

Na parte 1 apresentamos a preparação indispensável da observação do Sol e os fenómenos observáveis. Desta vez metemos mãos a obra, aprofundámos o Sol observável com meios acessíveis a qualquer amador, o seu registo e projectos, quer individuais quer de colaboração.

Por: Grom D. Matthies
Teresa M.Silva

Dezembro 1610, manhã

"Apontei o telescópio para o sol; este parece ter muitas irregularidades e rugosidades, mesmo por volta do limbo. Enquanto olhei atentamente apareceu-me inesperadamente uma mancha relativamente grande em relação ao tamanho do corpo do sol. (...) chamei o meu pai (...) Ambos começámos a captar a luz do sol com o telescópio, partindo do limbo avançámos cada vez mais para o centro, até os nossos olhos se terem habituado ao brilho e nos permitirem ver todo o disco solar. E ali observámos o objecto com mais nitidez e certeza. (...)

Este é um extracto do relato da descoberta das manchas solares como um fenómeno real do sol. Johannes Fabrizius relatou esta observação no seu manuscrito "Narratio de maculis in sole observatis et apparente earum cum sole conversione" dedicada ao seu patrocinador em 13 de Junho de 1611. Mesmo Galileu já tinha avistado as manchas em Agosto de 1610, mas não deu importância suficiente e, ao contrário dos seus hábitos, não publicou esta descoberta.

Mas é graças ao padre jesuíta Christoph Schneider, outro contemporâneo daqueles anos, que o sol foi alvo de uma pesquisa detalhada da sua actividade enquanto o mundo de então se debatia sobre a superfície supostamente imaculada do sol. Foi Schneider que conseguiu, após a descoberta da montagem equatorial, efectuar a medição da posição das manchas solares, determinar a inclinação do eixo do sol em relação a eclíptica e o tempo da rotação solar, entre outros .

Entretanto o nosso conhecimento do sol melhorou drasticamente. A segunda metade do século XX revelou não só os pormenores da superfície visível, mas também a sua atmosfera exterior e a estrutura das suas camadas interiores. Este conhecimento serviu e ainda serve como

fundamento da nossa compreensão das estrelas, sois tais como o nosso, da sua composição, vida e morte.

A Odisseia de um grupo de mancha

9 de Abril: Perto do limbo do hemisfério Norte apareceu um grupo novo bipolar pouco desenvolvido sem penumbras extensas (class. C).

12 de Abril: O grupo começou a demonstrar mais actividade, novas manchas e poros apareceram ao longo do dia. (class. C)

13 de Abril: O grupo (class. D) continua a produzir manchas e mais manchas entre as duas manchas principais. A mancha precedente (mancha-p) aumentou bastante formando pontes dentro da umbra, mas a mancha seguidor (mancha-f) mantém-se pouco desenvolvida.

17 de Abril: O grupo continua a aumentar de tamanho e mais ainda o número de manchas contidas nele. A polaridade (manchas p/f) é pouco acentuada. (class. E)

5 de Maio: O grupo apareceu outra vez, iniciando a sua segunda volta na face visível (provavelmente há dois dias), maior que nunca mostrando uma penumbra enorme salpicada de manchas mas com pouca definição da polaridade. (class. F)

9 de Maio: O grupo está em plena desintegração. Apenas uma mancha mostra uma penumbra larga, de resto só pequenas manchas em redor (class. H)

11 de Maio: Pouco resta do grupo que teima de passar para o tipo H estável que podia durar ainda outra volta ao sol e tende, em vez, abreviar a sua vida como um aglomerado tipo B(III).

13 de Maio: O grupo está a acabar perdeu a sua polaridade e quase todas as penumbras (class. A?/antiga classe J).

Classificar manchas

Os distúrbios do campo magnético e por consequência do transporte de energia e material (convecção) no sol, exprime-se na sua superfície pela formação de uma extensa área de fáculas e muitas vezes de uma ou várias manchas juntas (grupo). Estes distúrbios podem ser de curta duração (90% apenas duram uns dias) mas os mais acentuados mantêm-se durante semanas, por vezes durante meses, e com eles a sua contraparte visível, as manchas.

