)	1,02	0,11	1,12	2,33
Enteromorfa (11)	3,23	0,45	1,76	1,82
Gorga (12)	1,59	0,12	0,86	14,96
Gorga com lôdo (13)	0,83	0,27	0,33	35,30
Limo (14)	1,59	0,31	3,40	1,96
Limo com lôdo (15)	0,86	0,40	2,32	3,06
Estrume novo (16)	1,83	0,58	3,17	12,13
Estrume novo (17)	—	0,29	1,46	19,02
Carrapeto (18)	1,77	0,16	0,69	5,81
Papeira de baixo (19)	1,97	0,18	4,69	6,18
Papeira de cima (20)	2,74	0,29	2,00	2,69
Arrolado (21)	1,10	0,29	1,07	1,70
Pójo (22)	—	0,16	0,55	7,22
Média	1,46	0,31	1,97	6,09

(1) Amostra colhida na Murtosa, constituída principalmente por Fita; estava já sêca a parte superficial.

(2) Amostra tirada na Costa Nova dum barco à descarga na malhada; foi sêca ao sol e depois em estufa.

(3) Porção tirada dum carro de bois em S. Jacinto, prestes a ser utilizada; era constituída principalmente por Fita.

(4) Extremidades das fólhas; secagem feita ao sol e depois em estufa.

(5) Amostra retirada numa *Mota* da Murtosa; secagem ao sol e estufa.

(6) Porção colhida numa secagem de moliço próximo do palheiro de José Estevão.

(7) Amostra retirada dum barco à descarga em S. Jacinto.

(8) Amostra colhida na Ria de Mira em frente ao Canal do Desertas, sêca ao sol e estufa. Não tinha lôdo.

(9) Colheita realizada próximo da Ponte de Ilhavo, sêca ao sol e depois na estufa.

(10) Amostra colhida numa *Mota* da Murtosa; estava sêca a parte superficial.

(11) Porção obtida na praia de Lavacos, sem lôdo; sêca ao sol e seguidamente na estufa.

(12) Amostra sem lôdo, colhida na Ponte de Vagos.

(13) Colhida na Barrinha.

(14) Amostra sem lôdo apanhada próximo do Palheiro do Inglês, sêca ao sol e seguidamente na estufa.

(15) Retirado dum barco de S. Jacinto.

(16) Colhida no Areão, sêca ao sol e estufa.

(17) Colheita feita na Barrinha, sêca ao sol e estufa.

(18) Id., *ibid.*

(19) Amostra colhida na ponte de Vagos, sêca ao sol e na estufa.

(20) Id., *idid.*

(21) Amostra colhida na praia do Bico, Costa Nova; não tem lôdo mas apenas alguma areia. É constituída principalmente por Cirgo.

(22) Colhido na Barrinha; continha algum lôdo.

Como a análise química das amostras de moliços não estava feita, julgamos que terá algum interesse o nosso trabalho.

Com os dados que conseguimos poderá ser avaliado o valor das adubações feitas, e estudadas formas de adubação porventura mais racionais.

AMÉRICO LEMOS.

Instrumentos espectroheliográficos e sua aplicação ao estudo da atmosfera solar

PREFÁCIO

Datam da época em que o uso das lunetas foi introduzido na astronomia, há pouco mais de três séculos, os primeiros estudos sobre a constituição dos astros. Poucos progressos, porém, foram realizados neste sentido até ao momento em que se tornou possível aproveitar os trabalhos sobre espectroscopia efectuados por Kirchhoff em 1859.

Mas a partir de então, num período de cerca de setenta anos, foi enorme o desenvolvimento adquirido por estas investigações, e um novo capítulo foi criado na ciência astronómica — a *Astrofísica*.

As investigações efectuadas até agora para o estudo do Sol demonstram a necessidade de uma observação contínua de todos os elementos da atmosfera solar. Somente partindo de um estudo incessante de muitos anos poderemos conseguir as leis que regem os fenómenos solares e investigar a sua causa. No entanto, é certo que já têm sido obtidos resultados de grande importância mas, repito, tornam-se ainda necessários profundos estudos realizados durante um longo período para que a ciência astronómica possa estabelecer doutrina precisa sobre os fenómenos solares e sobre a correlação destes com os fenómenos que se passam na atmosfera terrestre, assunto da maior importância, tanto debaixo do ponto de vista da ciência pura, como dos resultados que podem ser obtidos de utilidade prática para a humanidade.

É de resto bem conhecida a grande importância que estas questões atingem debaixo de outro ponto de vista, pois que, além de fornecerem resultados qualitativos e quantitativos sobre a constituição do Sol, conduzem também a conhecimentos que são

de grande utilidade, e a bem dizer indispensáveis para o estudo das outras estrêlas. Ao mesmo tempo o conhecimento da estrutura dos corpos celestes contribui poderosamente para a resolução do problema máximo da astronomia: a formação e constituição do Universo.

Os instrumentos mais importantes para o estudo da atmosfera do Sol são designados por espectroheliógrafos, aparelhos que exigem uma meticulosa instalação.

Um dos objectos dêste trabalho é dar conhecimento das condições a que estes instrumentos devem satisfazer, do seu aproveitamento, e dos principais resultados obtidos. Especialmente será neste sentido feito o estudo do grande espectroheliógrafo do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, e serão expostas algumas conclusões, que julgo podermos considerar já comprovadas.

Os pormenores, por vezes muito minuciosos, que se encontram neste trabalho são justificados porque resultam de estudo próprio.

CAPÍTULO I

Primeiras investigações solares — Aplicações das lunetas e da espectroscopia

Nas investigações astronómicas de que há notícia, efectuadas até ao século XVII, eram estudados os movimentos dos astros considerados de brilho constante e de forma circular perfeita, sem se inquirir da sua natureza. A grande distância a que se encontravam não permitia, mesmo à imaginação, sondar os corpos extralunares, como se lhes chamava, em opposição aos corpos sublunares da mesma natureza da terra. De facto, só depois da aplicação das lunetas à astronomia é que foi possível seguir alguns fenómenos mais de perto, e poudes aquela ciência tomar uma nova orientação, introduzindo ao mesmo tempo um maior rigor na parte dedicada ao estudo das posições.

As primeiras lunetas, destinadas sòmente a aproximar os objectos terrestres, foram fabricadas, cêrca de 1608, na Holanda. Galileu conta no *Nuncius Sidereus*, em Março de 1610, que tendo tido conhecimento desta invenção construiu uma luneta para a qual aproveitou as leis da refração. Neste mesmo ano,

além das descobertas dos quatro maiores satélites de Jupiter, das montanhas da Lua, das fases de Vénus, etc., Galileu descobriu as manchas do Sol. Encontram-se é certo antigas referências a este fenómeno, que realmente pode ser observado a olho nu, pois, como é sabido, muitas vezes a mancha atinge dimensões suficientes para ser observada sem auxílio de instrumentos.

Ao mesmo tempo J. Marius, na Alemanha, dirigia uma luneta para o céu. J. Fabricius fez independentemente de Galileu, e na mesma ocasião, a descoberta das manchas. Também em 1611 Scheiner iniciou uma importante série de observações de manchas que foram publicadas na *Rosa Ursina*.

Galileu seguiu continuamente as suas observações até que em 1612 ao comunicar os seus resultados ao Grão Duque Cossimo II anunciava:

«Annomi finalmente le continuaté osservasioni accertato, tali nacchie essere matérie contigue alla superficie del corpo solare, e quivi continuamente prodursene molte, e poi dissol versi, altre ni piu brevi ed altre in piu lunghi tempi, ed essere dalla conversione del sole in sé steoso, che in mese lunare in circa fini sce il suo periodo, portate in giro; accidente persi grandissimo, e maggiore per le sue conseguense».

Foi no entanto Galileu quem primeiro, já com precisão, consignou que as manchas faziam parte integrante do Sol, e lançou os fundamentos do estudo fisico deste astro. A par duma natural reacção contra estas ideas, visto que até então era o Sol considerado um corpo incorruptível e de forma perfeita, surgiram muitas discussões sobre a natureza das manchas e durante século e meio poucos foram os progressos realizados.

Galileu utilizou também o processo da projecção do Sol. O exame dos seus desenhos levou-o a atribuir o movimento das manchas à rotação do Sol, e para o máximo afastamento médio das manchas ao equador encontrou 30°. Foram também logo notadas por ele regiões em que o disco apresentava uma maior intensidade luminosa.

Talvez já com a intuição de que somente uma observação muito continuada permitiria interpretar os variadíssimos e desconexos resultados que apresentavam as observações, Scheiner, um dos primeiros que, como já dissemos, observou as manchas do Sol, reuniu um grande número de observações o que lhe

permitiu indicar com grande aproximação o período do movimento de rotação do Sol e a posição do equador solar. Mas só mais tarde, nos meados do século XIX, é que Carrington deu a primeira demonstração rigorosa da variação da rotação com a latitude.

No século XVII começa a fazer-se uma interessante relação entre as fáculas e as manchas. Notou-se que aquelas envolvem os grupos de manchas e que permanecem no local onde as manchas desapareceram, e que a observação deste fenómeno é mais nítida nos bordos do Sol. Mersier aproveitou muitas vezes as fáculas para prever a aparição das manchas que ainda não tinham entrado no disco do Sol.

A necessidade de uma observação mais geral do Sol começa a impor-se com as observações de W. Herschell que, munido de telescópios mais potentes, reconheceu o aspecto granuloso do Sol, fenómeno que mais tarde deu origem à designação de grãos de arroz. Procuraram logo os primeiros observadores investigar a natureza das manchas mas os métodos ao seu alcance eram muito rudimentares.

Algumas hipóteses: Galileu supoz que as manchas eram devidas a nuvens situadas em pontos elevados da atmosfera solar. Wilson nos fins do século XVIII considerou as manchas como cavidades existentes na superfície atendendo à sua configuração junto aos bordos do Sol. Herschel supunha que eram cavidades na superfície solar, as quais punham a descoberto a parte escura do globo sólido interior, e sugeriu que estas cavidades resultariam de erupções de gases que atravessando a atmosfera se misturavam às camadas superiores, dando-lhes a sua luminosidade.

Estas explicações eram completamente isentas do conhecimento do meio em que tinham lugar os fenómenos, em consequência das condições em que este estudo era feito. Por isso é interessante registar ainda que para W. Herschel em 1795, o globo solar, coberto por uma espessa camada de nuvens que o protegiam da intolerável radiação das regiões luminosas superiores, seria um sólido frio, obscuro, com montanhas e vales revestidos duma vegetação luxuriante e muito povoados. Como Wilson, atribuía as fáculas às eminências da fotosfera. Mais tarde seu filho John Herschel, impressionado pela disposição das manchas em duas regiões paralelas ao equador, comparou-as a

ciclones atmosféricos que deslocando as camadas superiores brilhantes deixavam a descoberto o núcleo solar.

Schwabe, que fez uma longa série de observações, desde 1826 a 1869, foi levado à descoberta da periodicidade das manchas, e indicou o período de dez anos em 1843. Pouco depois de anunciado este resultado, os gráficos dos registos magnéticos, induziram à consideração de períodos semelhantes para estes fenómenos. Estes estudos marcam o ponto de partida da investigação da relação entre os fenómenos solares e muitos dos fenómenos que têm lugar na atmosfera terrestre. Os casos isolados, nem sempre eram concordantes o que demonstrou a necessidade dum estudo mais completo. Neste sentido são notáveis entre outros os trabalhos de Secchi, Lockyer, Langley, sobre as manchas.

Faltavam, porém, novos processos que permitissem ampliar as observações até então circunscritas às manchas, as quais, com os recursos de que a ciência dispunha, representavam, por assim dizer, o único fenómeno que era possível estudar e que, por isso, adquiriu uma especial importância.

A diminuição da intensidade luminosa do Sol para a periferia fazia presumir a existência duma atmosfera no Sol, mas o estudo deste fenómeno só pode ser realizado depois da descoberta das riscas espectrais por Fraunhofer em 1814, e da sua explicação, dada por Kirchhoff em 1859, descobertas que trouxeram a estes estudos o poderosíssimo auxílio da análise espectral.

Os fenómenos luminosos que surgiam em volta da Lua nos eclipses totais do Sol, e que eram exclusivamente observados debaixo do ponto de vista da astronomia de posição, nalgumas referências que lhes são feitas até ao século XVIII, não eram relacionados com o Sol.

Em 1733 o astrónomo sueco Vassenius comunicou o aparecimento, num eclipse total do Sol daquele ano, de algumas pequenas nuvens inteiramente destacadas do limbo lunar, as quais supôs que flutuavam na atmosfera da Lua.

No relatório do Capitão Stannyan sobre o eclipse de 1706, observado em Berne, lê-se que a imersão do Sol foi precedida por um anel luminoso encarnado visível durante seis ou sete segundos no limbo oeste. O mesmo viram Haley e Louville em 1715. Os primeiros observadores, porém, estiveram muito tempo em desacordo sobre a natureza e proveniência destes fenómenos.

Enquanto uns faziam depender as protuberâncias da Lua, outros consideravam-as como simples ilusões de óptica. À coroa encontram-se referências mais antigas, mas sobre a sua origem existiam as mesmas dúvidas.

A observação do eclipse de Julho de 1842, para o qual se prepararam importantes missões de astrónomos levantou uma larga discussão, não só sobre a causa e localização das protuberâncias, mas também sobre a sua verdadeira existência. Desde então decidiram os astrónomos aproveitar os eclipses para o estudo físico do Sol, e a importância desta orientação ficou demonstrada com a aplicação da fotografia à astronomia.

A invenção da fotografia em 1839, por Daguerre, foi aplicada ao Sol por Fiseau e Foucault em 1845 e, em 1857, Warren de la Rue, prosseguindo no seu aperfeiçoamento, organizou um aparelho chamado foteheliógrafo para a fotografia diária do Sol, processo que desde então permitiu um registo precioso dos fenómenos solares. A fotografia foi aplicada pela primeira vez com sucesso por Warren de la Rue no eclipse de 18 de Julho de 1860, época em que ficou admitida a existência duma atmosfera no Sol.

Warren de la Rue fez uma série de fotografias com pequenos intervalos durante a totalidade. Assim ficou registado o desaparecimento sucessivo das protuberâncias de um lado e o aparecimento do outro, devido ao movimento da Lua, o que levou à conclusão de que estes fenómenos pertenciam ao Sol. Secchi também conseguiu fotografar este eclipse. Começava a patentear-se a importância da aplicação da fotografia à astronomia física. Pelo seu constante aperfeiçoamento a fotografia em breve principiou a fornecer os pormenores que não dava a observação visual, e em 1875 Janssen obteve grandes fotografias do Sol muito perfeitas, as quais continham inúmeros pormenores inéditos. Nestas fotografias o Sol apresenta-se coberto por uma granulação a que Janssen chamou «réseau photospherique». A comparação das fotografias, revelaram pelas diferenças notadas nos mesmos pontos da superfície solar, grandes movimentos nas diferentes regiões.

Aumentou desde então, como era natural, o interesse pelos eclipses totais e foram organisadas missões especialmente destinadas ao estudo físico do sol. A-pesar-da complexidade destes fenómenos e dos grandes intervalos com que são feitas

estas observações, com os eclipses de 1868, 1869, 1871 conseguiram-se já alguns progressos importantes no estudo físico do Sol. As conclusões apresentadas por Secchi foram as seguintes:

1.º — As protuberâncias não constituem illusões de óptica, constituem um fenómeno real pertencente ao Sol.

2.º — As protuberâncias são massas de matéria luminosa cuja radiação possui uma grande acção química.

3.º — Algumas protuberâncias flutuam na atmosfera solar como as nuvens terrestres. As variações de forma operam-se tão gradualmente que são insensíveis no espaço de dez minutos.

4.º — Por baixo das protuberâncias há uma camada da mesma substância luminosa que envolve o Sol e da qual se elevam as protuberâncias.

5.º — O número das protuberâncias é muito grande; com o auxílio duma luneta verifica-se que o Sol aparece rodeado de tantas chamas que nem se podem contar.

6.º — As protuberâncias atingem uma grande altura; uma delas tinha uma altura superior a dez diâmetros terrestres.

Ainda hoje nada teremos de alterar a este primeiro resumo de Secchi se atendermos a que as protuberâncias, sede de alterações rápidas, são fenómenos de curta duração e que no n.º 5 são incluídas as pequenas protuberâncias que pouco se elevam acima da cromosfera dissimuladas por toda ela. A esta parte da cromosfera exterior ao disco deu Airy em 1842 o nome de sierra.

Desde logo ocorreu a ideia de procurar uma disposição que, eliminando ou mesmo diminuindo a luz difusa que não permite ver a atmosfera do Sol, tornasse possível a sua observação fora da época dos eclipses totais para um exame mais seguido.

A observação do eclipse de 18 de Agosto de 1868, visível na Índia, conduziu, por sucessivas modificações, aos métodos espectroscópicos agora adoptados. Deve-se esta aplicação, como é sabido, à ideia que Janssen teve a seguir à observação deste eclipse, de que as riscas finas características dos vapores observados nas protuberâncias, por serem muito brilhantes, deveriam ser ainda visíveis depois do eclipse. Janssen, passado o eclipse, dirigiu de novo o seu espectroscópio para a mesma região do bordo solar e, como esperava, tornou a encontrar as

riscas brilhantes que se destacavam com nitidez sobre o espectro da luz difusa do céu. Pelo estudo espectroscópico duma nova, em 1866, N. Lockyer teve também a idea deste método e procurou as riscas brilhantes das protuberâncias em 1867. Mas por não dispor dum aparelho suficientemente potente e não estar certo da sua existência e localização, só depois do eclipse de 1868 as descobriu.

Faltava encontrar um processo prático para a observação. Em 1869, Janssen fez algumas tentativas para observar, sobre

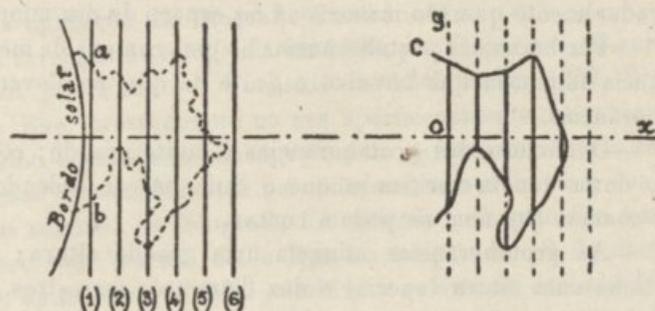


Fig. 1

o resto da superfície solar, os fenómenos que pode tornar visíveis na periferia fora dos eclipses totais. Para conseguir este fim procurou isolar uma determinada radiação por meio duma segunda fenda colocada num espectroscópio de visão directa, o qual por meio duma rotação em volta do eixo óptico deveria produzir uma imagem monocromática do Sol. Antes de ser dada realização a esta idea só era possível a observação das protuberâncias pela forma que vamos indicar.

A fenda onde incide o feixe de luz solar coloca-se nas posições sucessivas (1), (2), (3), (4), (5) e (6), fig. 1, e registam-se ao mesmo tempo os comprimentos correspondentes sobre o papel, duma das riscas do espectro como mostra a figura. Obtem-se o perfil da protuberância, mas sem pormenores, unindo por um traço contínuo as extremidades dos comprimentos marcados.

Com a disposição sugerida por Huggins e Zöllner, adoptou-se depois a fenda alargada, processo ainda hoje empregado para a observação visual.

Secchi iniciou logo observações diárias das protuberâncias, continuadas hoje de acôrdo com a organização feita pela União Internacional Astronómica.

Para efectuar a sua publicação Secchi e Tacchini fundaram em 1871 a *Societa degli Spettroscopisti Italiani*.

No entretanto foram registados alguns progressos na espectroscopia solar os quais haviam de tornar possível o registo fotografico pelo método da fenda fina. A observação visual da cromosfera e das protuberâncias era realizada apenas na parte mais luminosa do espectro. Young em 1874 empregou pela primeira vez a fotografia para o registo das protuberâncias com a fenda larga, mas a nitidez era pequena e indicou já, nas suas observações visuais, que as riscas H e K do cálcio se tornavam brilhantes no espectro das manchas e dos bordos. Braun em 1872 também preconizou um processo com a fenda fina análogo ao de Janssen, não chegando porém a realizá-lo.

Vários progressos realizados nas chapas fotográficas permitiram nesta ocasião um conhecimento mais completo do espectro.

Em 1891 H. Deslandres e Hale adoptaram então as riscas H e K do cálcio.

No observatório de Keenwoode de Chicago, Hale obteve em 1892 uma imagem monocromática das protuberâncias com a risca K do cálcio, e dirigindo também o aparelho para o disco solar conseguiu uma imagem do Sol na qual notou novas particularidades.

