

Guia de Observação Solar da AAVSO

Versão 1.1 – Outubro de 2017

Tradução para o Português (BR) – Março de 2018



AAVSO

49 Bay State Road
Cambridge, MA 02138
fone: +1 617 354-0484
e-mail: aavso@aavso.org

Copyright 2017 AAVSO
ISBN 978-1-939538-39-0

Conteúdo

Seções:		<i>página</i>
1.	Introdução e objetivo	2
2.	Nota de precaução	3
3.	Métodos para observar o Sol	4
4.	Equipamento	6
5.	Observação, orientações de registros e anotações	11
6.	Relatando as observações	14
7.	Classificação das manchas solares	16
8.	Recursos	17
 Apêndices:		
A	Condições de <i>seeing</i>	18
B	Sistema de classificação de Zurich	21
C	Sistema de classificação de McIntosh	22
D	Orientação e como encontrar o equador do Sol	24

1. Introdução e objetivo

O Sol é estrela variável mais próxima de nós e é extremamente interessante observá-la em muitos aspectos. A principal atividade da Seção Solar da AAVSO é monitorar as manchas solares, para o qual se calculam os Números Relativos Americanos de Manchas Solares (RA). Esse programa começou em 1944 quando a Comissão Solar se formou pela primeira vez em resposta à dificuldade de obter contagens formais das manchas solares da Suíça durante a Segunda Guerra Mundial. O Programa Relativo Americano de Manchas Solares da AAVSO produz um índice independente de manchas solares para o uso de pesquisadores solares de todo o mundo.

O objetivo do programa é manter uma base de dados duradoura e consistente de observações solares visuais da atividade de manchas. Manter a continuidade com os registros antigos requer usar filtros de luz branca e estimativas visuais.

A intenção deste guia é ensinar o leitor como realizar observações diárias de manchas solares. O principal objetivo é incentivar e manter um grupo de observadores solares treinados apropriadamente e especializados para assegurar a consistência na base de dados a longo prazo. Outro objetivo é encorajar práticas seguras.

Agradecimentos

Autores principais:

Frank Dempsey
Raffaello Braga

Colaboradores:

Rodney Howe, Coordenador da Seção Solar
Dra. Kristine Larsen
Dr. B. Ralph Chou (*pelos recomendações sobre a observação solar segura*)
Tom Fleming (*pela informação incluída nos apêndices*)

Tradução para o português (brasileiro):

Alexandre Amorim

2. Nota de precaução – POR FAVOR, LEIA

Observar o Sol, especialmente com um telescópio, é uma atividade perigosa que requer seguir estritamente aos protocolos de segurança. Dentre os objetos estudados pelos observadores da AAVSO, o Sol é o único mais brilhante. A regra mais importante para observar o Sol é fazê-la com cuidado. Nunca será demais repetir isso e se houver dúvida com respeito a algumas das seguintes recomendações de equipamento e segurança, por favor, peça assistência antes de fazer qualquer observação do Sol com o seu equipamento.

A consequência de olhar diretamente a imagem do Sol por meio de um telescópio sem filtro, por mais breve que seja, é a potencial perda de visão do olho.

O método mais seguro para observar a fotosfera solar com telescópio é por meio da técnica de projeção da imagem sem filtro, usando um refrator (descrito na Seção 3).

Nunca olhe diretamente para o Sol sem a proteção que oferece um filtro projetado especificamente com esse propósito.

O elevado risco de olhar para o Sol por meio de um telescópio é reduzido a níveis aceitáveis por colocar um filtro solar apropriado na frente da abertura do telescópio (como descrito na Seção 3). Esse filtro evita que a maior parte da radiação ultravioleta, visível e infravermelha entre no telescópio. Os filtros solares devem estar fixados *com firmeza* na frente dos telescópios.

Se você planeja observar o Sol diretamente, coloque um filtro que cubra completamente a objetiva do seu telescópio ou, se já tenha reduzido a abertura normal com um diafragma, coloque o filtro sobre a abertura efetiva (“furo”). Atualmente há muitos materiais no mercado, tais como o *mylar* recoberto de alumínio, compostos de níquel e vidro e películas especiais projetadas para o uso solar que funcionam bem para essa finalidade. Um helioscópio de Herschel pode ser usado seguindo as recomendações do fabricante. *Não use dispositivos antigos como algum “filtro solar” que já venha acoplado na ocular.*

Lembre-se de que o calor do Sol também representa um perigo para seu telescópio, em particular para as buscadoras e as oculares que contém elementos ópticos colados com cimento. Se você planeja observar por meio da projeção, ajuste o foco mais além da posição onde focalizaria numa situação de observação direta e logo focalize lentamente sobre a superfície onde se projetará a imagem. Talvez você prefira usar oculares antigas como os modelos Ramsden e Huygens em vez de oculares modernas com múltiplos elementos, pois aquelas geralmente não empregam adesivos em sua construção. Por fim, coloque uma tampa sobre a buscadora ou retire-a caso o seu telescópio seja dedicado apenas e tão somente à observação solar.