Ao nascer, um grupo de manchas é pequeno, pouco desenvolvido, com manchas sem penumbras, mas ao longo da sua vida sofre transformações quase diárias. No caso ideal, o grupo torna-se mais extenso, criando dois focos de manchas principais com dezenas de manchas pequenas entre elas. No auge da sua máxima extensão possível, que pode ser atingida num prazo de meros 10 dias ele apresenta manchas com umbras muito acidentadas e penumbras extensas. No declínio da sua existência, o grupo perde manchas e extensão, formando uma mancha sólida com penumbra bem definida, que pode permanecer visível durante uma ou duas rotações do sol, sem perder qualidade. Por fim, o grupo se desfaz após de se transformar numa pequena mancha quase insignificante.

Este circuito da vida de um grupo de manchas foi classificado e estudado em profundidade pelo astrónomo suíço M.Waldmeier.

O esquema de Waldmeier, ou seja a classificação dos grupos e do seu

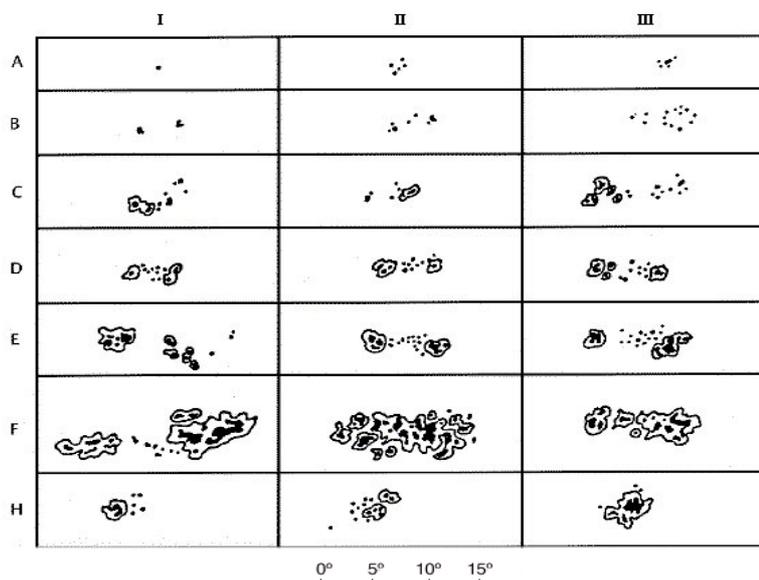


Fig 1: Esquema de Waldmeier modificado (McIntosh/Sol.Physics 1990) para classificar os grupos das manchas (modelo usado pelo SIDC-ver texto)

desenvolvimento foi internacionalmente aceite e após uma pequena modificação, aplicado deste então. A figura 1 apresenta o esquema de Waldmeier actualmente utilizado pelo organismo central mundial. Nisso, um grupo de manchas pode-se desenvolver desde do tipo A ou B sequencialmente por todas as escalas até ao seu desaparecimento como grupo H ou A. Embora muitos grupos tem a tendência de retroceder ao meio da sua vida e desaparecem sem grande pompa.

Qualificação dos grupos de manchas (modelo do Solar Index Data Center - SIDC)

- A – Uma mancha ou grupo de manchas unipolar. O estado inicial ou final da evolução
- B – Grupo de manchas bipolar sem penumbras.
- C – Grupo de manchas bipolar. Uma mancha deve apresentar uma penumbra.
- D – Grupo de manchas bipolar com penumbras em ambos os lados do grupo. Extensão < 10°
- E – Grupo de manchas bipolar com penumbras em ambos os lados. Extensão longitudinal entre 10° até <15°
- F – Grupo de manchas bipolar alongado com penumbras em ambos os lados. Extensão longitudinal acima de 15°
- H – Um grupo de manchas unipolar com penumbra.

Manchas bipolares

Como um ímã, o distúrbio do campo magnético apresenta dois pólos distintos e interrompe a superfície do sol em dois locais próximos um do outro. Normalmente um grupo é composto por duas manchas predominantes representando esta polaridade. Por este motivo, um grupo bipolar do tipo B deve ser considerado a forma típica de uma turbulência.