No mesmo ano, Deslandres apresenta à Academia das Ciências de Paris os seguintes resultados das suas notáveis descobertas espectroscópicas: as riscas H e K são brilhantes não só por cima das manchas, mas também por cima das fáculas; as riscas observadas com grande dispersão são duplas com uma risca escura no meio, o que deve resultar da existência dum vapor composto de duas camadas sobrepostas. A camada mais elevada emitirá radiações mais fracas e mais finas. As disposições propostas para o registo fotografico das protuberâncias poderão aplicar-se também a estes novos vapores projectados sobre todo o disco solar.

Foram estes importantíssimos estudos espectroscópicos que permitiram iniciar os trabalhos que conduziram à exequibilidade da fotografia da cromosfera solar, apenas dependentes desde esta data (1892) dos aperfeiçoamentos que ainda durante muitos

anos obrigaram a resolver difficilimos problemas de ordem teórica e técnica.

CAPÍTULO II

Espectrógrafo e Cœlostato

Para poder ser aproveitado o método da fenda fina foi necessário limitar por meio duma segunda fenda a risca útil do espectro e imprimir à primeira fenda um movimento contínuo. Nestas condições a risca isolada impressionaria, com os seus aspectos sucessivos, correspondentes às secções feitas pela primeira fenda, uma chapa fotográfica igualmente animada dum movimento contínuo executado muito próximo da fenda. Estes instrumentos compõem-se essencialmente dum espectrógrafo com duas fendas, munido de mecanismos especiais que permitam obter os movimentos simultâneos acima indicados e ainda dum instrumento astronómico que forneça sôbre a primeira fenda uma imagem fixa do sol.

Foram construídos instrumentos de potências muito diversas e muitas têm sido igualmente as disposições adoptadas para dar execução ao principio exposto. A-pesar-disso podem todos ser incluídos numa das duas soluções gerais seguintes:

A primeira consiste em fixar a parte correspondente ao espectroheliógrafo atrás duma luneta astronómica montada paralacticamente. O instrumento desloca-se solidariamente com a luneta por meio dum movimento diurno. Por outro lado o espectrógrafo, munido das duas fendas, é susceptível dum movimento de translação e desloca-se lentamente por meio dum motor eléctrico diante da imagem do Sol e da chapa fotográfica fixa à luneta.

A segunda disposição adopta-se nos casos de grande potência óptica e estabilidade com disposições que não permitem fixar o espectrógrafo a uma luneta. É d'este tipo a instalação do Observatório Astronómico de Coimbra. A luneta está reduzida à objectiva, e é suprimido o tubo habitualmente usado. É necessária, pois, neste caso uma disposição, exterior ao espectrógrafo, que forneça uma imagem fixa do Sol.

Poderá ser aproveitado qualquer instrumento paralactico, munido de um aparelho dispersivo e duma disposição apropriada para que a fotografia possa ser utilizada. Quando este instru-

mento é destinado especialmente ao estudo analítico do Sol toma a designação de espectroheliógrafo.

Foram aproveitados então os espelhos planos introduzidos no século XVII nas observações astronómicas, os quais animados por um movimento de relojoaria permitem obter numa direcção constante os raios reflectidos dum astro.

Já Boffat, matemático do século XVII, teve a idea de aplicar estes espelhos à astronomia, e expôs a sua teoria numa memória lida em Dezembro de 1682 à Academia das Ciências de Paris.

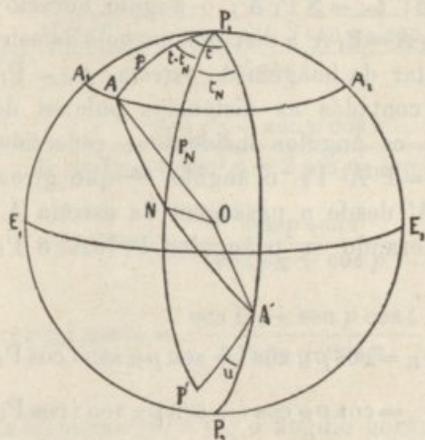


Fig. 2

Perrault em 1721 fez a descrição, acompanhada de uma figura da disposição indicada por Boffat que deu a este aparelho a designação de «Compas Catoptrique». Os raios do astro eram reflectidos paralelamente ao eixo do mundo, em volta do qual girava um espelho com a velocidade do movimento diurno. Estas disposições só passado muito tempo tiveram realização prática em virtude da dificuldade que resultava dos espelhos não darem imagens aproveitáveis.

Por ser de particular importância vamos aqui resumir como se consegue este resultado com o cœlostato que é o aparelho agora aproveitado para este efeito, e que permite imobilisar todo o campo de visão. Começaremos por estudar a trajectória descrita pela normal ao espelho, na esfera celeste, de maneira que se conserve constante o feixe reflectido durante o movimento diurno.

Para estabelecermos as equações desta curva em coordenadas

polares e rectangulares consideramos o espelho colocado na origem das coordenadas em O, fig. 2.

Sejam :

N o ponto de intersepção da normal ao espelho com a esfera celeste; P_1 o polo norte; P_2 o polo sul; P' a imagem do polo norte; A, a estréla a observar; $A_1 A_2$ o paralelo da estréla; A' o ponto fixo para onde são dirigidos os raios reflectidos ou a imagem da estréla A; $P_1 A' P_2$ o círculo horário do raio reflectido; $t = \angle P_1 A' A$ o ângulo horário da estréla A contado a partir do círculo horário; $t_N = \angle N P_1 A'$, o ângulo horário da normal ao espelho; $p = P_1 A = P_1 A'$ a distância ao polo da estréla; $p_R = P_1 A'$ a distância polar da imagem da estréla; $p_N = P_1 N$, a distância polar de N (contadas as distâncias polares de 0° a 180°); $i = \angle A N = \angle A' N$ os ângulos incidente e reflectido dos raios da estréla A; $U = \angle P' A' P_2$, o ângulo de que girou a imagem P' em volta de A' desde a passagem da estréla A no círculo horário. Considerando os triângulos $P_1 N A'$ e $P_1 N A$ podemos escrever :

$$\cos p_R = \cos p_N \cos i + \sin p_N \sin i \cos P_1 N A'$$

$$\cos p = \cos p_N \cos i + \sin p_N \sin i \cos P_1 N A'$$

donde

$$\cos p_N = \frac{\cos p_R + \cos p}{2 \cos i} \quad (1)$$

mas

$$\frac{\sin i}{\sin p_N} = \frac{\sin t_N}{\sin P A' N} = \frac{\sin(t - t_N)}{\sin P_1 A N}$$

$$\frac{\sin P_1 A' N}{\sin P_1 A N} = \frac{\sin p}{\sin p_R}$$

e portanto

$$\sin t_N = \frac{\sin p}{\sin p_R} \sin(t - t_N) \quad (2)$$

Do triângulo $P_1 A A'$, tira-se

$$\cos 2i = \cos p_R \cos p + \sin p_R \sin p \cos t \quad (3)$$

$$2 \cos i = \sqrt{2 + 2 \cos p_R \cos p + 2 \sin p_R \sin p \cos t}$$

valor que substituído em (1) dá:

$$tg p_N = \frac{\sqrt{\text{sen}^2 p_R + \text{sen}^2 p + 2 \text{sen } p_R \text{sen } p \cos t}}{\cos p_R + \cos p} \quad (4)$$

De (2), resulta

$$tg t_N = \frac{\text{sen } p \text{sen } t}{\text{sen } p_R + \text{sen } p \cos t} \quad (5)$$

De (4) e (5) resulta

$$\text{sen } p_N = \frac{\sqrt{\text{sen}^2 p_R + \text{sen}^2 p + 2 \text{sen } p_R \text{sen } p \cos t}}{2 \cos i}$$

$$\cos t_N = \frac{\text{sen } p_R + \text{sen } p \cos t}{\sqrt{\text{sen}^2 p_R + \text{sen}^2 p + 2 \text{sen } p_R \text{sen } p \cos t}}$$

$$tg p_N \text{sen } t_N = \frac{\text{sen } p \text{sen } t}{\cos p_R + \cos p} \quad (6)$$

$$tg p_N \cos t_N = \frac{\text{sen } p_R + \text{sen } p \cos t}{\cos p_R + \cos p} \quad (7)$$

Eliminando nas fórmulas (6) e (7) o ângulo horário t da estrela, obtém-se como expressão da trajectória da normal (com as coordenadas p_N e t_N) a expressão:

$$(\cos p_R + \cos p) tg^2 p_N - 2 \text{sen } p_R tg p_N \cos t_N = \cos p_R - \cos p$$

ou fazendo

$$m = \frac{\cos \frac{p_R + p}{2} \cos \frac{p_R - p}{2}}{\text{sen } p_R}$$

$$n = \frac{\text{sen } \frac{p_R + p}{2} \text{sen } \frac{p_R - p}{2}}{\text{sen } p_R}$$

$$\cotg t_N = m tg p_N + n \cotg p_N \quad (8)$$

Se tomarmos o sistema de referência XYZ de eixos rectangulares com o eixo dos ZZ dirigido para o polo positivo, o dos YY no

plano do círculo horário, contado positivamente no sentido dos raios reflectidos, e o eixo dos XX com o sentido positivo dos ângulos horários, será

$$tg p_N = \sqrt{\frac{X^2 + Y^2}{Z^2}} \quad \cos t_N = \frac{Y}{\sqrt{X^2 + Y^2}}$$

valores que substituídos em (8) dão

$$m X^2 + m Y^2 + n Z^2 - Y Z = 0 \quad (9)$$

Assim dados p e p_R em cada círculo horário, há duas posições para a normal ao espelho. No círculo horário principal tem a posição 1 sempre a distância polar $\frac{p_R + p}{2}$; se $p_R + p < 180^\circ$, há uma posição 2 com a distância polar $\frac{p_R - p}{2}$ e se fôr $p_R - p > 180^\circ$ tem a posição 2 a distância polar $180^\circ - \frac{p_R - p}{2}$. Para $p_R + p = 180^\circ$ só há segundo a equação (1) a posição

$$p_N = \frac{p_R + p}{2} = 90^\circ$$

Se fizermos girar o sistema de coordenadas em volta do eixo dos XX de maneira que o eixo dos ZZ fique no meio das posições 1 e 2, o ângulo α de que o sistema de eixos teve de girar será igual a $\frac{p_R}{2}$ para $p_R + p < 180^\circ$ e para $p_R + p > 180^\circ$ é igual $90^\circ + \frac{p_R}{2}$.

Designando o novo sistema de coordenadas por x, y, z , ficará.

$$X = x \quad Y = z \operatorname{sen} \alpha + y \operatorname{cos} \alpha \quad Z = z \operatorname{cos} \alpha - y \operatorname{sen} \alpha$$

a equação (9) assumirá a forma:

$$\begin{aligned} x^2 m + y^2 (m \operatorname{cos}^2 \alpha + n \operatorname{sen}^2 \alpha + \operatorname{sen} \alpha \operatorname{cos} \alpha) + \\ + z^2 (m \operatorname{sen}^2 \alpha + n \operatorname{cos}^2 \alpha - \operatorname{sen} \alpha \operatorname{cos} \alpha) - \\ - y z (\operatorname{cos} 2 \alpha + [n - m] \operatorname{sen} 2 \alpha) = 0 \end{aligned}$$

Introduzindo os valores de m e n , para

$$\alpha = \frac{p_R}{2} \quad p_R + p < 180^\circ$$

$$x^2 (\cos p_R + \cos p) + y^2 (1 + \cos p) + z^2 (1 - \cos p) = 0$$

e para

$$\alpha = 90^\circ + \frac{p_R}{2} \quad p_R + p > 180^\circ$$

$$x^2 (\cos p_R + \cos p) - y^2 (1 - \cos p) + z^2 (1 + \cos p) = 0$$

ou

$$x^2 \frac{\cos \frac{p_R + p}{2} \cos \frac{p_R - p}{2}}{\operatorname{sen}^2 \frac{p}{2}} + y^2 \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \frac{p}{2}} - z^2 = 0 \quad (10)$$

$$-x^2 \frac{\cos \frac{p_R + p}{2} \cos \frac{p_R - p}{2}}{\cos^2 \frac{p}{2}} + y^2 \frac{1}{\operatorname{cotg}^2 \frac{p}{2}} - z^2 = 0 \quad (11)$$

Esta equação representa um cone de 2.^a ordem com o vértice no centro da esfera. A curva que a normal ao espelho descreve no céu, é a resultante da interseção da esfera com um cone de 2.^a ordem.

A equação (10) para a qual é $p_R + p < 180^\circ$ e em que os coeficientes de x^2 e y^2 são positivos representa a equação dum cone elíptico.

A curva de interseção com a esfera é uma elipse esférica. Mas também a equação (11), pela qual é $p_R + p > 180^\circ$ representa a equação dum cone elíptico pelo coeficiente de x^2 também ser positivo.

Das equações (10) e (11) obtêm-se as seguintes expressões para o semieixo maior e menor

$$\operatorname{sen} a = \frac{\operatorname{sen} \frac{p}{2}}{\cos \frac{p_R}{p}} \quad b = \frac{p}{2} \quad \text{para } p_R + p < 180^\circ$$

$$\operatorname{sen} a = \frac{\cos \frac{p}{2}}{\operatorname{sen} \frac{p_R}{2}} \quad b = 90^\circ - \frac{p}{2} \quad \text{para } p_R + p > 180^\circ$$

e da equação (1) resulta para $p_R + p = 180^\circ$ que a normal ao

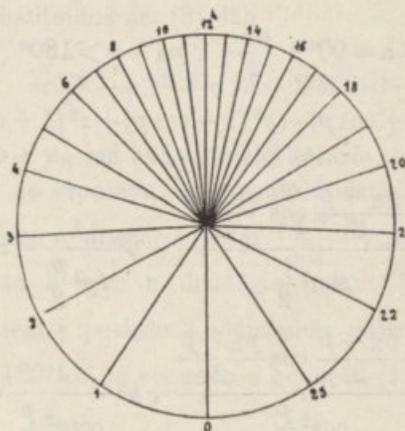


Fig. 3

espelho descreve o equador; podemos considerá-lo como uma elipse esférica com os semieixos

$$a = 90^\circ \quad b = 90^\circ \quad \text{para } p_R + p = 180^\circ$$

A rotação do campo óptico, foi um problema tratado teoricamente pela primeira vez por Cornu em 1900. Em virtude do que acima expozemos, verifica-se que a imagem do polo descreve em volta da imagem da estrela uma circunferência com o raio p . Vamos calcular o ângulo U em função de t . Do triângulo $P_1 P' A'$, tira-se

$$t g \frac{1}{2} U = \frac{\cos \frac{1}{2} (p_R + p)}{\cos \frac{1}{2} (p_R - p)} t g \frac{1}{2} t$$

e pondo

$$K = \frac{\cos \frac{1}{2} (p_R + p)}{\cos \frac{1}{2} (p_R - p)} \quad (12)$$

fica

$$tg \frac{1}{2} U = K tg \frac{1}{2} t \quad (13)$$

Daqui resulta a) a rotação do campo óptico tem o período do movimento diurno; b) executa-se constantemente no mesmo sentido, directo ou retrógrado conforme o sinal de K; c) o plano horário principal é um plano de simetria.

Se tomarmos tódas as rotações horárias a partir da passagem pelo círculo horário, obtemos a fig. 3. A velocidade de rotação obtém-se derivando a equação (13) em relação a t.

$$\frac{dU}{dt} = \frac{K}{\cos^2 \frac{1}{2} t + K^2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} t}$$

Se fôr o 2.º membro igual a 1, a velocidade de rotação do campo é igual à do movimento diurno. Dá-se isto quando $K = \pm 1$ ou

$$tg \frac{t}{2} = \pm \sqrt{\frac{1}{K}}$$

A velocidade de rotação tem um mínimo para $t = 0^\circ - \frac{dU}{dt} = K$; um máximo para $t = 180^\circ - \frac{dU}{dt} = \frac{K}{1}$; K está compreendido entre +1 e -1 como se reconhece pela equação (1). Se K fôr positivo ($p_R + p < 180^\circ$), a rotação do campo terá lugar no sentido do movimento diurno. Se K fôr negativo ($p_R + p > 180^\circ$) a rotação efetuar-se-á no sentido contrário.

No caso de $K = 0$ ($p_R + p = 180^\circ$) — o campo não se move, que é o caso do cœlostato.

O espelho do cœlostato gira em volta dum eixo situado no seu plano, paralelo ao eixo do mundo executando uma volta completa em 48 horas no sentido do movimento diurno. Os

siderostatos, excepto o siderostato polar têm, como é sabido, uma disposição de maneira a satisfazerem esta condição num caso particular.

O cœlostato do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, fig. 4, compõe-se de um espelho de quarenta centímetros de diâmetro e de sete centímetros de espessura. A sua superfície tem sido espelhada no Observatório Astronómico com o intervalo de cêrca de três meses.

Assenta o seu eixo de rotação em duas chumasseiras e encontra-se em *e* o movimento de esferas de aço. No suporte de ferro montado sòlidamente está fixado o movimento de relojoaria de grande precisão com um sistema de engrenagens que regulam a velocidade para o tempo médio nos dois sentidos. A transmissão é feita por um parafuso tangente *t*; dispõe-se ainda dum parafuso que permite levar o raio reflectido à posição conveniente por meio de pequenos movimentos. Numa posição mais elevada a dois metros e trinta do solo para subtrair o feixe luminoso à influência das camadas da atmosfera próximas da terra, desloca-se o segundo espelho *E'* ao longo duma escala graduada *G* para determinar o deslocamento dêste espelho que é necessário efectuar para tornar o cœlostato independente da variação da declinação do sol durante o ano.

O suporte do cœlostato assenta sôbre railes colocados na direcção Leste Oeste, e os railes do segundo espelho *E'* estão colocados na direcção Norte Sul. O feixe luminoso depois de incidir no espelho do cœlostato é reflectido, em geral, para o segundo espelho, no plano do meridiano. Os raios luminosos são depois enviados horizontalmente pelo segundo espelho para a objectiva que forma a imagem do Sol sôbre a primeira fenda do espectroheliógrafo. Para esta posição dos espelhos a linha Norte Sul da imagem do Sol tem a direcção da vertical em frente da primeira fenda do espectroheliógrafo. Em certas épocas do ano a sombra produzida pelo segundo espelho vai projectar-se sôbre o espelho do cœlostato, o que obriga a deslocar êste espelho para Leste de manhã e para Oeste de tarde. Nestas duas posições do primeiro espelho a linha Norte-Sul faz um ângulo com a vertical, que varia com a declinação do Sol.

As operações a efectuar para regular o cœlostato depois da sua montagem numa posição aproximada são as seguintes:

○ Para regular a direcção do eixo em altura pode utilizar-se

o teodolito. O teodolito coloca-se diante do espelho do caelostato ficando a luneta em T, fig. 5. Por meio duma observação pre-

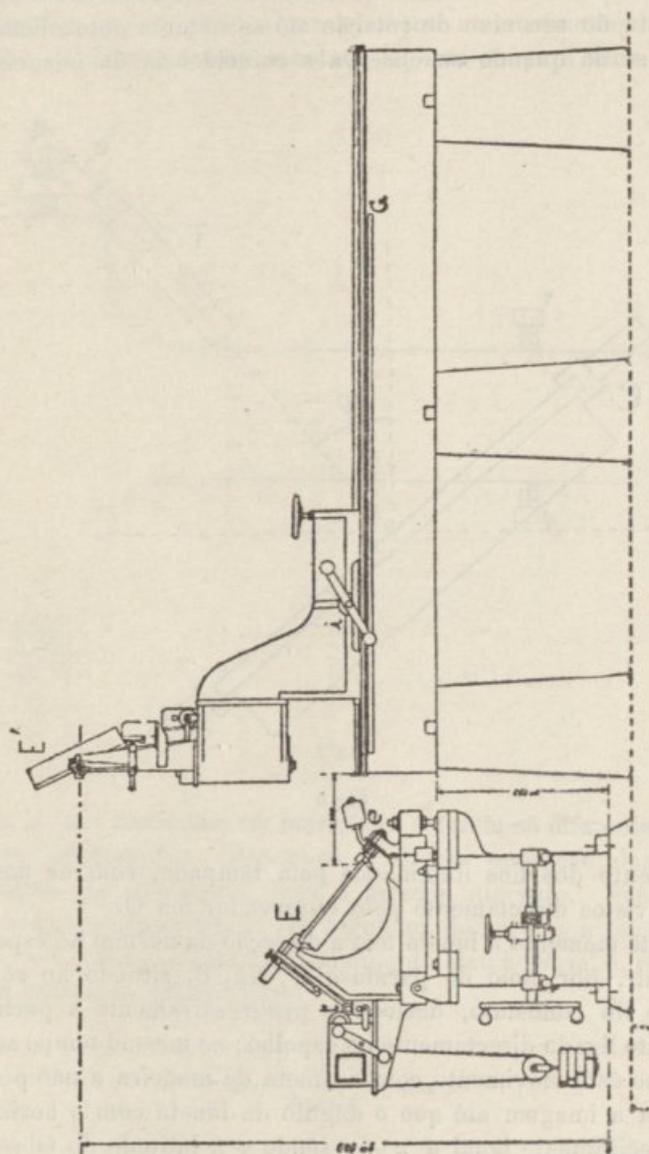


Fig. 4

liminar com a polar, coloca-se a luneta no plano do meridiano. Em frente da ocular põe-se um espelho *e*. Este espelho tem

por fim reflectir a luz L duma lâmpada eléctrica segundo a direcção da luneta para permitir a autocolimação. Desloca-se então o espelho do cœlostato em volta do eixo horário e a luneta em volta do seu eixo de rotação até se obter a autocolimação, o que se dá quando se observa a coincidência da imagem do

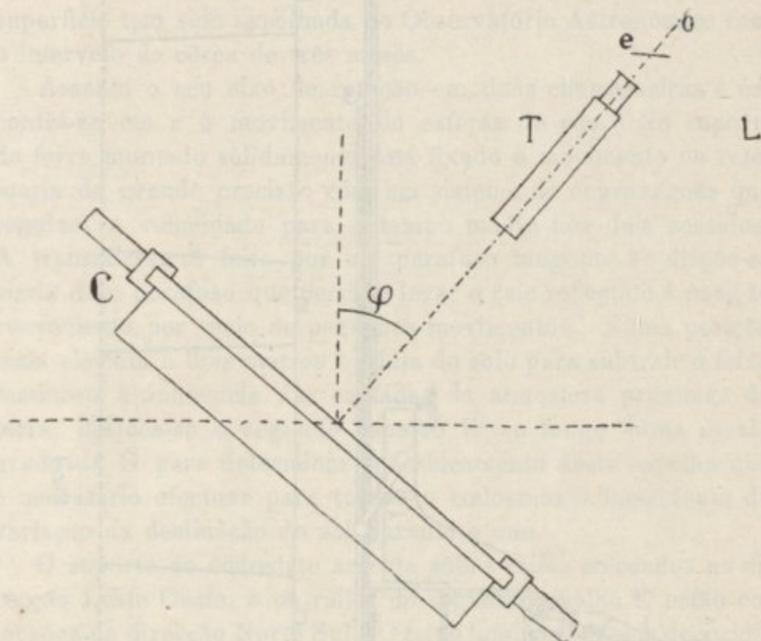


Fig. 5

cruzamento dos fios iluminados pela lâmpada, com os fios do reticlo vistos directamente pelo observador em O .

Neste momento a luneta tem a direcção da normal ao espelho. A seguir, por meio do parafuso P' , fig. 6, situado ao sul do suporte do cœlostato, desloca-se progressivamente a parte do cœlostato ligado directamente ao espelho; ao mesmo tempo acompanha-se êste movimento com a luneta de maneira a não perder de vista a imagem até que o ângulo da luneta com o horizonte seja precisamente igual a $\pi - \varphi$ sendo φ a latitude do Observatório Astronómico. Obtida por esta maneira a orientação aproximada do eixo do cœlostato termina-se a rectificação pelo processo astronómico.

Para executar a rectificação em azimute monta-se sobre o espelho do cœlostato uma luneta astronômica que possa ter um movimento em declinação. A luneta deve estar munida dum micrómetro que se desloca paralelamente ao movimento de declinação. A luneta assim montada aponta-se para uma estrêla

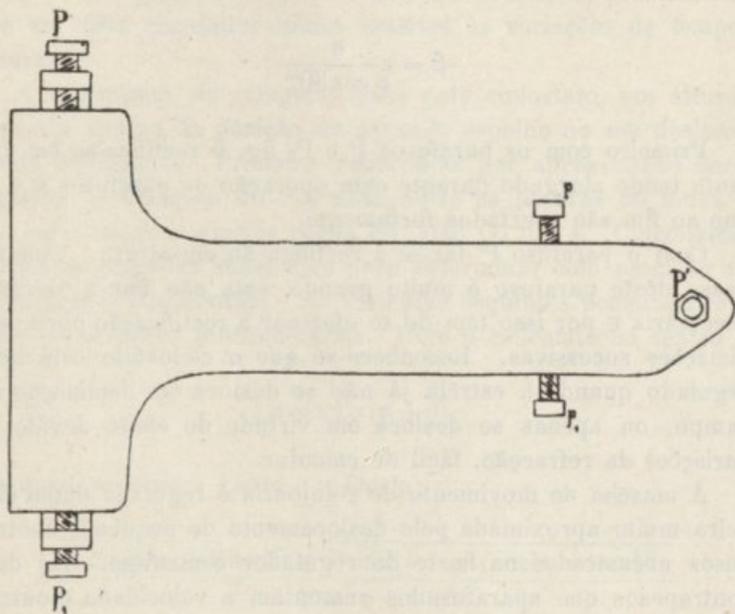


Fig. 6

antes da sua passagem no meridiano e fazem-se diferentes leituras no micrómetro. Repete-se a mesma operação depois da passagem no meridiano, com o mesmo intervalo. Sendo a a diferença das duas leituras em segundos de arco, φ a latitude do lugar e α o erro angular em azimute do eixo horário. é, supondo α e a pequenas quantidades:

$$\alpha = \frac{a}{2 \operatorname{sen} t} - \operatorname{sen} \varphi$$

Por uma forma análoga acaba-se de regular o cœlostato em altura. Deve tomar-se a estrêla simêtricamente dum e doutro lado do círculo horário a 6 ou 18 horas. Para êste fim escolhe-se

uma estrêla com grande declinação para que a correcção devida à refracção não seja muito sensível. Corrigidas as observações da refracção, e designando por a a diferença, expressa em segundos de arco, entre as duas pontarias efectuadas nos ângulos horários 17 horas 30 minutos e 18 horas 30 minutos e sendo β o erro em altura do eixo horário, temos:

$$\beta = \frac{a}{2 \cos 30^m}$$

Primeiro com os parafusos P e P₁ fig. 6 rectifica-se em azimute tendo alargado durante esta operação os parafusos p e p_1 que ao fim são apertados fortemente.

Com o parafuso P' faz-se a rectificação em altura. Como o passo dêste parafuso é muito grande, esta não tem a precisão necessária e por isso tem de se efectuar a rectificação por aproximações sucessivas. Reconhece-se que o cœlostato está bem regulado quando a estrêla já não se desloca em declinação no campo, ou apenas se desloca em virtude do efeito devido às variações da refracção, fácil de calcular.

A marcha do movimento de relojoaria é regulada duma maneira muito aproximada pelo deslocamento de pequenos contrapesos encastrados na haste do regulador centrífugo. Há dois contrapesos que aparafusados aumentam a velocidade e outros dois mais pequenos que aparafusados atrasam o movimento, produzindo variações mais pequenas.

Duma maneira geral os movimentos de relojoaria que deslocam os equatoriais, e portanto no caso particular de que nos occupamos, os cœlostatos dos Observatórios, não conseguem por meio do regulador de que estão munidos a regularidade dos relógios astronómicos, e entre as diferentes causas que afastam o astro da sua posição inicial (rectificação imperfeita do eixo horário, flexões, refracção astronómica, etc.) os devidos a irregularidade da marcha das engrenagens são quasi sempre os mais importantes. Daqui resulta a necessidade de estabelecer, por meio de uma disposição de sincronisação apropriada, a ligação da pêndula astronómica com a engrenagem.

Em virtude de ser preciso em regra, usar estes instrumentos para longas poses, tornou-se necessária uma instalação desta natureza, para o que podem ser aproveitadas várias soluções.

No sistema adoptado para o aparelho do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, tomou-se para dar a direcção uma pêndula que sincronisa um motor accionado por um pêso. Êste sistema de sincronisação deriva do princípio de sincronisação usado nos motores Baudot.

Um tal movimento tem contudo de ser revisto freqüentemente por ser êste regulador muito sensível às variações de temperatura.

A centragem da imagem, dada pelo cælostato, em altura, depende apenas da posição do segundo espelho no seu deslocamento horizontal. Primeiro realizou-se por aproximação para algumas declinações do Sol notando-se as leituras do index i que corre sôbre a grande régua de latão G, fig. 4. Cinco leituras foram julgadas suficientes para determinar com precisão as constantes instrumentais. As fórmulas seguintes permitem calcular as posições intermediárias. Com o cælostato no centro é

$$x = z t g(\varphi + \delta)$$

nas duas posições a Leste e a Oeste:

$$x = \frac{3 \operatorname{sen}^2 \varphi + 2 \operatorname{sen} \delta \sqrt{3^2 \cos^2 \delta + y^2 (\cos^2 \varphi - \operatorname{sen}^2 \delta)}}{2 (\cos^2 \varphi - \operatorname{sen}^2 \delta)}$$

em que

l = leitura na régua

$l + c = x$ = distância horizontal dos espelhos no plano do meridiano

y = distância horizontal dos espelhos num plano perpendicular ao plano do meridiano

z = distância vertical dos espelhos

φ = latitude do lugar

δ = declinação do sol

c = distância do primeiro espelho ao zero da régua.

Como dissemos o cælostato por meio do segundo espelho envia o feixe luminoso para uma objectiva O, fig. 7, colocada

atrás dum écran à entrada da sala onde foi instalado o espectroeliógrafo.

Esta objectiva construída de harmonia com as condições requeridas pelos trabalhos a efectuar assenta numa plataforma, móvel, sobre esferas de aço, perpendicularmente ao eixo óptico; por meio duma manivela pode deslocar-se na direcção do eixo óptico em frente duma escala para as determinações do foco.

Uma disposição muito simples permite ligá-la rapidamente a um transformador de velocidades t .

Este transformador de velocidades é accionado por um motor Baudot B. A objectiva de projecção tem 25 cm. de abertura e

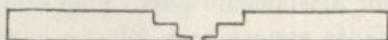


Fig. 8

4 m. de distância focal. A uma distância sensivelmente igual a esta encontra-se a primeira fenda F_1 do espectrógrafo, fig. 7.

Como no espectro dado pelos prismas as riscas são curvas para se obter uma imagem do Sol circular, antes de se iniciar a montagem do aparelho fizemos os ensaios preliminares necessários com uma fenda direita, para determinar a curvatura com que depois foram talhadas as duas fendas F_1 e F_2 , fig. 7.

Como mostra a figura encontra-se em C a lente do colimador com 1^m,25 de distância focal. Em P estão três prismas de flint com um ângulo de 60° e 15 cm. de aresta. Em L a lente da câmara fotográfica, em F_2 a segunda fenda em frente da qual se desloca o chassi onde é colocada a chapa fotográfica. Com uma disposição análoga à da lente de projecção pode ligar-se o suporte deste chassi a outro transformador de velocidades T' movido por um motor Baudot C' . A primeira e a segunda fenda são talhadas com uma determinada curvatura e têm a forma indicada pela sua secção transversal na fig. 8. Um parafuso munido dum tambor graduado permite regular a abertura desta fenda. Para proteger a primeira fenda das variações de temperatura foi colocado em frente dela um caixilho a uma pequena distância com dois espelhos afastados dalguns milímetros.

Os três prismas assentam em suportes especiais ligados a uma articulação tal que podem colocar-se no desvio mínimo

para um dado comprimento de onda por meio dum tambor graduado.

Solidariamente com a segunda fenda coloca-se o microscópio micrométrico M o qual, com o auxílio dum pequeno prisma de reflexão total P, permite observar o espectro próximo da segunda fenda. Na parte relativa ao funcionamento daremos alguns pormenores sobre a montagem desta fenda.

Depois de determinada a direcção do meridiano para a colocação do cælostato, foram construídos os pilares com grande solidez tendo sido determinado com a maior aproximação possível, o ângulo, fig. 7, que faz o pilar da segunda fenda com o eixo óptico. Escolheu-se depois a altura do eixo óptico de maneira a obter-se o maior afastamento possível do solo por causa da influência das camadas atmosféricas sobre a pureza das imagens. Os pilares do espectroscópio terminam por suportes de madeira para se conseguir a elasticidade necessária e uma grande aproximação na colocação das diferentes peças do instrumento.

Numa viga encastrada nos pilares A e B foi fixada a primeira fenda e a lente de colimação. Pelo processo óptico foi colocada a lente do colimador normal ao eixo óptico, e pelo processo de autocolimação fêz-se com o auxílio do tambor da lente de colimação uma determinação aproximada da posição da lente do colimador.

Identificado o comprimento de onda (região da risca K) para a posição habitual do chassi, observando na segunda fenda depois de retiradas as faces, foi alinhada a posição média da face do prisma, da lente da camara fotográfica e da segunda fenda. Fizeram-se depois as observações ópticas necessárias para colocar o plano da fenda normal ao eixo óptico e também a lente da câmara fotográfica. Foi levado à mesma altura, em frente da primeira fenda uma pequena porção do feixe solar e na segunda fenda uma estreita faixa de espectro. Por meio dos nivelamentos necessários e com as leituras julgadas convenientes foram fixados em pilares diferentes o cælostato e o segundo espelho. Estas operações permitiram fixar já o cælostato numa posição muito aproximada. Também nesta altura foi regulado por meio duma luneta o index existente no suporte do cælostato, de maneira que nesta posição o eixo horário do primeiro espelho, o colimador do espectroheliógrafo e o centro do segundo espelho ficassem no plano do meridiano.

Para a determinação da curva de acromatismo do colimador foram determinadas as divisões do suporte da lente correspondentes aos diferentes comprimentos de onda por autocolimação como para a colocação preliminar.

No foco deve ter-se uma luz monocromática. Para obter este resultado foi empregada a disposição indicada na fig. 9.

O feixe solar incide numa fenda auxiliar f , a seguir encontra-se um prisma P' que reflecte o espectro num espelho e . Imprimindo um movimento giratório ao espelho podemos obter

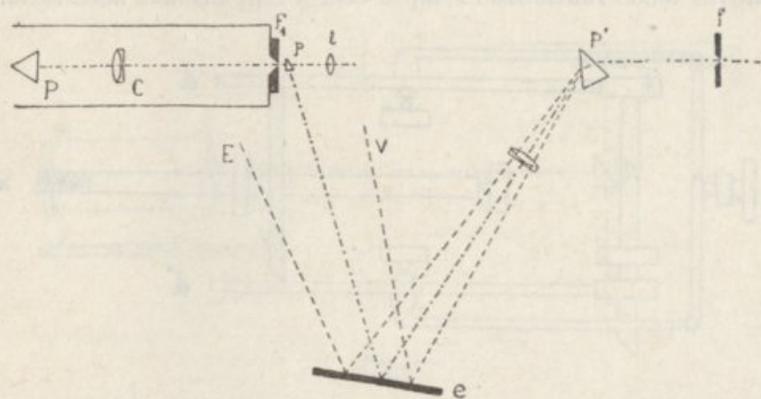


Fig. 9

sucessivamente em frente da primeira fenda F_1 todo o espectro; resta depois identificar para cada operação as riscas de Fraunhofer.

Variando sucessivamente as posições das lentes de projecção, do colimador, e da chapa fotográfica, procurou-se a combinação correspondente ao melhor foco, eliminando assim um pequeno estigmatismo dos prismas.

Foi depois determinada a ampliação que dá o espectrógrafo. Com este valor, depois de se determinar o zero da divisão dos transformadores, tanto quanto possível, no eixo comum aos dois discos d e d' , fig. 10, determinou-se a correcção. Para este fim foi iluminada, com o auxílio duma lâmpada eléctrica, a primeira fenda e foi deslocada, por meio dum motor e do transformador, uma chapa fotográfica, durante um certo tempo t , diante da segunda fenda o que dá uma zona de comprimento e , tendo-se primeiro o disco transmissor do movimento na divisão a do eixo x graduado.

Repete-se a mesma operação colocando o disco na divisão $2a$ e durante o mesmo tempo t . A nova zona terá o comprimento $2e+l$. A distância x a corrigir será pois:

$$x = a \cdot \frac{l}{e-l}$$

A sincronização dos dois motores Baudot effectua-se por meio de dois magnetes pelo processo da reacção das correntes alternativas tendo funcionado sempre com a regularidade necessária.

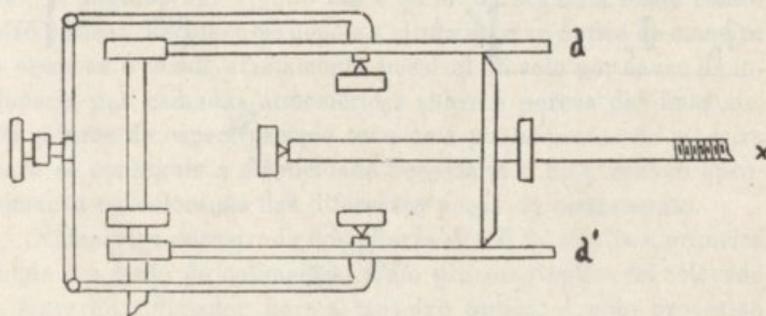


Fig. 10

Esta instalação, tanto quanto o permitiram as condições a que tem de sujeitar-se debaixo do ponto de vista astronómico e espectroscópico, tem uma montagem, como rapidamente acabamos de mostrar, que permite realizar a rectificação do instrumento no mais curto espaço de tempo possível sempre que se tenha de fazer uma observação solar. Esta última condição, que tem ainda hoje, como logo de comêço se estabeleceu, a maior importância para o estudo da atmosfera do Sol, é portanto, não só necessária como de grande valor debaixo do ponto de vista técnico.

Como exemplo vamos indicar alguns pontos mais importantes do método seguido para se obter um epectroheliograma monocromático da atmosfera do Sol, uma vez conseguida a rectificação que acabamos de expor. Por meio da tabela organizada para os valores da régua do segundo espelho coloca-se êste na posição correspondente à declinação do Sol. Depois, por meio do parafuso dos pequenos movimentos do celostato centra-se a imagem no segundo espelho, o que se consegue rapidamente

lateralmente, por meio duma disposição que fixa os dois pontos de referência nos dois espelhos.

A acção do calor do Sol altera a posição determinada, como já dissemos, para o foco da objectiva correspondente a um dado comprimento de onda, e para se obter a distância exacta da objectiva de projecção, em frente da primeira fenda foi montada uma disposição óptica representada esquematicamente na figura 11. No suporte *p* pode colocar-se um pequeno prisma de reflexão total que depois de feitas as leituras na escala anexa pode ser facilmente retirado. Num suporte que corre ao longo da escala *E*

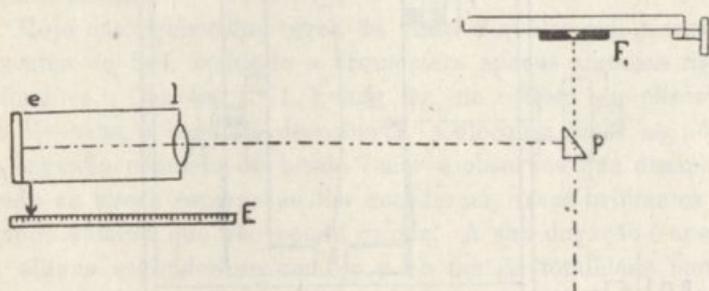


Fig. 11

encontra-se uma lente *l* e um écran *e* onde se efectua esta observação. Em seguida desloca-se a imagem do Sol até que incida imediatamente tangente à primeira fenda por meio dum comutador colocado junto desta fenda, o qual desloca o segundo espelho em altura e azimute.

Uma outra operação importante consiste em isolar a risca correspondente a um determinado comprimento de onda com que se quer trabalhar na segunda fenda. Colocada a segunda fenda numa posição aproximada e com a abertura conveniente, faz-se uma fotografia do espectro que em virtude das duas aberturas existentes nos extremos da fenda F_2 , fig. 12 em *a* e *b*, permite obter a fotografia duma porção do espectro nas vizinhanças da risca a isolar. Supunhamos que a risca está em *r*, e seja *a* a distância do seu centro ao centro da fenda na parte superior, e *b* na inferior. A correcção a efectuar com o tambor P_3 será $\frac{a+b}{3}$ num sentido fácil de determinar. Se representarmos por *d* a semialtura da fenda; por *c*, a distância entre o eixo de rotação

da fenda no seu plano e o parafuso P_1 que produz o movimento de rotação, a correcção a adoptar para o tambor P_1 será $\frac{a-b}{2} \cdot \frac{c}{d}$.

A seguir a este isolamento fixa-se com o retículo da luneta M a posição duma determinada risca que se encontra nesse instante no campo da luneta, e pelas leituras do tambor temos um processo então muito rápido para collocarmos a fenda em frente da risca com que se deseja efectuar a fotografia. É preciso contudo

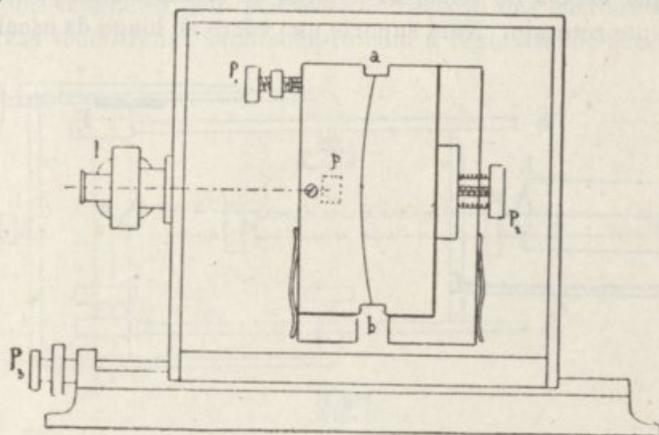


Fig. 12

atender a que são bastante diferentes para os dois comprimentos de onda os deslocamentos que resultam para as duas riscas em virtude do calor, aumentando o seu afastamento para um aumento de temperatura. Conhecida a lei desta variação este facto não atrasa esta rectificação. Mas isto não dispensa, é obvio, uma verificação freqüente, sôbre tudo para alterações bruscas de temperatura, pelo processo de fotografias das imagens testemunhas.