A mancha principal de um grupo bipolar é a que por defeito, segue em primeiro lugar no sentido da rotação do sol e é designada mancha-p (preceeding). O seu pólo oposto é designado mancha-f (following) e muitas vezes é menos desenvolvido.

Com o crescimento do grupo as manchas p e f tendem a separar-se demonstrando claramente movimento próprio, podendo o grupo abranger 1/1000 da superfície do sol. No fim do seu desenvolvimento a mancha-f desaparece, deixando apenas a mancha-p, que muitas vezes volta lentamente para a posição heliográfica ocupada pelo grupo inicial aquando do seu nascimento.

Sugestão de observação

Material:

- Instrumento com filtro solar adequado*
- Caderno A5 quadriculado*
- Lápis HB*
- Lápis de cor*

Num caderno A5 quadriculado de cerca 80-100 páginas numere as páginas e com um compasso desenhe em cada página impar (a da direita) 3 círculos com diâmetro aprox. de 6 cm, deixando as últimas 10 páginas livres para um resumo anual.

Cada círculo representa a superfície do sol para um dia de observação.

As observações devem ser feitas sempre com a mesma e única amplificação, em que o disco do sol preenche cerca 3/4 do campo de visão aparente.

Cada vez que fizer uma observação, assinale primeiro com rigor e máxima exactidão as posições dos grupos e manchas principais e, com outra cor (vermelho ou amarelo)

preencha as zonas e forma aproximada das fáculas visíveis. De seguida observe os grupos (sem aumentar a amplificação) e assinale as manchas individuais, desenhando também as penumbras das manchas principais.

Ao lado do círculo com o desenho aponte a data e hora, o indicador da estabilidade do ar e da nitidez da imagem (escalas de 1 a 5, sendo 1 melhor) comentários sobre o que observou (flare de luz branca, poros múltiplos, desenvolvimento específico, etc.)

De seguida classifique os grupos existentes conforme o esquema de Waldmeier e registre no próprio desenho o tipo de classificação. Atenção: Grupos que aparecem no limbo este não podem ser classificados até a rotação do sol a permite ver na sua extensão completa.

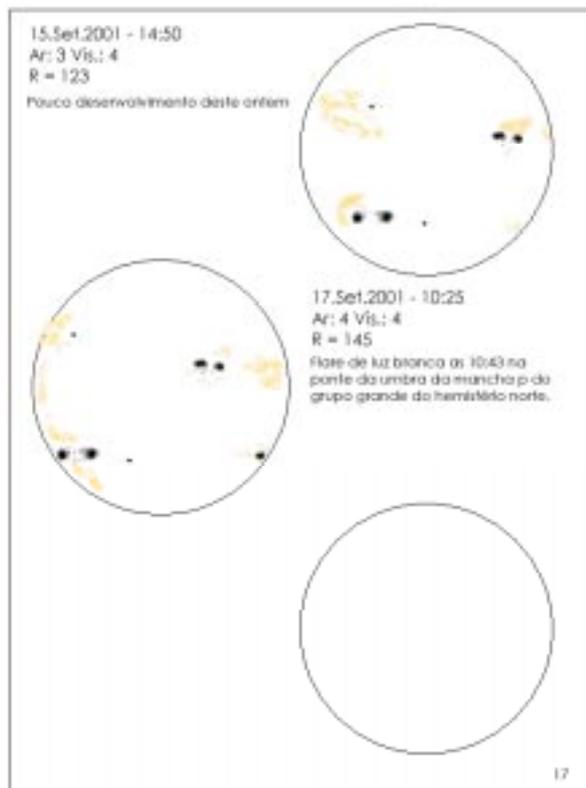


Fig 2: Exemplo de uma página de registo das observações

O que conta é saber contar

Já no século XIX se sabia que o sol tinha alturas bem definidas e regulares de maior e menor actividade. Determinou-se, que o intervalo entre duas fases de maior actividade, ou seja um ciclo, se situa algures por volta de 11 anos. Para ser exacto, desde 1748, altura a partir da qual existem registos regulares da contagem das manchas e grupos, os intervalos dos máximos da actividade solar se situam entre 7,3 e 17,1 anos.

Como demonstra o gráfico da figura 3, a regularidade só determina o momento do máximo, não a sua intensidade, que pode variar de ciclo para ciclo. Para melhor identificar os ciclos, estes foram numerados, sendo o primeiro iniciado em 1755 (máximo de 1761). Actualmente (ano 2001) estamos na parte final do ciclo 23.

Enquanto o início do novo ciclo 24 ainda se pode verificar ao longo dos próximos anos.

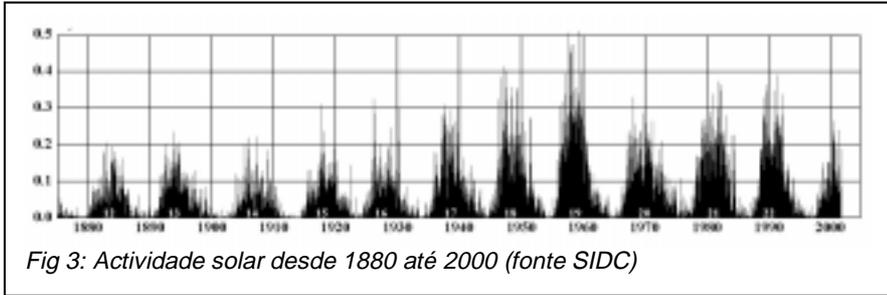


Fig 3: Actividade solar desde 1880 até 2000 (fonte SIDC)

Rudolf Wolf (1816-1893) estipulou um sistema muito simples de qualificar a actividade do sol, o qual está a ser utilizado ainda hoje. Ele contava os números das manchas visíveis (m) e o número de grupos individuais (g) e determinou, que um grupo pesa 10 vezes mais como foco de actividade que uma mancha individual. Assim obteve diariamente um número único, designado por número R (número Relativo das manchas solares):

$$R = 10 \cdot g + m$$

Este número R demonstrou-se extremamente útil para qualificar a observação diária, bem como a actividade solar ao longo dos anos (média aritmética mensal dos números R diários).

O número R continua ser estipulado todos os dias e pode ser consultado na maioria das revistas astronómicas e no SIDC (Sunspot Index Data Center/Bélgica) o organismo mundial responsável pela recolha dos registos dos observadores do sol no mundo.

Consolidar as observações

Para que os vários instrumentos e capacidades de observação das inúmeras fontes possam ser consolidados entre si, existe um ajuste, designado por factor k, ou factor de correlação (k do termo alemã *Korrelation*)

Este factor é determinado mensalmente, dividindo a média mensal do número R do SIDC pela média mensal dos números R do observador.

$$\text{factor-k} = R_{\text{SIDC}} / R_{\text{OBS}}$$

Se o observador individual for rigoroso na forma de contar as manchas e grupos, este factor k é constante ao longo dos meses. E se for constante, é possível reproduzir o número R de um determinado dia, através do número R do SIDC.

$$R_{\text{OBS}} = R_{\text{SIDC}} / k$$

Ou vice-versa, o SIDC podia reproduzir o número R oficial através do R dos observadores, o que antigamente foi aplicado pelo observatório de Zurique (o antigo organismo central) para preencher os dias em que não for possível efectuar observações:

$$R_{\text{Zurique/SIDC}} = k \cdot (10g + m).$$

Sugestão de observação:

Material:

Instrumento com filtro solar adequado

Caneta (ou registo de observação -ver sugestão acima)

Comece a contagem dos grupos individuais e registe o seu número. Sem modificar a amplificação conte as manchas

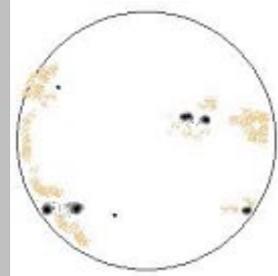
todas, grupo por grupo. Anote as manchas de cada grupo para registos mais detalhadas ou apenas para toda a superfície.

No fim da observação, calcule o número R do dia e registe-o numa tabela mensal (data, hora, qualidade do ar e de visibilidade, número R e fenómenos).

Estes dados podem ser submetidos aos projectos apresentados (ver em baixo).