Por meio dum comutador eléctrico estabelece-se o movimento simultâneo e sincronizado com os motores Baudot, da lente de projecção e da plataforma que contém o chassi. O comprimento e brilho da risca isolada traduzirá a cada instante o comprimento e brilho da secção feita sucessivamente, e duma maneira continua pela primeira fenda na imagem do Sol. Na chapa ficará pois fotografada uma imagem circular que integra, todos estes aspectos elementares.

No espectro solar, em harmonia com os estudos espectroscópicos atrás mencionados, encontra-se um espectro contínuo correspondente a uma superfície sólida ou líquida incandescente. Por cima encontrar-se-ão vapores de diferentes substâncias que absorvendo a própria luz darão lugar a um espectro de absorção formado por riscas escuras. Por isso os primeiros observadores, quando isolaram um determinado comprimento de onda na segunda fenda, consideraram a imagem monocromática obtida pela maneira como acabamos de indicar, como sendo a fotografia das formas do vapor, sobre o disco e exterior a êle, a que pertencia a risca isolada.

Hoje são conhecidas cêrca de vinte e quatro mil riscas no espectro do Sol, emitindo a cromosfera apenas algumas riscas brilhantes. Ora em 1871 Young fêz, no eclipse que observou em Espanha, a seguinte descoberta. Colocou a fenda no ponto do segundo contacto do bôrdo lunar e observou que desaparecendo as riscas escuras se lhe sucederam riscas brilhantes em grande número que não poude contar. A sua duração é apenas de alguns segundos no comêço e no fim da totalidade motivo porque se deu a êste espectro a designação de espectro relâmpago.

Estas riscas são emitidas por uma camada delgada situada no interior do anel avermelhado observado em volta da lua a maior parte das quais produzem a absorção, e por isso foi chamada esta camada inversora. Estas riscas chamadas de absorção, têm o aspecto escuro por contraste; na realidade tem sensivelmente o mesmo brilho das observadas no espectro relâmpago. Quanto mais completa fôr a absorção, mais o brilho da risca no espectro de absorção, se aproxima do brilho da risca brilhante emitida pelo vapor.

O espectro relâmpago foi depois fotografado reconhecendo-se que no seu conjunto as riscas brilhantes coincidem com as riscas escuras observadas quando se considera a camada interposta entre nós e a fotosfera.

Em 1909 Hale fotografou o espectro da camada inversora fora dos eclipses.

O espectro de absorção contém pois o conjunto das riscas da camada inversora e das riscas provenientes da cromosfera. Sendo êste último espectro idêntico ao das protuberâncias, são ainda estas riscas que exteriormente ao bordo solar se prolon-

gam para formar as protuberâncias, como mostra a figura 13, que medem em tôda a extensão o mesmo que a imagem das formas monocromáticas numa secção feita pela primeira fenda para produzir êste espectro na direcção paralela à linha Norte Sul. Outra constatação importante é a que resulta de que mesmo para uma secção *a* efectuada pela primeira fenda fora da protuberância ainda é suficientemente espessa a cromosfera para que seja visível a saliência das riscas cromosféricas ultrapassando os limites do espectro contínuo, fig. 13. Na parte superior a secção é feita apenas na cromosfera, atingindo na parte inferior *b* também uma protuberância.

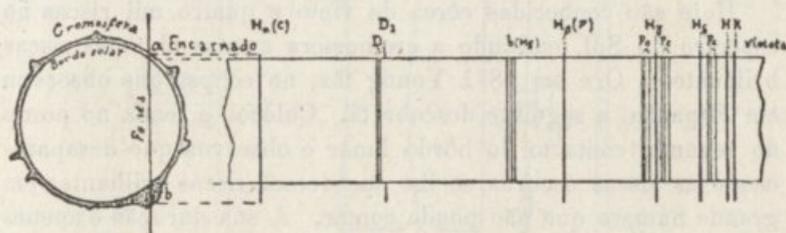


Fig. 13

Esta circunstância permite verificar directamente que o brilho da risca é constante interiormente ao bordo; sendo aparentemente devido ao efeito de contraste que parecem escuras sôbre o fundo contínuo do espectro e luminosas sôbre o fundo do céu.

Com o arco voltaico podemos registar um fenómeno análogo para uma pequena região do espectro onde se encontra a risca designada, no espectro de Fraunhofer, por K. Para isso isolámos na segunda fenda a risca K_3 que fotografámos juntamente com uma pequena porção de espectro nesta região.

Sem deslocarmos a fenda fotografámos depois o espectro do arco voltaico efectuando diferentes secções com a fenda na imagem do arco voltaico, depois de focada a imagem na primeira fenda.

A média duma série de medidas deram para a risca K da cromosfera do Sol, obtida pouco depois com uma secção feita pela primeira fenda na imagem do Sol, a mesma posição que a risca obtida com o arco voltaico, fig. 14.

Para a completa interpretação dêste fenómeno foi elaborada uma série de experiências, que de grande importância para o estudo Sol, não o são menos para a física pelo facto destas

experiências conduzem ao conhecimento da variação da estrutura dos espectros com as condições físicas em que se encontra o corpo cujas radiações se querem estudar.

A-pesar-de não ser o objectivo especial d'êste trabalho, referirmo-nos à interpretação das imagens monocromáticas, vamos

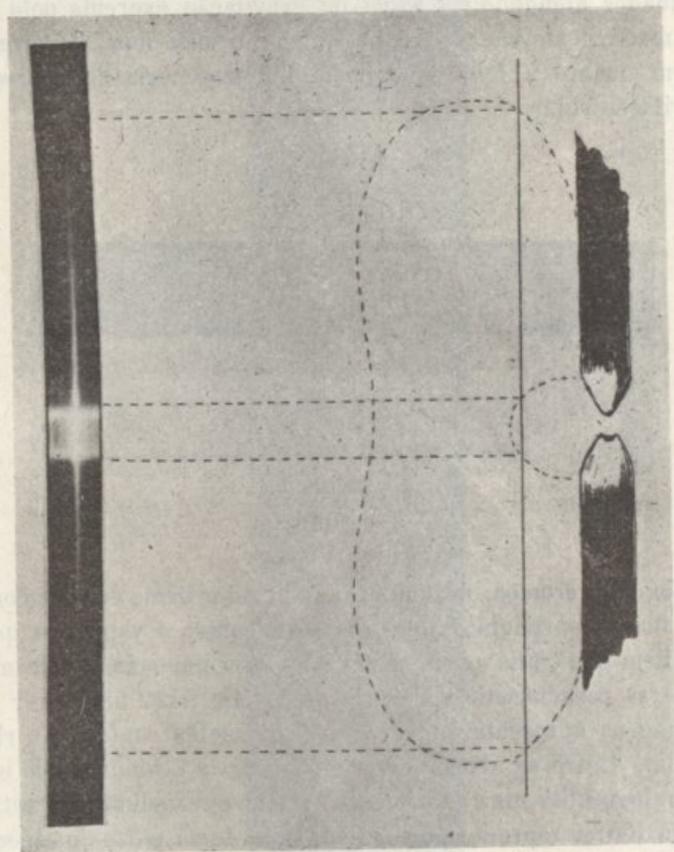


Fig. 14

arquivar mais alguns resultados de que necessitamos fornecidos pela espectroscopia.

Entre as riscas do espectro da cromosfera composto quasi exclusivamente de hidrogénio, hélio e vapor de cálcio, algumas riscas do cálcio e do hidrogénio elevam-se mais ou menos à mesma altura.

O facto de se elevarem sensivelmente à mesma altura como mostram as saliências das suas riscas, tanto o hidrogénio gás

ligeiro, como o cálcio elemento pesado, tem levado a diferentes hipóteses, que não pretendemos discutir agora, as quais não permitiram que chegassem a acôrdo os diferentes investigadores.

Para o caso do átmo de cálcio revelado nas altas camadas da atmosfera do Sol pelas riscas H e K, em virtude dos cálculos efectuados atendendo à fôrça da gravitação exercida pelo Sol, a camada dêste vapor deveria ser muito mais fina. Diverge-se porém quanto à fôrça que nesta hipótese teria de opor-se à gravitação solar.

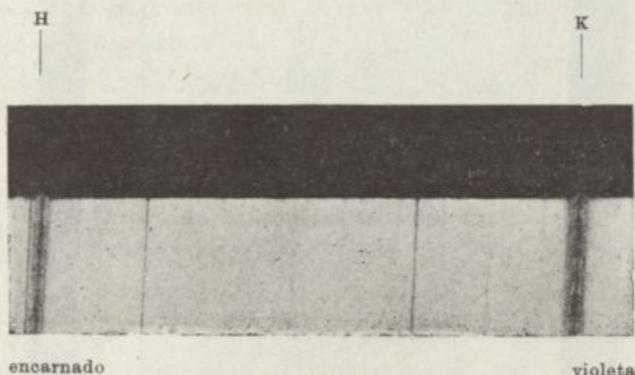


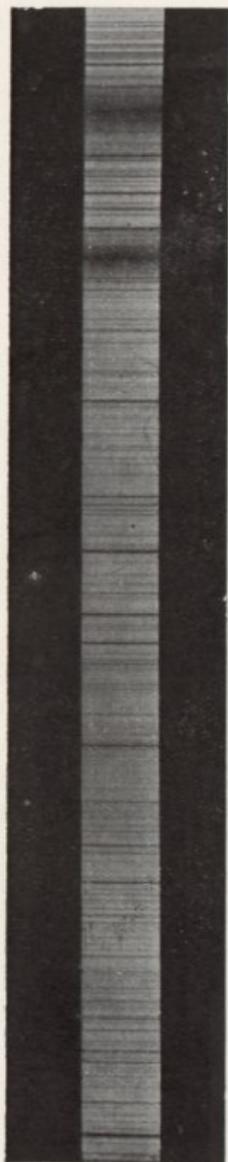
Fig. 15

Segundo cremos, devemos ainda atender neste caso às condições físicas particulares em que se encontra o vapor, as quais permitem que emita as riscas nas condições que acima indicámos.

Estas características das riscas deviam fazer pressentir que as imagens apresentariam aspectos diferentes conforme a risca isolada. Entre as riscas da cromosfera, as do hidrogénio e do cálcio, logo utilizadas de princípio, são as que melhor se prestam.

Na Est. I reproduzimos a fotografia duma parte do espectro solar onde se encontram as riscas H e K. Esta fotografia foi obtida com os 3 prismas de flint já referidos, do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra.

Mesmo para uma região calma do Sol a sua estrutura é muito complexa como mostra a fig. 15 que representa uma porção do espectro, fotografada no espectroheliógrafo na região das riscas H e K. Ao meio duma banda designada respectivamente por H_1 e K_1 , encontram-se as riscas que a princípio se supunham duplas H_2 e K_2 , designando-se por H_3 e K_3 as riscas que dividem as riscas H_2 e K_2 .



— K

— H

... the ... of ...

No bôrdo do Sol, tanto as riscas H_2 e H_3 como as riscas K_2 e K_3 , se elevam acima do espectro contínuo. Nas riscas H_1 e K_1 não se notam saliências sensíveis, fig. 15, que contudo se atribuem a tôdas.

A risca K_3 é pois produzida pelas camadas mais elevadas da cromosfera, sendo a risca K_2 dupla apenas aparentemente.

Se atendermos ainda a que a risca K_3 atravessa o bôrdo solar sem diminuir de intensidade poderemos considerar a imagem monocromática do Sol com a risca K_3 , como relativa a uma camada elevada da cromosfera. A risca K_2 dará pelas mesmas razões uma representação da distribuição dos vapores de cálcio num nível mais baixo.

A risca K_1 fornece a fotografia das camadas mais baixas. O espectroheliograma desta risca tem um aspecto semelhante ao apresentado pelas fotografias da fotosfera.

A fotografia efectuada com a risca K_2 mostra as regiões faculares muito mais intensas e extensas. Parte das manchas estão muitas vezes cobertas pelas regiões faculares. Os flóculos encontram-se duma maneira muito uniforme em quási todo o disco.

A fotografia que se obtém isolando na segunda fenda a risca K_3 , mostra as regiões faculares e os flóculos ainda mais desenvolvidos, e as manchas chegam a estar completamente cobertas; além disto, como a teoria fazia prever, revela novas figuras, sombras geralmente alongadas, a que H. Deslandres deu a designação de *filamentos*. Na periferia vêem-se as protuberâncias.

As novas figuras observadas passaram desde logo a caracterizar as imagens monocromáticas correspondentes às camadas superiores da cromosfera.

Em volta das regiões faculares existe uma zona mais escura chamada circunfacular.

Nas boas imagens, efectuadas em dias livres de perturbações atmosféricas, os grãos apresentam-se desdobrados noutros mais pequenos e o fundo escuro revela um aspecto granular análogo ao da fotosfera, Est. VIII. A agitação das imagens devida às camadas inferiores da atmosfera terrestre, faz desaparecer os grãos de menores dimensões por ser a sua ordem de grandeza apenas de cêrca de $2''$.

As imagens fornecidas pelas riscas do hidrogénio, diferem muito das do cálcio.

A risca vermelha H_{α} , a mais importante da série, não apresenta tão nitidamente a divisão em componentes, bem visíveis nas riscas H e K. Contudo, as imagens que dão as diferentes partes da risca oferecem entre si diferenças muito grandes.

A característica mais acentuada da imagem obtida com a periferia daquela risca é mostrar em negro as regiões faculares e os flóculos que são brilhantes no cálcio e nos outros elementos da camada inversora.

Na camada superior, os filamentos aparecem com uma grande nitidez, e destacam-se muito sobre o fundo da imagem relativamente pouco rica em pormenores. A estrutura geral é contudo muito interessante. Em volta das manchas, sobretudo onde apenas se vêem os pontos mais brilhantes das regiões faculares do cálcio, formam-se correntes de matéria cujo aspecto tem feito recordar os espectros magnéticos destinados a evidenciarem as linhas de força dum campo produzido por um iman. Esta disposição particular sugeriu a Hale a idea de que as manchas poderiam ser a sede dum campo magnético. De facto Hale conseguiu revelar êste campo observando certas alterações que a sua presença provoca sobre as riscas espectrais.

O facto das imagens monocromáticas do cálcio e do hidrogénio oferecerem diferenças tão grandes, tem sido objecto de investigações especiais. Como as camadas correspondentes estão sensivelmente ao mesmo nível, continuamente misturadas pelas grandes correntes existentes na atmosfera solar, deveria esperar-se que apresentassem os mesmos pormenores.

Estas diferenças, porém, não se estendem à estrutura dos filamentos a qual é sensivelmente igual para os dois elementos. O mesmo tem ainda lugar para as protuberâncias.

As fotografias monocromáticas de que nos temos ocupado têm pois a maior importância para o estudo das relações entre os diferentes fenómenos cromosféricos. Mas por ser indispensável, na interpretação das imagens monocromáticas, atender ao princípio das velocidades radiais, ocupar-nos-emos dêste assunto no capítulo seguinte, antes de apresentarmos mais algumas das observações feitas com o espectroheliógrafo do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, e com a instalação que fizemos neste Observatório com o fim de utilizar êste valioso método.

CAPÍTULO III

Velocidades Radiais

Nas suas aplicações à astronomia, a análise espectral, além de nos permitir analisar a luz que a Terra recebe do espaço sideral, facultando a investigação dos elementos que o constituem, fornece-nos também um processo para a determinação das suas velocidades.

Este processo resultou do estudo do fenómeno da variação das côres nas estrêlas duplas considerando-o C. Doppler como devido ao movimento das componentes na direcção do observador.

Doppler apresentou este princípio em 1842. Fizeau numa comunicação à Société Philomatique de Paris em 1842 tornou possível a medida daquelas velocidades, e estabeleceu que o princípio de C. Doppler, impossível para as côres, podia aplicar-se à posição duma risca no espectro, calculando-se o valor da grandeza da velocidade dum foco luminoso relativamente ao observador pela medida do deslocamento duma risca emitida pelo corpo.

Tanto na sua aplicação à astrofísica, como a problemas da astronomia de posição, foi este princípio logo de grande utilidade. A sua importância tem aumentado sempre. Por meio de disposições instrumentais convenientes podem assim avaliar-se as velocidades radiais, tanto do movimento de translação dos astros, como dos movimentos que neles têm lugar.

Apoiando-nos na teoria elementar d'este princípio facilmente se pode deduzir a fórmula que o traduz.

Consideremos o caso em que o foco luminoso se desloca, ficando imóvel o observador. Seja V a velocidade da luz e n o número de ondas emitidas por segundo.

Se o foco luminoso estiver animado da velocidade v , as n ondas occuparão o espaço $v \mp V$ conforme o sentido do deslocamento fôr o da radiação ou o oposto. Haverá $\frac{n}{V \mp v}$ ondas por unidade de comprimento e o número de ondas recebidas pelo observador, por segundo, será:

$$N = \frac{nV}{V \mp v}$$

Portanto, quando o foco se aproxima, a frequência aparente é maior, e observa-se no espectro o deslocamento das riscas para o lado do violeta; no caso em que o foco se afasta a frequência é menor, observando-se então um deslocamento das riscas espectrais no sentido do vermelho.

Analogamente se verificaria o que sucede quando tanto o foco como o observador estão em movimento.

Da última expressão deduz-se facilmente o valor de v em função dos comprimentos de onda, atendendo a que entre a frequência n e o comprimento de onda λ dum radiação existe a relação fundamental

$$n = \frac{V}{\lambda}$$

Se representarmos por $\Delta\lambda$ a variação do comprimento de onda correspondente ao efeito Doppler-Fizeau obtemos a expressão da velocidade em função dos comprimentos de onda:

$$v = \frac{V}{\lambda} \Delta\lambda$$

Conhecidos os comprimentos de onda dos elementos terrestres com rigor suficiente, podemos determinar a variação $\Delta\lambda$ observada nos espectros emitidos pelos corpos celestes.

A variação das condições físicas que produzem os diferentes aspectos das riscas já notados por Secchi, Young e Lockyer, também se têm atribuído algumas variações de comprimentos de onda das riscas.

Foi William Huggins quem primeiro applicou este princípio em 1867 às estrelas, utilizando um espectroscópio visual.

Só em 1890 é que Vogel introduziu o método espectrográfico tornando estas medidas mais precisas.

Estes serviços estão já montados em alguns observatórios, e os resultados obtidos interessam a toda a astronomia física, sendo já muito considerável o número de estrelas estudadas.

Noutro trabalho que temos em preparação nos occuparemos pormenorizadamente da applicação geral deste princípio.

Para o Sol, com o fim de estudar a sua rotação, fez Duner, de 1888 a 1890, e entre 1901 e 1903, medidas consideradas muito célebres, e discutiu as fórmulas de Carrington, Fay e Spörer, obtidas com as observações das manchas.

THE
LIBRARY OF THE
MUSEUM OF NATURAL HISTORY
AND
ZOOLOGY
OF THE
SMITHSONIAN INSTITUTION
WASHINGTON, D. C. 20560

THE
LIBRARY OF THE
MUSEUM OF NATURAL HISTORY
AND
ZOOLOGY
OF THE
SMITHSONIAN INSTITUTION
WASHINGTON, D. C. 20560

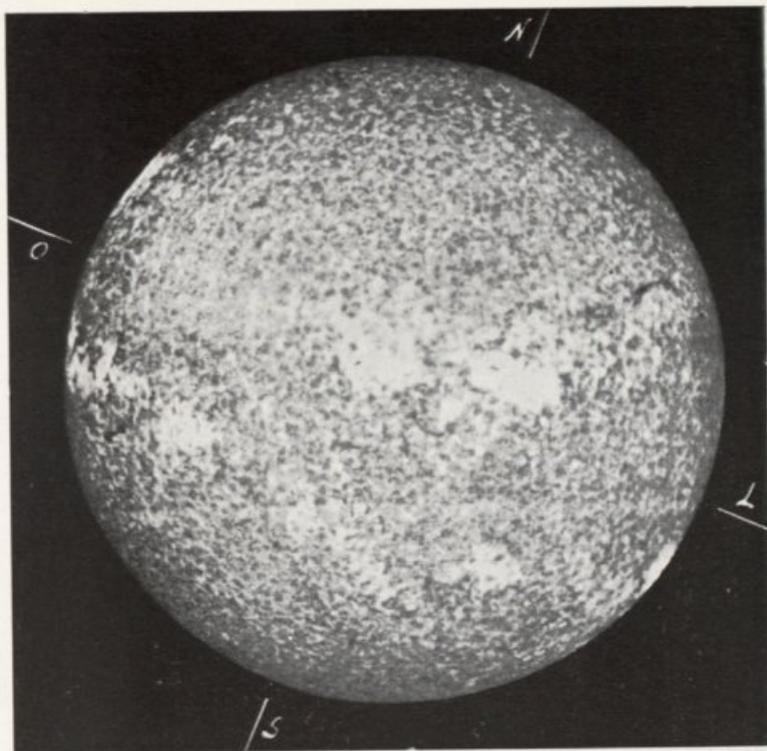


Fig. 1

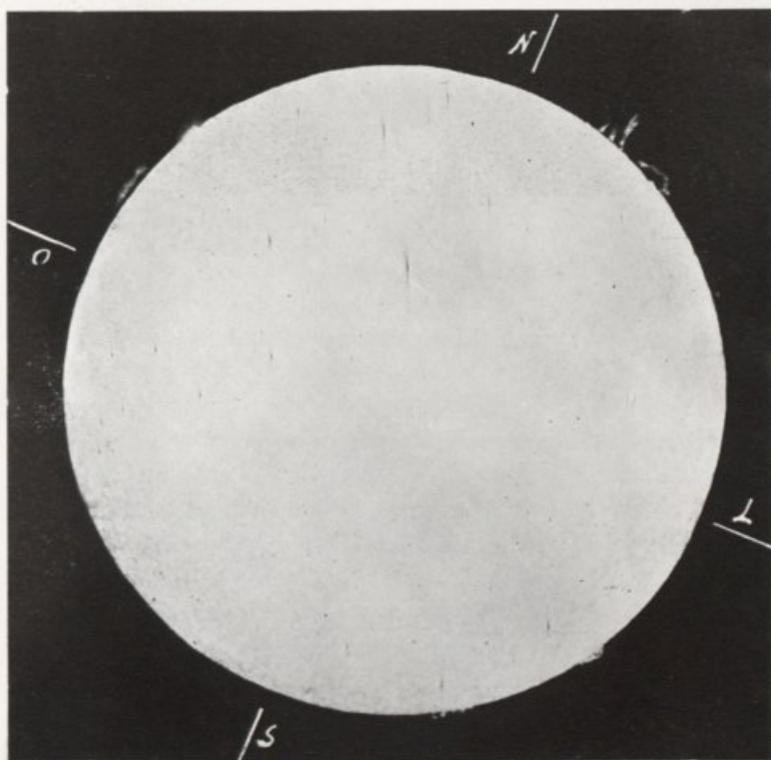
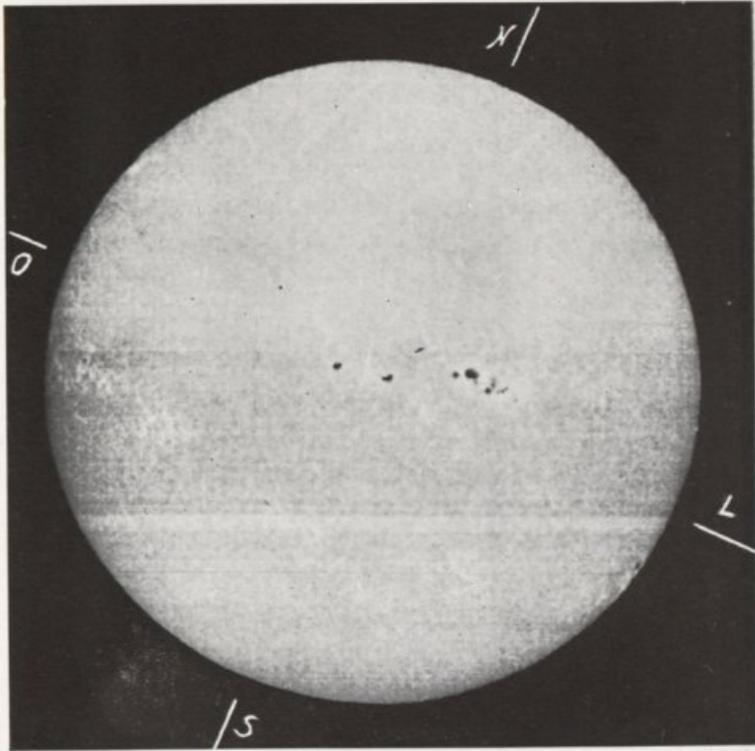
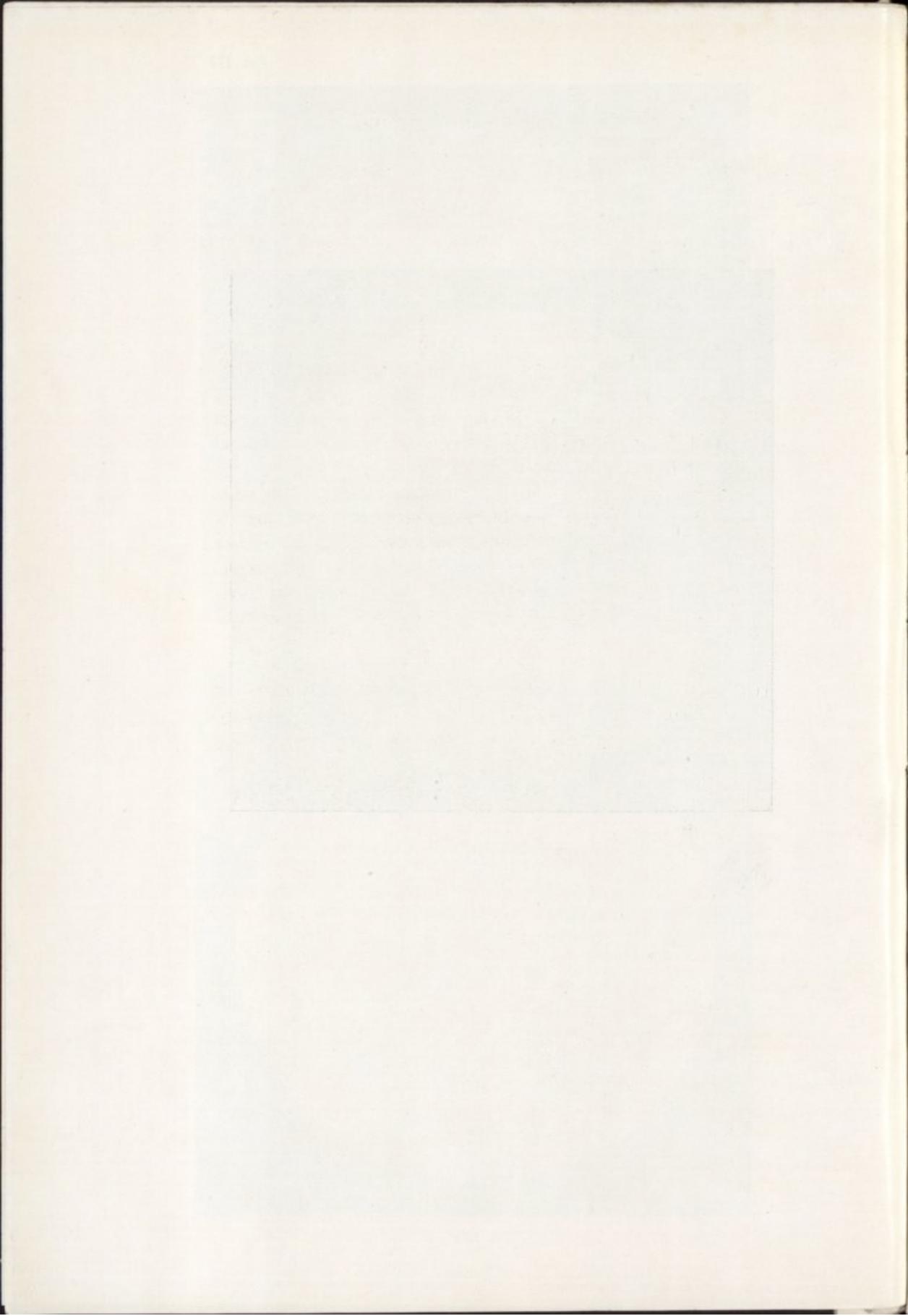


Fig. 2





Estes estudos demonstraram diferentes variações na rotação do Sol.

Confirmou-se a variação com a latitude e foram verificadas variações com os elementos escolhidos no Sol relativamente ao período undecenal.

Halm, entre 1903 e 1906, indicou diferenças sistemáticas na rotação, de ano para ano.

Em Mount Wilson, Adams e depois St. John efectuaram grandes séries de medidas que permitiram comparações valiosas, pois este método permitiu estender o estudo da rotação solar além das zonas reais. Os resultados mais recentes demonstram a necessidade de se prosseguir nestes estudos para a investigação da circulação da atmosfera do Sol.

Também por este método se pode realizar o estudo das velocidades que se observam nos diferentes elementos da atmosfera solar. Os instrumentos destinados a estas medidas considerou-os H. Deslandres desde logo fundamentais para a interpretação das fotografias da atmosfera solar. H. Deslandres pôde, de facto, por este processo conseguir a primeira caracterização mais rigorosa destes fenómenos.

No Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra fez-se também uma instalação com este fim. A montagem foi realizada de maneira a fotografar-se uma imagem sensivelmente circular do Sol, por meio de secções sucessivas dadas pela segunda fenda, mais ou menos alargada de maneira a isolar além das riscas a estudar uma pequena porção do espectro. Os movimentos contínuos da objectiva de projecção e da chapa fotografica, transformam-se em movimentos descontínuos.

Para operar é necessário colocar em frente da primeira fenda um obturador eléctrico. Como indica a fig. 16 num suporte colocado junto ao que sustenta a objectiva O, foi fixado um parafuso sem fim P. Este parafuso por meio da manivela M colocada num tambor graduado comunica o movimento descontínuo à objectiva O por intermédio da alavanca AB móvel em volta de B. Esta ligação pode efectuar-se rapidamente. O comprimento do parafuso foi determinado em harmonia com as dimensões das imagens do Sol. A alavanca fixa-se numa posição, que calculámos atendendo à amplificação do espectroheliógrafo e tal que o deslocamento de toda a imagem em frente da primeira fenda permita uma fotografia circular, formada pelos espectros

sucessivos da região que se pretende estudar. Estes espectros correspondem às secções efectuadas no Sol pela primeira fenda.

No eixo do transformador de velocidades da segunda fenda coloca-se uma roda com um dente assente na armadura dum electro-iman a qual é posta em movimento por um sistema de

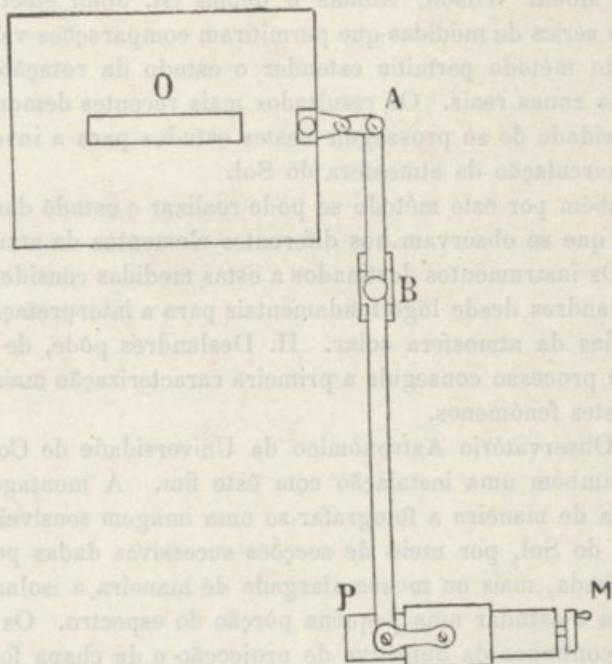


Fig. 16

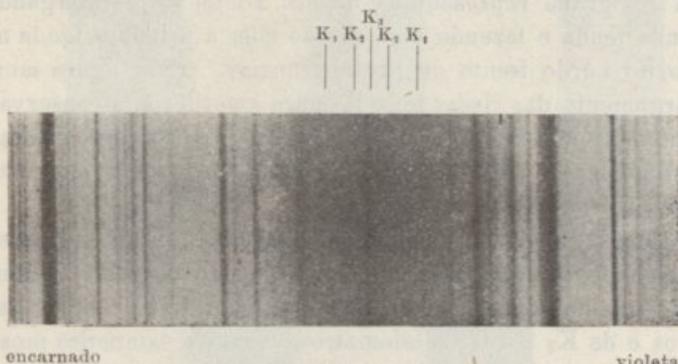
engrenagens a que está ligada por uma correia. Este movimento só tem lugar quando é atraída a armadura do electro-iman.

Os dois comutadores eléctricos que comandam o electro-iman que produz o movimento descontínuo da chapa fotográfica e o obturador da primeira fenda, foram colocados junto do parafuso sem fim, de maneira que nesta posição, um observador executa os três movimentos necessários para a determinação das velocidades radiais dos diferentes elementos do Sol.

CAPÍTULO IV

Observações efectuadas com o espectroheliógrafo e algumas conclusões

A região do espectro onde se encontra a risca K, perto do ultra-violeta, tem como dissemos especial interêsse para os estudos solares, e por isso, foi logo utilizada nas investigações de



encarnado

Fig. 17

violeta

física solar, no Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra.

Aproveitando o espectroheliógrafo como espectroscópio e espectrógrafo foram feitos desde logo diversos estudos espectroscópicos, parte dos quais já indicámos nos capítulos anteriores a propósito da rectificação de algumas peças ópticas e mecânicas.

Fizemos séries de fotografias de espectros, e na região da risca K obtivemos o espectro representado na fig. 17 fazendo intersecções com a primeira fenda nas regiões calmas do Sol. Nesta figura podemos seguir a variação média da intensidade K e avaliar as larguras médias correspondentes.

A risca central que é representada com a letra K_3 tem uma largura média de $0,15 \text{ \AA}$.

Efectuadas as fotografias monocromáticas para diferentes posições da segunda fenda verificou-se que a imagem característica de K_2 é obtida colocando a fenda à distância de $0,25 \text{ \AA}$ contados a partir do centro, e a de K_1 à distância de $0,50 \text{ \AA}$ a $1,27 \text{ \AA}$.

A intensidade de K_1 aumenta gradualmente até atingir a intensidade do espectro contínuo vizinho. Os seus limites são pois mal definidos indicando alguns autores 15 \AA . Às intensidades das componentes da risca K , que têm sido objecto de repetidas e cuidadosas medidas, atribuem-se os seguintes valores: — a intensidade de K_3 é 10% do espectro contínuo vizinho, a intensidade de K_2 é 18% , e K_1 , ao princípio, é 16% .

As figs. 18, 19, 20, 21 e 22 mostram alguns aspectos da risca no bôrdo.

A fotografia representada na fig. 18 foi obtida alargando a segunda fenda e fazendo uma secção com a primeira fenda num ponto do bôrdo isento de protuberâncias. Esta figura mostra o alargamento das riscas K_3 e K_2 para a periferia, a conservação da intensidade através do bôrdo solar, e os níveis que atingem na cromosfera a risca K_2 e K_3 . Estendemos êste estudo a todo o disco em diferentes épocas.

Algumas medidas que temos efectuado fazendo as leituras correspondentes aos extremos de K_3 e do espectro contínuo, permitiram-nos fixar o nível médio superior de K_3 a 8.000 quilómetros e de K_2 a 4.000 quilómetros. Como a estatística mostra, apesar-dêstes limites serem mal definidos, estas alturas variam sensivelmente com os diferentes pontos da periferia e com a época da observação.

Nos eclipses tem-se observado a risca K_3 até à altura de 14.000 quilómetros.

Ainda se vê nesta figura que a largura máxima de K_3 é atingida além do bôrdo, diminuindo a seguir, o que lhe dá o aspecto duma lança.

Na fig. 19 representamos o caso em que se encontra na periferia uma região facular.

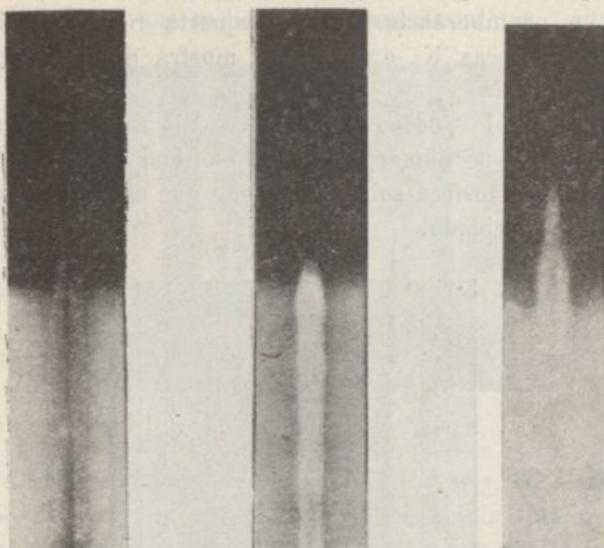
As riscas K_2 são mais brilhantes e talvez por isso não se verifica o augmento habitual da risca K_3 , devido ao contraste, neste caso, pouco visível. É um dos casos que exige medidas fotométricas e micrométricas rigorosas.

A fig. 23, mostra como se comportam estas riscas sôbre uma região facular situada no interior do disco. Observa-se o augmento da intensidade das riscas K_2 e um estreitamento da risca K_3 , pelo menos aparente.

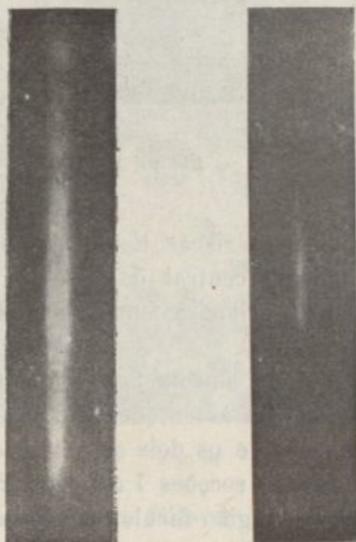
A risca K_3 também é mais brilhante neste caso.

A dissimetria que se nota nas riscas K_2 , sendo mais larga

a risca K_2 situada do lado do vermelho, diminui gradualmente a partir do centro, e desaparece por completo na periferia.



Figs. 18, 19 e 20



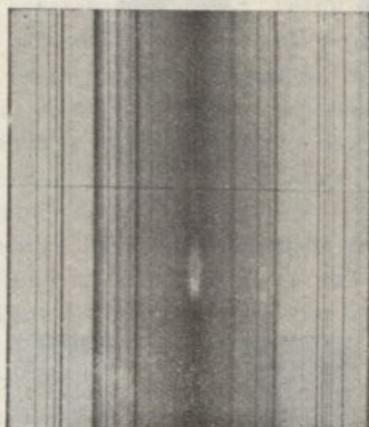
Figs. 21 e 22

Os deslocamentos da risca K_3 desfazem por vezes esta dissemetria.

No caso da primeira fenda atravessar uma protuberância

estende-se mais a risca K_3 de harmonia com a elevação da protuberância, como mostra a fig. 20. Se a primeira fenda atravessa apenas a protuberância, aparecem nesta região do espectro somente as riscas K_3 e K_2 como mostra a fig. 21 ou só a risca K_3 fig. 22.

Este exemplo põe em relêvo o caso já referido da variação que se observa no número de riscas emitidas, com as diferentes camadas da atmosfera solar, fenómeno que ainda não está completamente elucidado.



encarnado

violeta

Fig. 23

Sobre as manchas as riscas K_2 aproximam-se ou unem-se como mostra o aspecto central da fig. 24 correspondente à secção feita em 3 pela primeira fenda no núcleo duma mancha, figs. 25 e 26.

Os dois espectros da mesma figura que se seguem dum e doutro lado correspondem às secções 2 e 4, figs. 25 e 26, sobre a penumbra da mancha, e os dois espectros das extremidades, fig. 24, correspondem às secções 1 e 5, figs. 25 e 26, efectuadas pela primeira fenda na região facular a que pertence a mancha.

Na fig. 25 reproduzimos a fotografia efectuada com a risca K_3 . Nela se vê a região facular onde está situada a mancha considerada. Na fig. 26 encontra-se a fotografia da mancha obtida na imagem integral do Sol, efectuada poucos minutos depois da imagem monocromática.

As riscas K_1 seguem as variações de intensidade das outras componentes, mas tendem a desaparecer no bordo solar.