O voo da borboleta

Exemplo



O desenho acima mostra 5 grupos de manchas e seguramente 7 manchas individuais (a observação real certamente permite determinar um maior número de manchas). Aplicando a fórmula de Wolf:

$$R = 10 \cdot 5 (\text{grupos}) + 7 (\text{manchas}) = 57$$

Ou seja, para este dia o número R é então 57 (o que não é muito).

Suponhamos que o observador já tem um pouco de experiência e por consequência um factor k estável de 1,30 e que o dia seguinte estava de chuva. Assim, ele pode reproduzir o seu número R através dos dados publicados pelo SIDC (ver tópico Participar em projectos). Por exemplo o número R do SIDC para o dia seguinte é 90, o que significa:

$$R_{\text{OBS}} = R_{\text{SIDC}} / k = 90 / 1,30 = 69$$

Ou seja, o número R do observador teria sido 69 se ele tivesse tido condições para observar.

Registando os números R ao longo de vários anos pode-se avaliar a actividade do sol e o estado actual do ciclo solar em curso. Um decréscimo dos números R significa que o máximo acabou e se aproxima o próximo ciclo. No entanto, o novo ciclo começa também com os mesmos números R baixos e só aumenta decorridos alguns anos.

Como se pode distinguir na altura a fase final de um e o início de outro ciclo?

A solução para este problema vem do fundo do sol. As perturbações que observamos na superfície do sol têm a sua origem no seu próprio núcleo. As ondas de energia produzidas no interior propagam-se do núcleo ao longo das linhas do campo magnético até atingir, movido por processos diferentes, a própria superfície. Um distúrbio no processo nuclear no centro leva, correndo ao longo das linhas das forças magnéticas, aproximadamente 40 anos até chegar à superfície, primeiro nas latitudes mais altas, e alguns anos mais tarde nas latitudes mais baixas, por causa da maior distância percorrida.

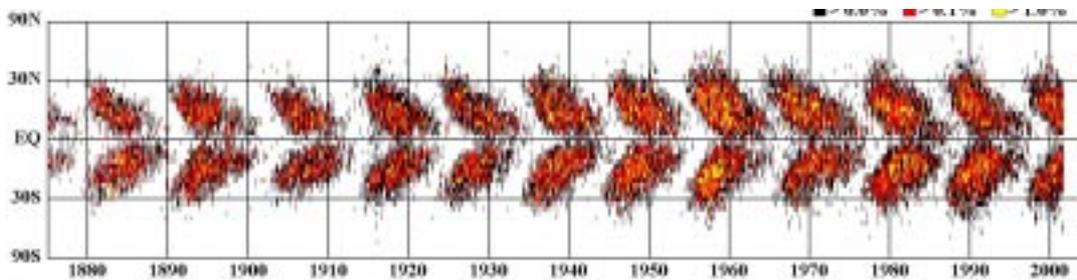


Fig. 4: Deslocação das 303as das 3a3c3as ao lo3go dos ciclos 33 a33 33

Já C.Scheiner tinha observado que as manchas se limitam a aparecer em duas faixas estreitas a norte e sul do equador solar e não aleatoriamente distribuídas sobre toda a superfície.

As observações históricas e correntes confirmaram que um ciclo novo se inicia antes do mínimo com o aparecimento de manchas a cerca 35° acima do equador solar, descendo gradualmente até ao máximo para a faixa de 15° e se extingue pouco depois do mínimo a cerca 5° de latitude. Simultaneamente começam a aparecer manchas a 35° indicando o início do próximo ciclo.

Quem fizer observações regulares com desenhos, como aqui proposto, por fotografia ou por medição directa pode, de uma forma simples, reproduzir o efeito do aparecimento heliográfico das manchas e como elas vão gradualmente descer até perto do equador. Assinalando numa escala de tempo as longitudes ocupadas por manchas ao longo de um ciclo solar produzirá um desenho semelhante a uma borboleta em voo, como apresenta a figura 4.

Sugestão de observação

Material

Cadernos das observações/fotos com data

Lápis HB

Folha transparente com rede graduada

Transferidor

Almanaque ou software astronómico

No almanaque consulte a inclinação do eixo solar e a latitude heliográfica actual do centro do sol para o dia da observação. Com o transferidor assinale a posição do eixo do sol em relação ao eixo central do desenho.