Atendendo ao que se passa nos bordos em que a camada de

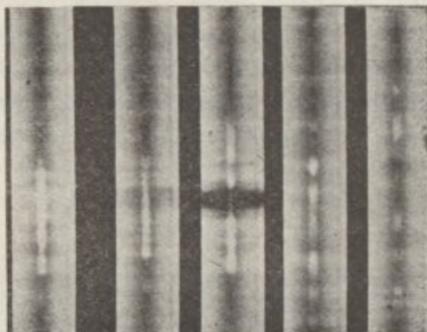


Fig. 24

vapor é vista sob uma espessura muito maior, H. Deslandres, visto ser ali a risca K_3 mais larga, concluiu que a camada superior é muito fina por cima das fáculas, que têm maior espes-

1 2 3 5 5
| | | | |



Fig. 25

sura em volta das fáculas, faltando a camada média sobre as manchas.

Na fig. 1 da Est. II e na Est. III reproduzimos duas fotografias monocromáticas tiradas com um pequeno intervalo de tempo uma da outra. A fotografia da Est. II foi tirada às 8^h e 40^m T. U. no dia 11 de Outubro de 1928 com a risca K_3 . Demos

à primeira fenda uma abertura de $0^m,09$ correspondente a $0,15 \text{ \AA}$. Obtem-se assim um bom isolamento da risca K_3 em virtude da dispersão que determinámos para esta região do espectro ser de 1 \AA por $0^m,6$.

Nesta fotografia vê-se bem a rêde dos flóculos distribuída por todo o disco. As outras zonas brancas de maiores dimensões constituem *regiões faculares* dispostas ao longo das zonas reais, logo referidas nos primeiros estudos do Sol, para as *fáculas*

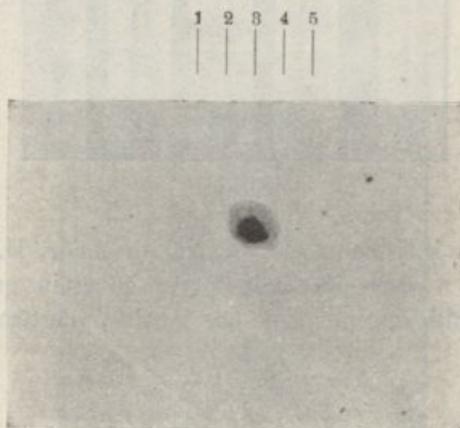


Fig. 26

observadas na fotosfera. Vêm-se também umas regiões mais escuras, geralmente alongadas, os filamentos, que são as regiões em que a risca K_3 é mais escura.

Na Est. II, fig. 2, reproduzimos a mesma fotografia com outra pose para ser possível reproduzir as protuberâncias.

A fotografia representada na Est. III mostra uma imagem monocromática do Sol tirada com a risca K_1 pouco tempo depois de ser tirado o espectroheliograma representado na fig. 1 da Est. II. A abertura das duas fendas era a mesma que serviu para a fotografia anterior. Deslocámos a segunda fenda de $0,50 \text{ \AA}$ contados a partir do centro da risca K_3 . Um rápido exame indica logo a diferença de estrutura das camadas de vapores fotografadas com as riscas K_3 e K_1 . O aspecto desta última aproxima-se muito das fotografias da fotosfera. Nesta fotografia mostram-se as manchas com a penumbra e as *fáculas*.

Tanto as *fáculas* desta fotografia (risca K_1) como os flóculos

têm sido atribuídos a parte da luz da fotosfera. P. Fox verificou que à distância de $3,1 \text{ \AA}$ a partir do centro da risca o espectro contínuo das fáculas sobrepe-se à risca K_1 . Torna-se pois necessário prosseguir o estudo desta influência por meio dum deslocamento gradual da segunda fenda através das bandas K_1 efectuando simultâneamente fotografias da fotosfera.

Debaixo dêste ponto de vista são já muito completas as investigações feitas por L. d'Azambuja com outras riscas também providas de bandas laterais esbatidas, fenómeno que os estudos espectroscópicos indicam estender-se a tôdas as riscas fortes do espectro solar. As riscas estudadas por L. d'Azambuja apresentam uma saliência nos limites do espectro contínuo na posição ocupada pela risca média. São as riscas que se vêem nas protuberâncias eruptivas chamadas também metálicas. L. d'Azambuja considerou dois grupos: o grupo formado pelas riscas de bandas fortes e o grupo formado pelas riscas de bandas pequenas.

Nas riscas do primeiro grupo a curva de visibilidade das regiões faculares e flóculos passa por dois mínimos muito nítidos nos dois limites da risca média. O centro da risca revela as regiões faculares e os flóculos. Nos limites só se obtêm a granulação, e a uma distância do centro correspondente a 60% da intensidade do espectro vizinho tornam a aparecer as fáculas e os flóculos.

Para L. d'Azambuja a proveniência das fáculas não deve ser a mesma, facto que, se atendermos às medidas efectuadas, devemos considerar paralelo ao que se passa nesta representação com H_1 e K_1 correspondendo a 1 \AA , a parte em que K_1 atinge $\frac{2}{3}$ da intensidade do espectro contínuo.

Nas riscas do segundo grupo, constituído pelas riscas de pequenas bandas, quasi não há reaparição das fáculas e dos flóculos, o que está de acôrdo com as conclusões a que chegou L. d'Azambuja, visto as bandas atingirem os $\frac{2}{3}$ de intensidade do espectro contínuo, nos limites da parte central.

Nas figs. 27 e 28 reproduzimos duas fotografias da mesma região do Sol tiradas com um pequeno intervalo de tempo, a primeira, fig. 27, com a risca K_3 , que isolámos pelo processo já indicado por meio da segunda fenda, e a segunda com a risca K_2 .

Estas figuras mostram, em harmonia com a descrição que fizemos destas imagens monocromáticas no capítulo II — a va-

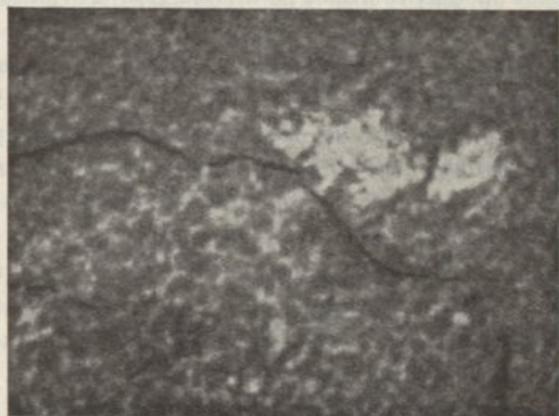


Fig. 27

riação dos elementos que as caracterizam quando se passa com a segunda fenda da risca K_3 para a risca K_2 , risca que dá uma

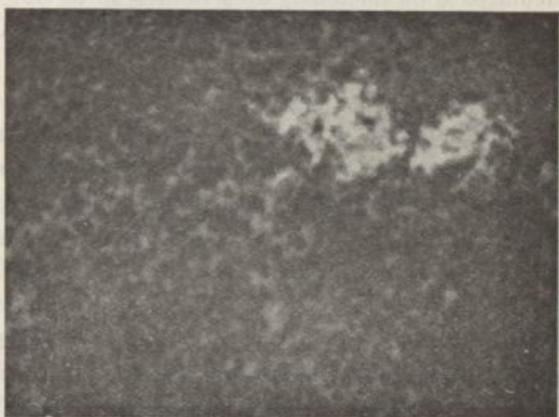


Fig. 28

camada intermediária entre a chamada camada inversora e a parte mais elevada da cromosfera.

Com uma risca da natureza da risca K_3 , sinuosa e com grandes variações de intensidade, quando se faz uma fotografia monocromática com a segunda fenda de largura constante durante a pose, nem sempre fica conhecido o isolamento com o rigor

necessário, registando-se por vezes, para algumas regiões do Sol, os fenómenos revelados por outra luz.

Para este estudo temos também aproveitado o espectro registador de velocidades descrito no capítulo anterior, que nos fornece ao mesmo tempo as velocidades radiais dos fenómenos solares relativamente às camadas atmosféricas de que nos temos ocupado. Para se conseguir uma interpretação mais completa das imagens monocromáticas das formas, figs. 25 e 26, é realmente de grande utilidade a imagem das velocidades radiais circular.

O método que seguimos para obtermos estas imagens é essencialmente o seguinte:

Depois de isolarmos a risca K_3 , alarga-se a segunda fenda. Afasta-se depois a face fixa da segunda fenda por meio do tambor graduado P_3 , fig. 12 capítulo II, de maneira a podermos observar os deslocamentos das riscas situadas na região do espectro isolado, tanto no sentido ultra-violeta como no sentido infra-vermelho. Colocada a imagem do Sol na posição conveniente na primeira fenda, imprimem-se deslocamentos sucessivos ao *chassis* que contém a chapa por meio do comutador a que nos referimos no capítulo anterior, e à lente por meio do tambor graduado M, fig. 16.

Para cada uma destas posições fotografa-se o espectro, que passa através da segunda fenda, sempre com a mesma pose que se obtém com o outro comutador que produz o funcionamento do obturador colocado em frente da primeira fenda.

A Est. IV representa a fotografia que obtivemos, pelo método que acabamos de descrever, em 2 de Julho de 1932 às 5^h e 40^m T. U.

Tirada num período de mínimo de actividade solar, a calma que se observa estende-se a quási todo o disco, e denuncia logo num primeiro exame, um tal período.

Para melhor se poder comparar com a imagem tirada com a risca K_3 pouco tempo antes, damos nas Figs. 29 e 30, as zonas, onde se encontram regiões faculares e manchas, que se correspondem sobre o disco nas duas fotografias, respectivamente das velocidades radiais e da risca K_3 .

Estas fotografias põem claramente em evidência que a imagem das velocidades radiais circular dá também indicações aproximadas quanto às formas dos diferentes elementos do Sol.

Apresentamos também nas figs. 31 e 32 as fotografias par-

ciais das velocidades radiais e do espectroheliograma obtido com a risca K_3 das imagens correspondentes a uma região do bordo solar onde se encontra uma protuberância.

Na fig. 31 observa-se o aspecto sinuoso da risca K_3 , a única nesta região do espectro emitida pela protuberância representada na fig. 32.

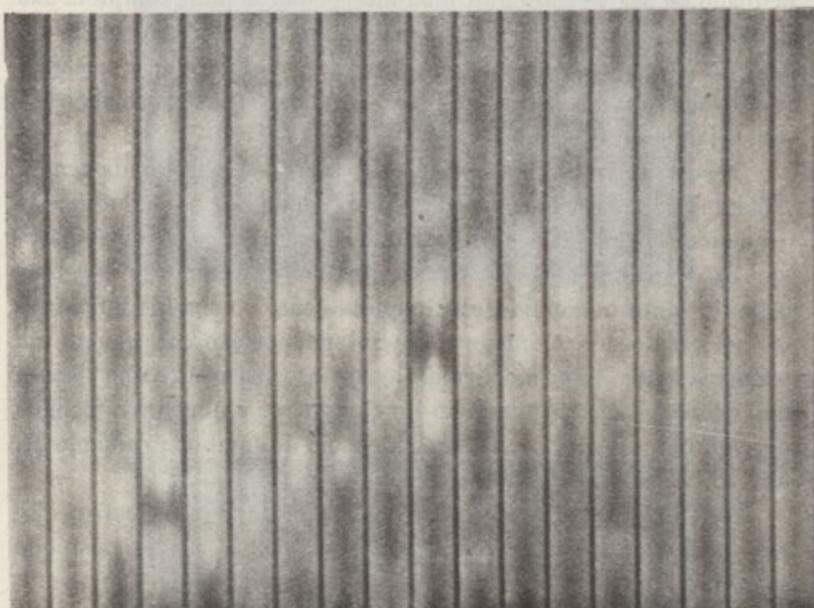


Fig. 29

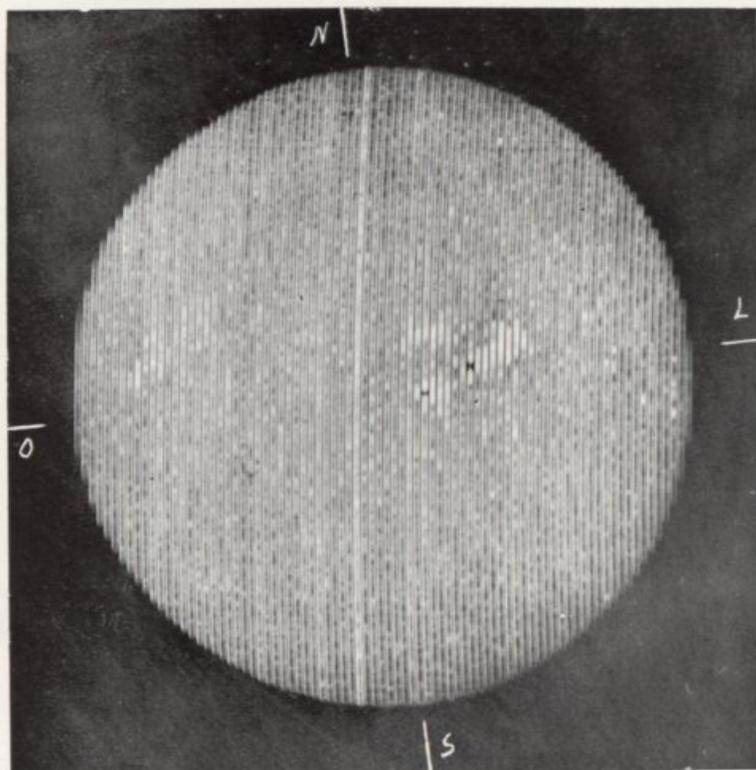
Nos pontos de maior velocidade a média das leituras indicou a velocidade de 15 quilómetros por segundo. Efectuámos as medidas a partir do bordo fixo da segunda fenda.

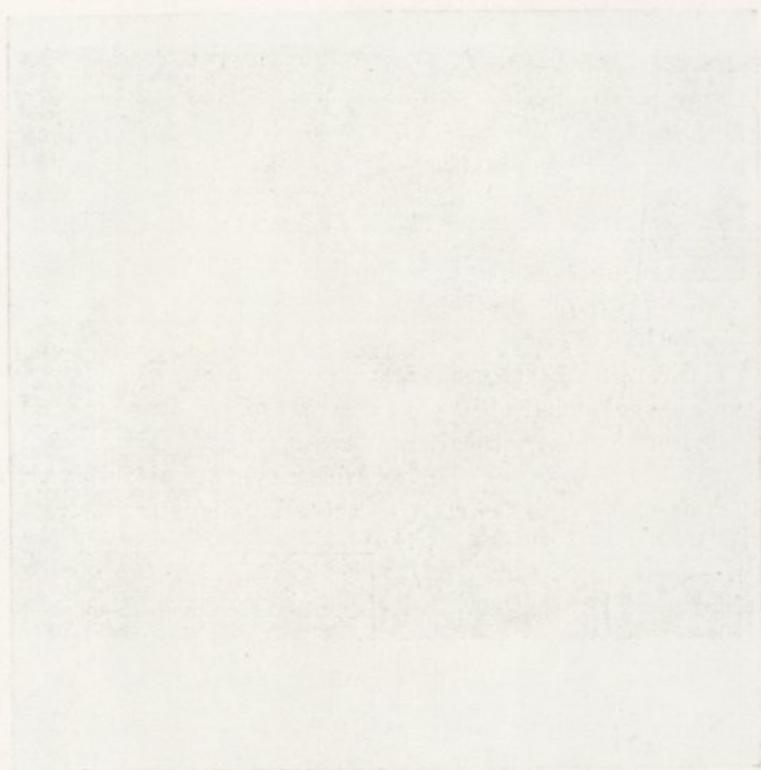
Nas figs. 33 e 34 representamos um caso análogo.

A fig. 35 mostra as variações da risca K_3 com as diferentes regiões da protuberância representada na fig. 36.

Para os casos em que é necessário recorrer a um espectro terrestre de comparação podemos colocar em frente da objectiva de projecção um arco voltaico junto a um condensador formado por uma lente.

Também estamos a reunir por meio das imagens das velocidades radiais os elementos necessários para o estudo da dissimetria das duas riscas K_2 . A observação dá um deslocamento





relativo de K_3 para o vermelho, o que está de acôrdo com os estudos de Deslandres e Saint John sôbre os movimentos verticais descendentes da camada superior relativamente à camada inferior dos vapores. As medidas, realizadas na região central do disco solar dão uma velocidade média da risca K_3 , em relação à risca K_2 , de três quilômetros por segundo.



Fig. 90

Medidas de grande precisão indicam um deslocamento geral das riscas do espectro para o lado do vermelho.

Segundo a teoria da relatividade generalizada de Einstein foi previsto um deslocamento geral das riscas sôbre todo o disco. Fazendo-se a correcção do efeito Einstein observam-se os deslocamentos característicos do efeito Doppler-Fizeau correspondentes aos movimentos de descida dos vapores elevados, e de ascensão dos vapores das camadas inferiores. De facto as riscas mais intensas são deslocadas para o vermelho e as mais fracas para o violeta. Êstes deslocamentos são proporcionais aos comprimentos de onda, que são máximos no centro do disco e tendem a anular-se para o bôrdo. O chamado efeito do bôrdo também introduz um deslocamento das riscas para o vermelho, devido à dissimetria introduzida pela difusão molecular.

Com efeito a difusão molecular será tanto mais forte quanto a espessura do vapor atravessado fôr maior.

Deve pois fazer-se sentir mais êste efeito junto do bôrdo, porque aqui os raios emitidos pelas camadas inferiores atravessam uma camada com uma espessura que cresce rapidamente.

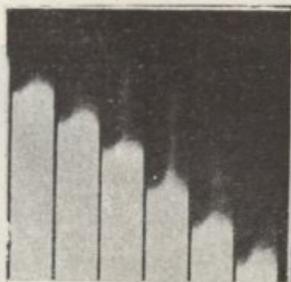


Fig. 31



Fig. 32

Para A. Unsöld a explicação das correntes verticais pode tornar-se independente da suposição de Saint John de que as riscas fracas pertencem aos níveis inferiores da cromosfera, e as riscas fortes aos níveis elevados.

A parte média de tôdas as riscas correspondente ao mínimo



Fig. 33



Fig. 34

de intensidade é, segundo A. Unsöld, produzida pelas camadas altas e os bordos das riscas pelas camadas baixas.

O efeito Doppler-Fizeau, devido às correntes verticais, introduz portanto uma dissimetria que produz um deslocamento relativo da parte média para o vermelho.

Conforme fôr mais larga ou mais estreita a risca, assim o observador aprecia o seu mínimo de intensidade, ou aponta ao centro.

As diferenças registadas não resultariam pois dos diferentes níveis de produção das riscas, mas sim da sua dissimetria.

Enquanto que, desde logo, foram relacionados os elementos mais característicos das camadas cromosféricas, as zonas escuras, talvez porque não tinham nada que lhes correspondesse nos fenómenos observados até então sobre o disco, ficaram por muito

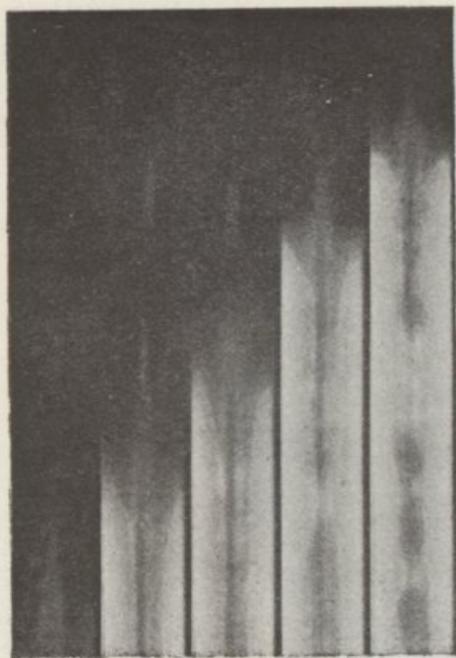


Fig. 35

tempo desligadas dos outros fenómenos. Logo que foi possível observá-las pelo isolamento da risca K_3 , H. Deslandres designou estas zonas por *filamentos*, atendendo apenas à sua característica. Com as imagens $K_{2,3}$, Hale e Ellerman referiam-se na mesma ocasião a estes fenómenos descrevendo-os como linhas escuras sobre o disco, elementos curiosos provindo muito provavelmente das camadas superiores, e designaram-os por *compridos foculi negros de cálcio*.

O aparecimento, por vezes observado, duma protuberância, depois dum filamento atingir o bordo solar nessa região, ou dum filamento, ao cortar o bordo uma protuberância, e mais tarde a observação, por meio do espectrógrafo registador das veloci-

dades, do comportamento paralelo entre os filamentos e as protuberâncias, levou a pensar que os filamentos poderiam ser considerados como sendo a projecção das protuberâncias sobre o disco.