Coloque a folha transparente graduada sobre o desenho/foto e oriente o eixo Norte/Sul com o eixo assinalado.

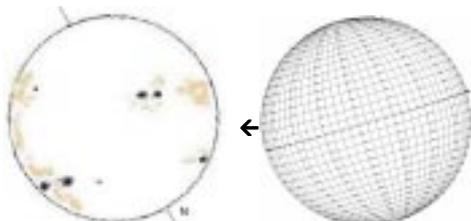


Fig.5: Determinar a latitude dos grupos solares

Agora consulte as latitudes na rede graduada para o centro dos diversos grupos de manchas e adicione aos valores obtidos a latitude actual do centro do sol.

Os resultados, pouco científicos, são as latitudes dos grupos.

Numa página com um quadro vazio semelhante ao da figura 4, assinale com pontos a latitude de todas as manchas.

Se repetir este procedimento todos os dias ou com os dados de alguns anos deverá obter o mesmo esquema da borboleta como acima demonstrado.

Participar em projectos

Observar o sol diariamente, seguir o desenvolvimento das manchas e a sua quantificação é uma tarefa extremamente gratificante e interessante. Determinar as posições aprox.

heliográficas das manchas, a contagem permanente do número R, a classificação dos grupos e o rastreio dos fenómenos de curta duração por sua vez é ainda mais interessante se for executado a longo prazo. Ao longo de alguns anos, um observador com um pequeno telescópio devidamente protegido pode reproduzir o crescimento/decrésimo do ciclo de actividade, a distribuição das manchas em cada ciclo, a determinação da rotação diferencial das várias zonas do sol... enfim, não há limites.

No entanto, observar sozinho é uma coisa, e analisar os dados sozinho apenas baseado nas suas observações individuais é outra. Por isso, fica a sugestão de participar activamente num projecto de vários observadores.

Grupo de trabalho SOL da UAA

Em Portugal formou-se um pequeno grupo de observadores do Sol.

Este grupo aceita de bom grado qualquer novo contribuinte sério e colaboração permanente. Nesta rede participam membros que se especializaram na contagem e classificação, outros no desenvolvimento das manchas, outros no registo fotográfico, etc.

Link do grupo de trabalho:

<http://astrosurf.com/uaa/Workshop/GrpSol/Index.htm>

Projecto INTERNacional de observação SOLar

Alguns dos membros da rede PNSO participam num projecto de qualificação e quantificação diária da actividade do sol, cujos dados são reportados e centralizados num projecto promovido pelo observatório de Paderborn/RFA.

O projecto designado INTERSOL conta com a colaboração de observadores de todo o mundo. No entanto, o registo dos dados do projecto INTERSOL baseia-se numa forma mais elaborada e abrangente do método de contagem e classificação acima descrito. Inscrições e informações sobre o projecto, o método de trabalho e de reportagem podem ser obtidos através do site oficial na Internet ou pelos membros do PNSO.

Link do projecto INTERSOL

<http://www.inter-sol.org/INDEX.HTM>

Centro de dados da actividade solar

O SIDC é o centro de recolha de dados do índice da actividade solar, um componente da rede de centros de dados mundiais criada pelo International Council of Scientific Unions (ICSU) e encontra-se no centro de aviso regional (RWC) na Bélgica.

O SIDC/RWC Belgium calcula o número relativo do sol diário, mensal e anual. Estes dados são acessíveis no seu website ou enviados por email aos utilizadores registados.

Os utilizadores registados podem também participar na rede mundial dos observadores e submeter os seus dados de observação para obter o factor-k individual (ver acima).

Link do SIDC

<http://sidc.oma.be/index.php3>

Bibliografia:

- * *M. Waldmeier – Sonne und Erde*
Büchergilde Gutenberg Zurich 1959
- * *H.H. Voigt - Abriss der Astronomie*
Bibliographisches Institut Mannheim 1975
- * *Scheffler/Elsässer – Physik der Sterne und der Sonne -*
Bibliographisches Institut Zurich 1974
- * *Unsöld – Der neue Kosmos*
Springer/Berlin - 1974