As duas séries de fotografias reproduzidas nas figs. 1 e 2 Est. V, na Est. VI e figs. 38, 39, 40 em que reproduzimos os

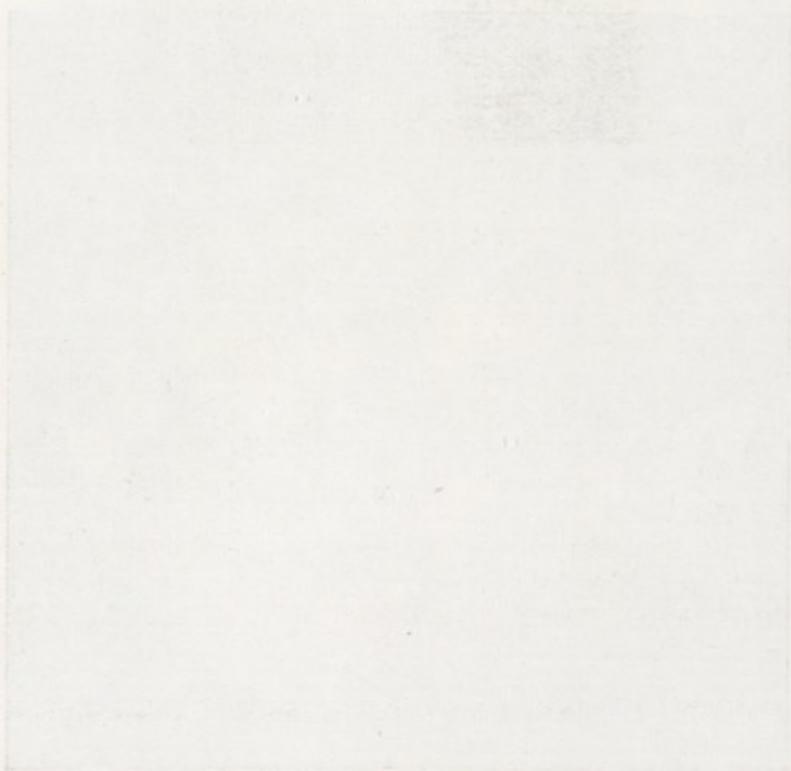


Fig. 38

espectroheliogramas da risca K_3 , efectuadas com o intervalo de 24 horas dá um exemplo deste paralelismo.

Nas Ests. V e VI vê-se entre N e L um filamento que se alarga e difunde rapidamente. Na fig. 37 desenhámos os três aspectos do contôrno deste filamento, correspondentes aos três dias, e também indicamos a sua localização no hemisfério solar.

As posições sucessivas ocupadas por este filamento nos três dias, estão designadas pelas letras *a*, *b* e *c*. Na posição *b* desenhámos o filamento na posição que deveria ocupar no terceiro dia, devido à rotação solar, e conservámos-lhe a forma que tinha na véspera. Vê-se pois na figura que, ocupando a posição *c*, no terceiro dia, o filamento teve um grande deslocamento relativo à



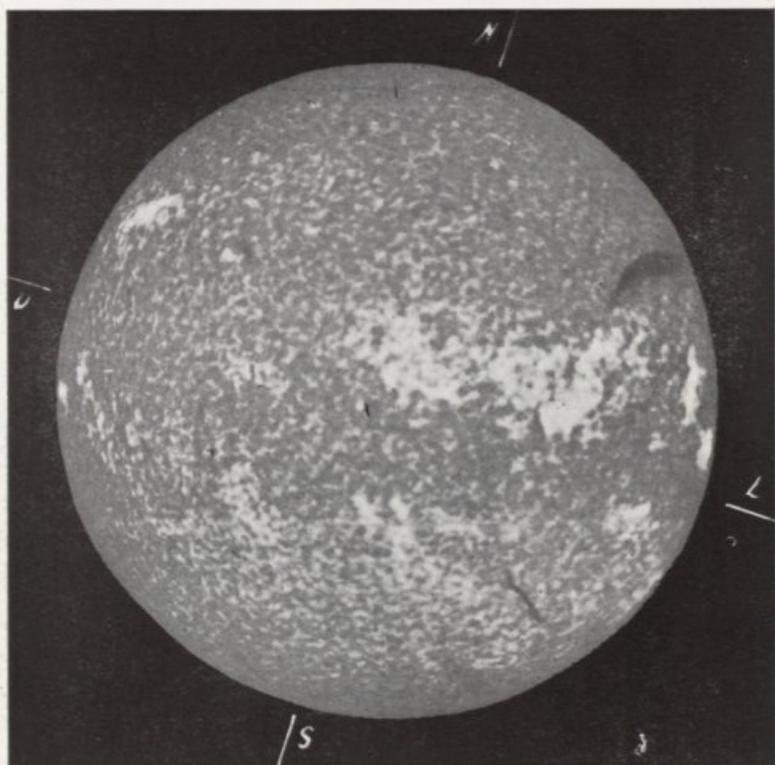


Fig. 1

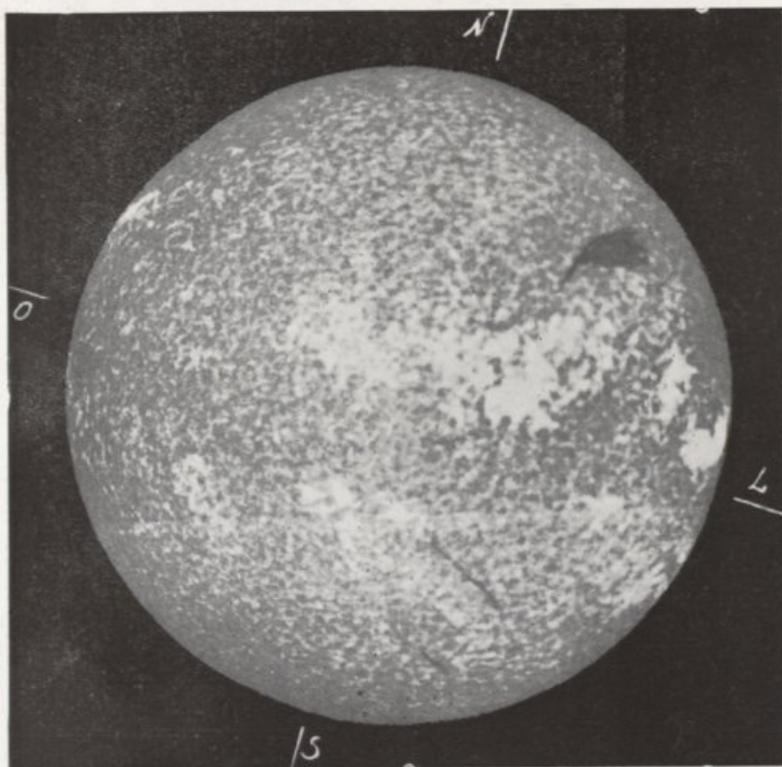
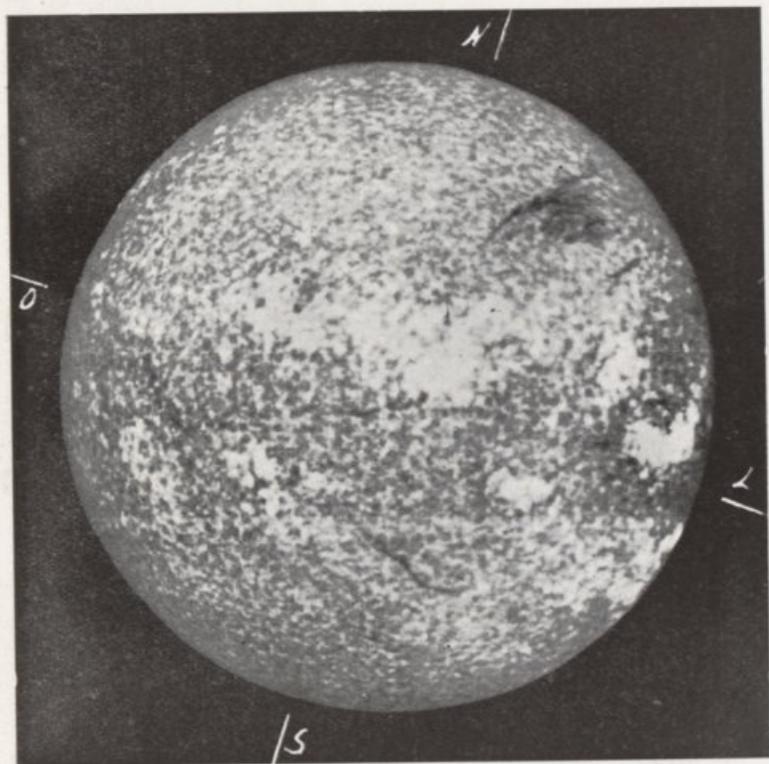
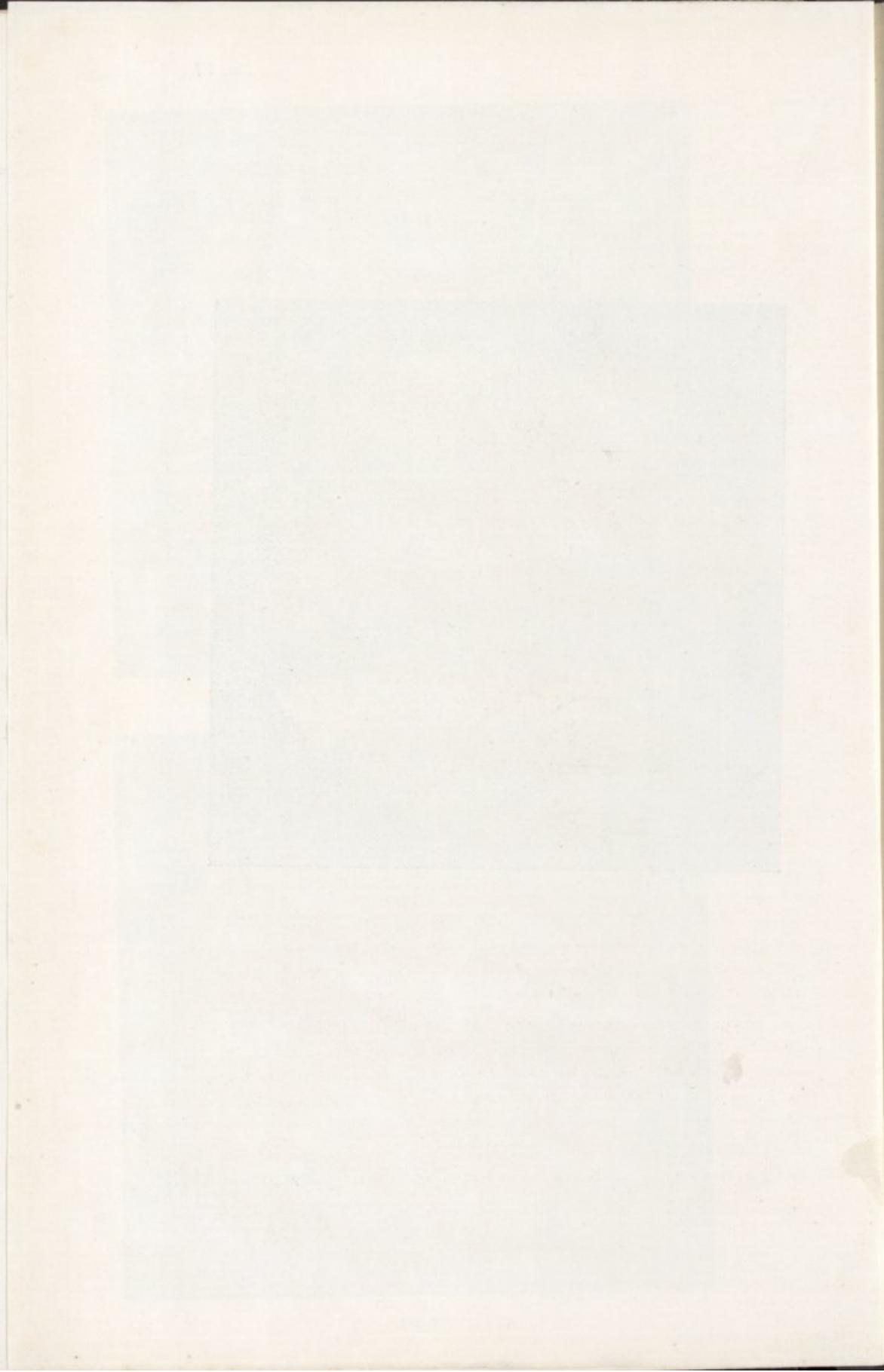


Fig. 2





superfície do Sol, modificando-se muito simultaneamente. Do lado Leste atingiu uma largura dupla da do dia anterior. A extremidade situada mais ao Norte, nas 24 horas, percorreu, sobre a superfície da cromosfera, em virtude da difusão do filamento, uma distância de 190.000 quilômetros.

Um fenómeno análogo tem lugar com a protuberância repre-

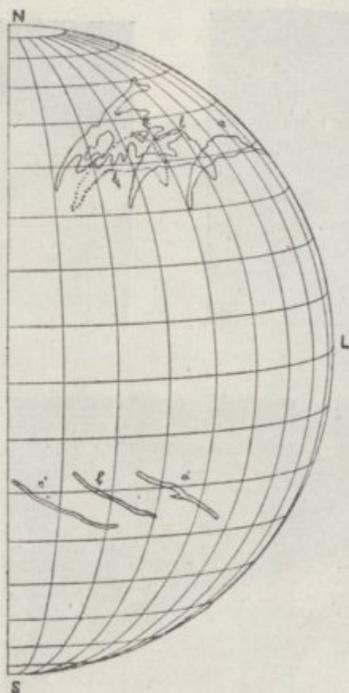


Fig. 37

sentada nas figs. 38, 39 e 40 que se eleva e reduz rapidamente. Estas três fotografias foram tiradas em três dias sucessivos.

Por outro lado o filamento situado ao Sul nas Ests. V e VI conserva durante os 3 dias a mesma configuração.

Na fig. 37 onde representámos as posições correspondentes d'este filamento verifica-se que a modificação operada foi devida à rotação do Sol. Igualmente se observam muitas protuberâncias onde a única variação de aspecto é apenas devida à rotação do Sol.

H. Deslandres escreveu em 1905 que por vezes a base da protuberância se prolongava através do bordo para o interior do

disco, mas acrescentava que a protuberância não estava exactamente no seu prolongamento. Ficava assim demonstrada claramente a necessidade de se procurarem as relações entre estes dois fenómenos.

L. d'Azambuja prosseguiu mais tarde nestes estudos tendo obtido já resultados muito importantes.



Fig. 38



Fig. 39



Fig. 40

Quando tive de estudar de novo os espectrogramas efectuados no Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra com a risca K_3 , com o fim de desenhar em verdadeira grandeza nas imagens planificadas, adoptadas nos *Anais* deste Observatório, os fenómenos revelados pela risca K_3 , procurei logo verificar esta relação que já tinha sido indicada pela primeira vez como consequência da observação das imagens obtidas no Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra. Para esta investigação tenho adoptado o seguinte método:

Estudo minuciosamente, em todas as imagens que se prestam,

as transformações que se operam à medida que as protuberâncias contornam o disco solar, tanto na sua entrada como na saída, ao mesmo tempo que na região do disco se observa o fenómeno *filamentoso*. Comparo então em dias sucessivos a fotografia no próprio negativo, única imagem que em geral dá os pormenores nitidamente, com a imagem no positivo coberto com os círculos e os raios traçados de 10° em 10° sobre o hemisfério projectado, fig. 42, e com a imagem planificada correspondente, fig. 43. A primeira zona a partir da periferia leva à pormenorização da

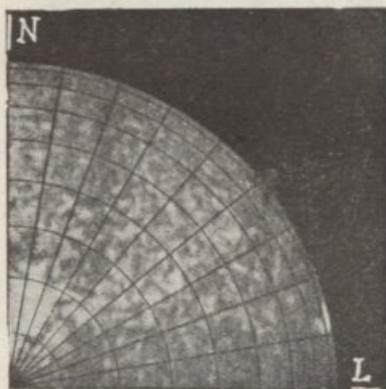


Fig. 41

base das protuberâncias no momento em que começam a contornar o bordo solar, pormenorização indispensável para se desenhar esta base em verdadeira grandeza na primeira zona de 10° das imagens planificadas.

Na primeira imagem de 1 de Janeiro de 1929 pude logo efectuar este estudo para a protuberância situada no sector N L, figs. 41 e 42. Pelo processo acima pude verificar, como mostram as duas figs. 41 e 42, que as regiões de maior absorção da protuberância junto ao bordo são continuadas por filamentos em pontos diferentes da protuberância e que os filamentos correspondentes desenhados em verdadeira grandeza na primeira zona de 10° , fig. 42, eram os que apareciam a formar os filamentos depois da protuberância ter desaparecido por ter passado completamente para a parte interior do disco em virtude da rotação do Sol. Verifiquei também que as regiões da protuberância que em geral vão formar o filamento, são aquelas que têm mais

intensidade. É por este motivo que algumas linhas mais escuras visíveis pela sua posição dentro da protuberância nos mostram logo por contraste o que depois da rotação vai ser um filamento quando a protuberância aparece a Leste. A zona periférica da protuberância quando dá lugar ao aparecimento dum filamento, é que em virtude da luz difusa do céu dá aspectos muito diversos, fazendo, pelo efeito do contraste, diminuir gradualmente a sua

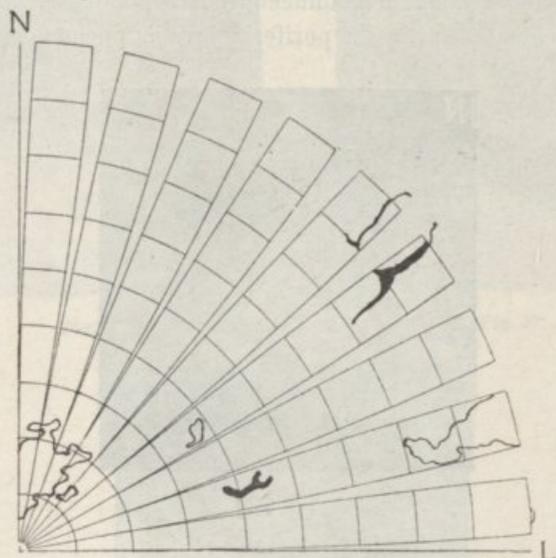


Fig. 42

intensidade a partir da protuberância para o exterior; é este efeito de contraste que dá muitas vezes a impressão do filamento ser mais largo do que a região da absorção que está na sua continuação para o lado da protuberância, e quando o estrangulamento é grande apresenta-se o caso, que segundo o que acabamos de explicar é apenas aparente, do filamento não ficar na continuação da protuberância.

Outro caso mais importante que observámos também por este processo, consiste no facto de que as partes mais luminosas da protuberância entram algumas vezes no disco solar de maneira a serem vistas também em projecção. A fig. 43 reproduz uma das muitas fotografias do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra em que foi observado este fenómeno.

Além destes casos extremos, tivemos ocasião de observar já

muitos casos intermediários (só bem visíveis nos negativos) sendo portanto muito variável a nitidez com que se apresentam estes fenómenos. Nos casos de pequena elevação da protuberância, pode aparecer na periferia um filamento sem que tenha sido pre-



Fig. 43

cedido por uma protuberância. Basta, para se dar este caso, que o limite da protuberância, pouco elevada, seja formado por massas de absorção onde se dê o fenómeno de degradação luminosa.

Num filamento de 1 de Janeiro de 1929 situado entre N e O



Fig. 44

dá-se em diferentes pontos o caso em que pelo efeito da difusão, só um exame especial acompanhado do estudo que tome em consideração o efeito Doppler-Fizeau permite verificar que se trata duma região filamentosa observando-se nos referidos pontos, ainda que um pouco modificada, apenas a rêde cromosférica. Em tais regiões pode ter lugar o aparecimento, pela rotação do Sol, duma protuberância sem que tenha havido o prévio prolongamento da protuberância por um filamento.

A protuberância representada na figura 44 a qual foi fotografada no dia 20 de Fevereiro de 1928 às 9^h 42^m T. U., prolonga-se até à periferia apenas por umas colunas de vapor muito finas e pouco intensas. A primeira coluna a partir da base situada do lado esquerdo dá um exemplo do efeito de contraste e da importância que pode ter a duração da *pose* na interpretação destes fenómenos.

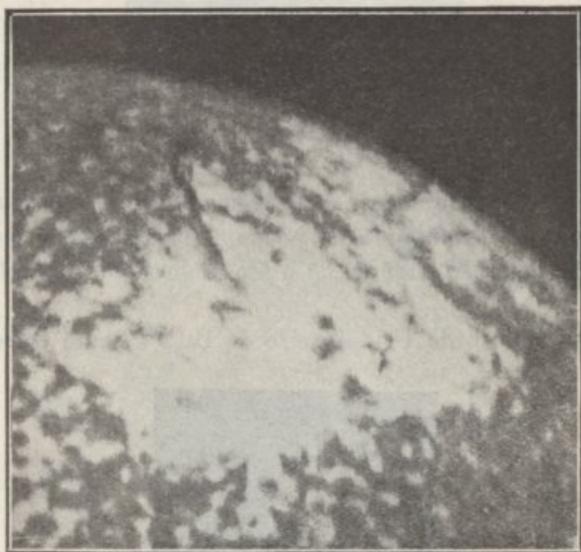


Fig. 45

Mesmo esta *pose* já mal define a primeira coluna de vapor considerada e só no negativo se pode verificar, examinando a chapa com lupa, que esta coluna é prolongada por um filamento.

Uma *pose* um pouco menor, que seria suficiente atendendo ao aspecto geral da imagem monocromática, não deixaria ver a coluna de vapor que sai da parte triangular da protuberância, e portanto os prolongamentos desta protuberância por filamentos.

Junto da periferia do disco solar onde se encontra a protuberância, fig. 44, os filamentos são vistos sobre uma camada com o aspecto que apresenta em geral a rêde cromosférica na região pouco antes ocupada por regiões faculares.

Esta camada apresenta uma elevação que se observa quasi sempre que uma região facular atravessa a periferia. A média

das medidas que efectuámos permitiu-nos avaliar em 16.000 quilómetros a altura máxima da camada em frente da protuberância acima do nível médio atingido neste dia pela cromosfera. Como por outro lado esta elevação está rodeada por uma região facular, esta figura permite-nos portanto ver em altura a estrutura duma região agitada aonde se encontram diferentes filamentos no prolongamento das diferentes colunas de vapor que ligam a protu-

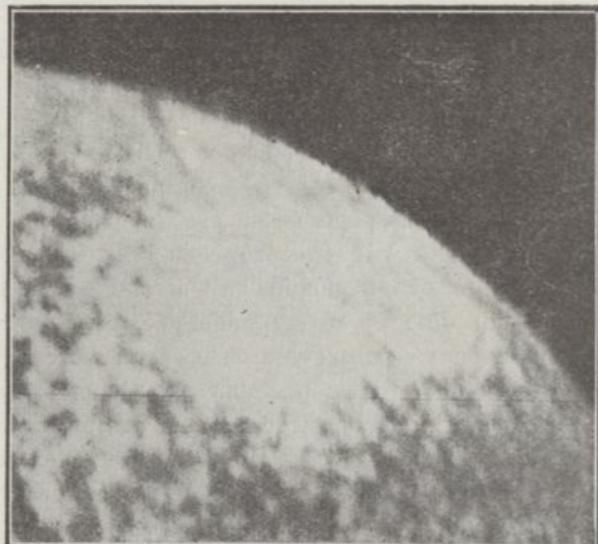


Fig. 46

berância à cromosfera, num local aonde está a desfazer-se uma região facular.

Encontrámos também muitas vezes, no estudo sistemático das imagens arquivadas no Observatório, um caso que pode dificultar as comparações com os fenómenos terrestres pela dificuldade de identificar o fenómeno solar.

Isto dá-se quasi sempre que os filamentos são vistos em projecção numa região facular, onde não se dá o contraste que permite identificá-los facilmente projectados na rede cromosférica.

Quando podemos seguir este fenómeno durante a rotação solar, a relação, a que já nos referimos, entre as protuberâncias e os filamentos, permite-nos identificar o filamento projectado sobre a região facular da maneira seguinte. Formamos na imagem

planificada os filamentos correspondentes à base da protuberância que aparecem quando a região facular a estudar atravessa o bordo do Sol.

Desta maneira pode verificar-se que estes filamentos, que formaram a protuberância, eram os que no dia anterior se encontravam sobre a região facular, o que nos permite identificar o filamento.

As fotografias das figs. 48 e 49 tiradas com a risca K_3 mostram um destes casos.

Todos estes fenómenos observados na atmosfera solar estão sujeitos a variações enquanto ao seu número e dimensões, diferenciando ainda na maneira porque se passam estas transformações.

Nos mínimos de actividade solar nos quais semanas seguidas se não vêem regiões fáculares e por isso também faltam as manchas, vêm-se sempre as protuberâncias.

Na fig. 1 da Est. VII onde reproduzimos uma fotografia tirada no Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra no dia 13 de Maio de 1933 correspondente às camadas elevadas da cromosfera apenas se observa a rede cromosférica.

Vêm-se contudo grandes protuberâncias como a representada na Est. VII fig. 2. Esta protuberância foi fotografada num destes dias de mínimo de actividade solar. É uma extensa protuberância que ocupa 200.000 quilómetros na periferia do disco com uma altura média de 45.000 quilómetros.

A ampliação, Est. VIII, de parte da região central do espectroheliograma representado na Est. VII, fig. 1, foi aproveitada para efectuarmos algumas medidas na rede cromosférica. A largura média das malhas é de cerca 40.000 quilómetros. Os flóculos são compostos por outros mais pequenos com um diâmetro médio de 5.000 quilómetros.

O intervalo das malhas também apresenta uma estrutura granulosa em que os grãos têm um diâmetro médio de 3.000 quilómetros e se encontram pouco afastados como na fotosfera.

Pela maneira como aparecem relacionados e pelas correntes que as velocidades radiais revelam, todos estes fenómenos solares deverão ser considerados como manifestações locais dum fenómeno mais geral cuja causa ainda não foi possível determinar.

Para esta investigação é fundamental, como sempre se tem reconhecido, uma observação o mais contínua possível. Aos registos diários das manchas a que já nos referimos, em devida

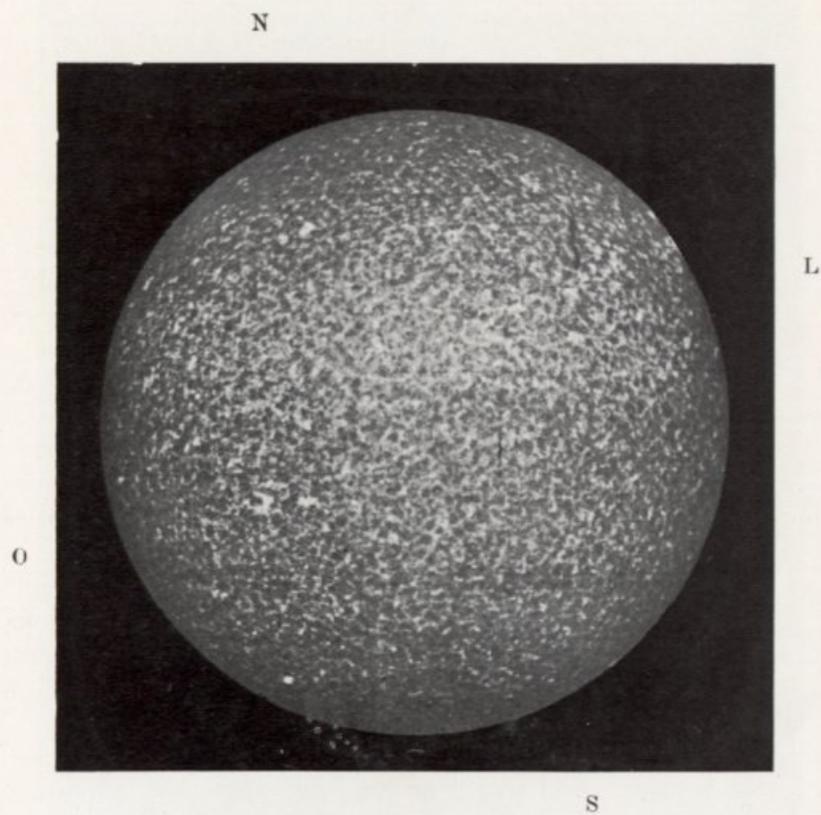
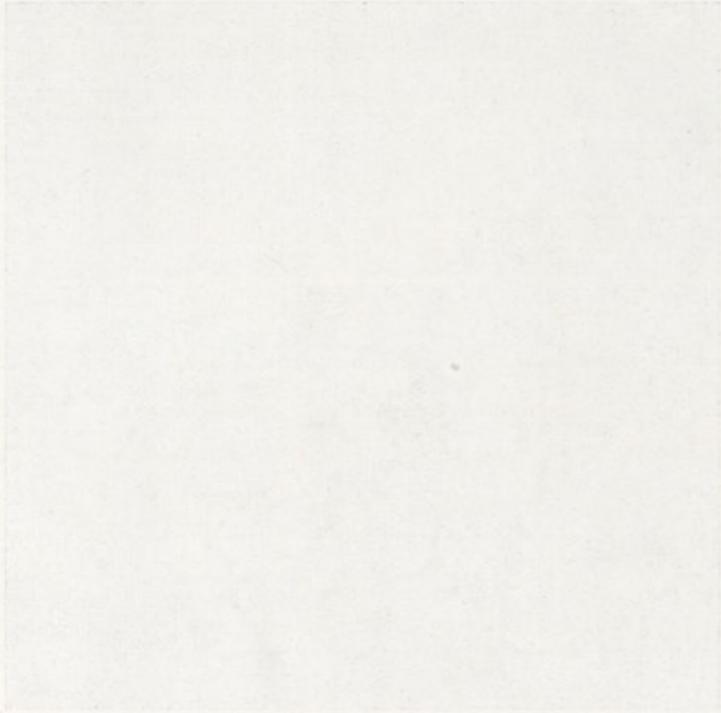
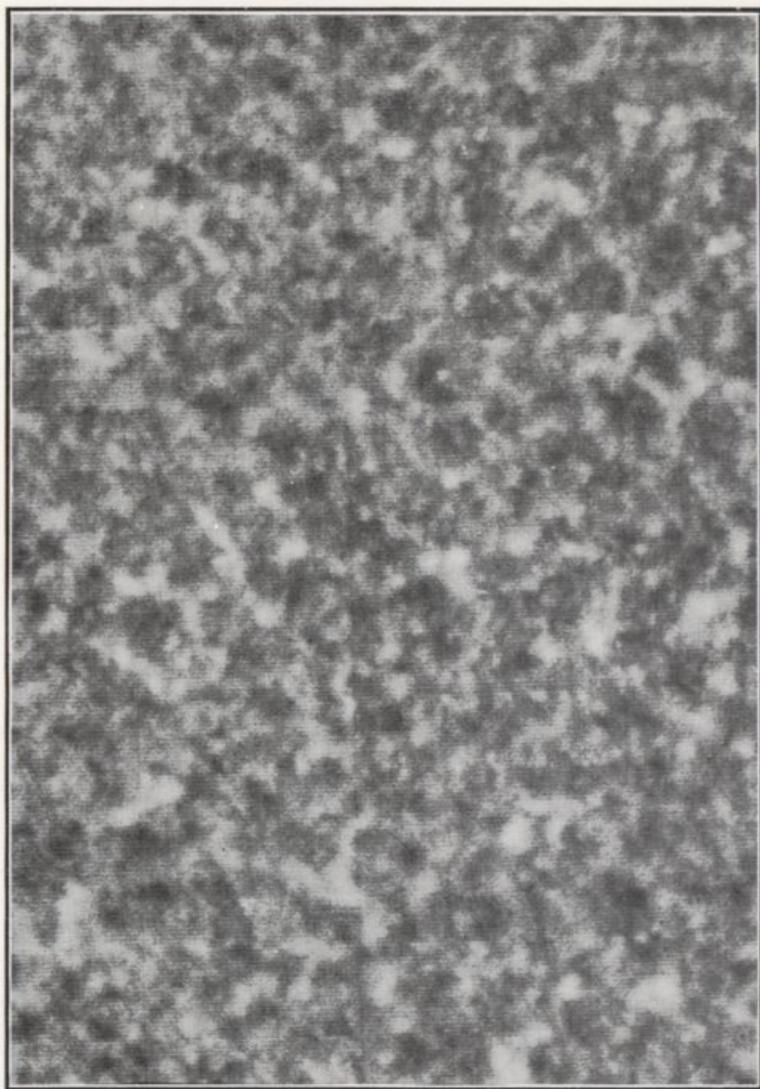


Fig. 1



Fig. 2





The first of these is the fact that the medical profession is a profession. It is a profession because it is a vocation, a calling, a service to society. It is a profession because it is a learned profession, one that requires a long and arduous study and training. It is a profession because it is a self-governing profession, one that is responsible to its own members and to the public. It is a profession because it is a profession of honor, one that is held in high esteem by society.

The second of these is the fact that the medical profession is a profession of service. It is a profession of service because it is a profession that is dedicated to the service of the patient. It is a profession of service because it is a profession that is dedicated to the service of the community. It is a profession of service because it is a profession that is dedicated to the service of the world.

The third of these is the fact that the medical profession is a profession of responsibility. It is a profession of responsibility because it is a profession that is responsible for the health and well-being of the patient. It is a profession of responsibility because it is a profession that is responsible for the health and well-being of the community. It is a profession of responsibility because it is a profession that is responsible for the health and well-being of the world.

The fourth of these is the fact that the medical profession is a profession of integrity. It is a profession of integrity because it is a profession that is dedicated to the highest ethical standards. It is a profession of integrity because it is a profession that is dedicated to the highest moral principles. It is a profession of integrity because it is a profession that is dedicated to the highest values.

The fifth of these is the fact that the medical profession is a profession of excellence. It is a profession of excellence because it is a profession that is dedicated to the highest quality of care. It is a profession of excellence because it is a profession that is dedicated to the highest standards of performance. It is a profession of excellence because it is a profession that is dedicated to the highest achievements.

The sixth of these is the fact that the medical profession is a profession of compassion. It is a profession of compassion because it is a profession that is dedicated to the care of the most vulnerable members of society. It is a profession of compassion because it is a profession that is dedicated to the care of the most disadvantaged members of society. It is a profession of compassion because it is a profession that is dedicated to the care of the most suffering members of society.

The seventh of these is the fact that the medical profession is a profession of courage. It is a profession of courage because it is a profession that is dedicated to the service of the patient in the face of adversity. It is a profession of courage because it is a profession that is dedicated to the service of the community in the face of crisis. It is a profession of courage because it is a profession that is dedicated to the service of the world in the face of disaster.

The eighth of these is the fact that the medical profession is a profession of hope. It is a profession of hope because it is a profession that is dedicated to the search for new and better ways to care for the patient. It is a profession of hope because it is a profession that is dedicated to the search for new and better ways to care for the community. It is a profession of hope because it is a profession that is dedicated to the search for new and better ways to care for the world.

The ninth of these is the fact that the medical profession is a profession of love. It is a profession of love because it is a profession that is dedicated to the service of the patient with a loving heart. It is a profession of love because it is a profession that is dedicated to the service of the community with a loving spirit. It is a profession of love because it is a profession that is dedicated to the service of the world with a loving soul.

The tenth of these is the fact that the medical profession is a profession of faith. It is a profession of faith because it is a profession that is dedicated to the service of the patient with a firm belief in the power of medicine. It is a profession of faith because it is a profession that is dedicated to the service of the community with a firm belief in the power of science. It is a profession of faith because it is a profession that is dedicated to the service of the world with a firm belief in the power of humanity.

altura, vieram juntar-se mais recentemente os registos desta nova série de fenómenos da atmosfera do sol cujo estudo se tornou possível depois da aplicação da espectroscopia aos eclipses totais do Sol.

Iniciados porém estes estudos há poucos anos são muitas ainda as modificações que vão sendo introduzidas nos métodos de observação. Também com as recentes convenções introduzidas, pela União Internacional Astronómica, na maneira de se aproveitarem os dados da observação para a estatística, nem sempre é possível basearmo-nos nela, desde já, para a interpretação do que se passa no Sol, bem como deduzir já das estatísticas a influência do Sol sobre a terra, por exemplo: no clima, magnetismo, electricidade, auroras boreais, etc. Bastará atender aos períodos undecenais de actividade já conhecidos para se reconhecer que muitas das deficiências notadas nestas estatísticas resultam de não se estenderem ainda a um intervalo de tempo suficientemente grande.

Nas estatísticas publicadas até agora por alguns observatórios: Meudon, Greenwich, Mount-Wilson, Cambridge, Stonyhurst, Kodaikanal, Zürich, Ebro, Arcetri, Catania, Madrid, Coimbra, etc., encontram-se contudo, extensos registos que têm facilitado o exame de muitos problemas.

O estudo sistemático dos espectroheliogramas efectuados no Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra onde desde 1926 se devem ter arquivado cerca de quatro mil chapas já contribuiu para a elucidação de alguns fenómenos.

Dalgumas conclusões apresentadas neste capítulo, resulta que o desacôrdo manifestado nalguns casos isolados, entre os fenómenos solares e terrestres, deverá provir muitas vezes da maneira muito diferente por que se comportam alguns fenómenos da atmosfera solar a-pesar-de terem configurações muito semelhantes, configurações a que na estatística internacional se dá o nome de «figuras características dos fenómenos solares».

A variação para um ano, com base nas observações feitas com o intervalo de 24 horas, quando se reünem os dados fornecidos por diferentes observatórios, oferece também algumas dificuldades não sendo comparáveis os espectroheliogramas para um mesmo dia pelo número grande de horas que separa alguns observatórios.

De facto neste caso a variabilidade das «figuras características» pode introduzir modificações sensíveis.

Um outro facto importante que pode impedir igualmente a comparação dos fenómenos solares é o grau de pureza das imagens monocromáticas cujo aspecto pode variar sensivelmente com pequeníssimas variações na posição e abertura da segunda fenda.

Para as regiões de grande agitação onde a duração do fenómeno é por vezes muito fugaz, tem uma aplicação especial o «espectrohelioscópio» montado por Hale em 1926 e do qual este astrónomo deu uma descrição em 1924. Por meio desta nova disposição pode formar-se a imagem dum risca no plano da primeira fenda e no seu prolongamento; por meio dum motor imprime-se simultaneamente uma pequena oscilação à primeira fenda e à segunda fenda isoladora. Desta maneira, visto que se conserva o mesmo comprimento de onda em frente da segunda fenda, e em virtude da persistência das imagens na retina, o observador munido dum ocular vê os fenómenos cromosféricos situados no campo percorrido pela primeira fenda. Foram organizadas depois outras disposições e no Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra procede-se neste momento à instalação dum espectrohelioscópio por meio dum nova adaptação adoptada para o seu espectroheliógrafo.

Com este novo aparelho poderão pois seguir-se mais amudadas vezes os fenómenos cromosféricos, o que foi desde logo possível para os fenómenos fotosféricos.

Pela medida do ângulo de que é necessário fazer girar um prisma que permite realizar a coincidência dum risca com a fenda isoladora, é possível, pelo espectrohelioscópio de Hale, determinar as velocidades radiais.

Como já escrevemos neste trabalho, na investigação da natureza dos fenómenos solares, é necessário atender sempre à dependência com que se nos apresentam. Tem por este motivo também grande importância a possibilidade de se realizar o estudo da coroa solar fora dos eclipses totais como Lyot demonstrou em 1931, o que nos permite esperar que teremos de futuro diariamente o elemento que ainda faltava, a chamada atmosfera exterior do Sol. Com a disposição de Lyot torna-se possível a observação das protuberâncias e da cromosfera sem o auxílio do espectrohelioscópio.

Os instrumentos do género do espectroheliógrafo do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra têm pois ainda

um grande e longo papel a desempenhar para nos fornecerem os documentos, com a maior pureza possível, da distribuição nas diferentes camadas da atmosfera solar, dos vapores que a constituem. Só podem dar realmente fotografias nestas condições os espectroheliógrafos de grande potência que permitam obter imagens suficientemente grandes e fortes dispersões.

GUMERSINDO SARMENTO DA COSTA LÔBO.

...the ... of ...

Índice

Pág.

+ Doutoramento do lente da Escola Naval e professor catedrático contratado da Universidade de Coimbra VÍTOR HUGO DE AZEVEDO COUTINHO . . . <i>M. A. Silva</i>	1
+ «Les valeurs absolues de la mobilité des ions gazeux dans le gaz pur» (MÁRIO A. DA SILVA)	9
Sur la théorie quantique de l'interaction entre le rayonnement et la matière (W. WESSLE)	12
+ Sur la charge électrique du recul radioactif (MÁRIO A. DA SILVA)	39
+ O emissor de T. S. F. do Laboratório de Física da Universidade de Coimbra (J. TEIXEIRA LOPES)	44
+ L'ionisation dans l'hydrogène très pur (MÁRIO A. DA SILVA)	50
+ Novos estudos cariológicos no género «Narcissus» L. (ABÍLIO FERNANDES)	53, 163 e 299
+ Granitos e formações precâmblicas portuguesas (A. FERREZ DE CARVALHO)	120
+ A astronomia da actualidade e a Assembleia Geral da «União Internacional Astronómica» (F. M. DA COSTA LÓBO)	125
+ O índice facial superior dos portugueses (DR. EUSÉBIO TAMAGNINI)	243
+ Expressão do resultado da análise de uma água mineral (EGAS F. PINTO BASTO)	261
+ Crânio de um soba quioco da região do Saurimo, Lunda (DR. BARROS E CUNHA)	355
+ Relatório apresentado à Junta de Educação Nacional (JOSÉ ANTÓNIO MADEIRA)	361
? + O Moliço da Ria de Aveiro (AMÉRICO LEMOS)	416
+ Instrumentos espectroheliográficos e sua aplicação ao estudo da atmosfera solar (GUMERSINDO SARMENTO DA COSTA LÓBO)	435

AVISO

Tôda a correspondência relativa à redacção deve ser dirigida à Direcção da Faculdade de Ciências, com a indicação de que se refere à REVISTA.