3. Métodos para observar o Sol

As duas formas de observar a superfície solar com um telescópio são por visão direta por meio de um telescópio com filtro adequado (construído especialmente para esse propósito) cobrindo a frente do telescópio, e por meio da projeção da imagem sem filtro sobre um anteparo. Outros métodos de observação solar, mas não aplicáveis às estimativas visuais da Seção Solar da AAVSO, incluem imagens CCD e *webcam* na posição da ocular de um telescópio apontado diretamente e telescópios solares monocromáticos especializados como os telescópios de H-alfa.

Para a visão direta, é necessário que um filtro de luz branca cubra a abertura do telescópio. O filtro deve proteger o olho da radiação ultravioleta, da intensa luz visível e da infravermelha bem como proteger o telescópio do calor. O filtro diminui a quantidade de luz que entra no telescópio e permite que apenas uma diminuta fração passe pelo instrumento. Os novos filtros solares estão em conformidade com o padrão ISO 12312-2:2015 *Proteção de olhos e rosto – Óculos solares e correlatos – Parte 2: Filtros para a observação direta do Sol*.

A observação direta por meio de um filtro solar na abertura é o método mais comum para visualizar o Sol. As vantagens que esse método tem sobre o de projeção incluem a possibilidade de discernir detalhes finos, a eliminação do calor no telescópio e a habilidade de avaliar as condições atmosféricas (*seeing*).

Precaução: lembre-se sempre que o filtro deve estar firmemente fixado na frente do telescópio e que não pode ser removido acidentalmente enquanto o telescópio está apontado para o Sol. Além disso, é preciso examinar que o filtro não tenha falhas antes de cada sessão de observação (como explicado na Seção 4).



O filtro solar encaixa firmemente sobre a abertura.

Na visão por projeção, as duas maneiras de fazê-la são a projeção da ocular por meio do telescópio sem filtro sobre um anteparo protegido e pelo uso do dispositivo “Sunspotter”. A projeção evita o risco de olhar diretamente o Sol pelo telescópio e tem a vantagem de permitir que vários observadores vejam o Sol simultaneamente.



Projeção da ocular por meio de um refrator usando uma pirâmide de Hossfield.

Precaução: Utilizar um telescópio para projeção sem um filtro requer o cuidado extra para que a imagem projetada nunca seja apontada para os seus olhos ou de outra pessoa por perto. Mantenha as mãos e outras partes do corpo fora do foco de luz, já que pode causar queimaduras.

Geralmente uma imagem de 150 mm de diâmetro é a melhor opção para ter um equilíbrio entre o brilho e a resolução (já que uma imagem muito grande pode ser vista muito fraca e com baixo contraste, enquanto que uma imagem muito pequena pode dificultar a detecção de pequenas manchas).

Uma fórmula útil para calcular a distância necessária (em milímetros) entre a ocular e o anteparo de projeção para obter uma imagem de 150 mm é:

$$\text{Distância} = f (1650/F + 1)$$

onde f é a distância focal da ocular e F é a distância focal do telescópio em milímetros.

(Fonte: “Observing the Solar System: the modern astronomer's guide” de G. North)

Note que por causa da variação do diâmetro aparente do Sol durante o ano (devido à forma elíptica da órbita da Terra) a distância calculada é apenas aproximada e ajustes podem ser feitos a fim de obter a imagem solar num diâmetro apropriado.

4. Equipamento

Que tipo de telescópio?

É possível que você já possua um telescópio refrator, refletor ou com espelho e lentes combinadas (p. ex. Schmidt-Cassegrain ou Maksutov). Todos eles servem para observar o Sol diretamente com um filtro na abertura. Na realidade, os refratores são um pouco melhores e fornecem imagens mais nítidas e de maior contraste do que os refletores que, por sua vez, possuem pequenos defeitos de difração causados pelas obstruções existentes no caminho da luz, mas qualquer telescópio equipado com um filtro solar adequado é apropriado para iniciar as observações de manchas solares.

Para a projeção solar, os refratores são melhores devido à mínima obstrução na trajetória da luz e por permitirem a montagem mecânica de um anteparo de projeção. Os refletores newtonianos não são recomendados para projeção. Os refletores geralmente são maiores do que muitos refratores pequenos usados na observação solar e concentram muito mais calor no plano focal, implicando num risco maior de danificar o telescópio do que os pequenos refratores. Muitos filtros solares bons estão disponíveis para colocar na frente dos refletores e são usados para observar diretamente o Sol ao invés de projetá-lo. Os telescópios Schmidt-Cassegrain e outros modelos combinados não devem ser usados [pelo método de projeção] porque os tubos fechados podem se aquecer com o risco de danificar a junção de cimento que contém o espelho secundário e seu suporte sobre a placa corretora e os defletores internos ou *stops* também podem se danificar. As oculares com elementos colados também podem ser afetadas pelo calor que as atravessa. Evite usar oculares reticuladas, já que o retículo pode se derreter com a intensa imagem focalizada do Sol.

Qual abertura?

Não é necessária uma grande abertura. Aberturas na faixa de 50 a 80 milímetros são suficientes. É interessante notar que o telescópio usado por Rudolf Wolf e seus sucessores para a contagem diária de manchas solares em Zurich durante muitos anos era um refrator de 80 mm. As aberturas maiores do que 100 a 125 mm geralmente estão limitadas pelos efeitos da turbulência atmosférica. Se for possível dispor em seu local de observação um *seeing* da ordem de segundo de arco (ou melhor) durante o dia, então uma abertura de 125 mm ou maior seria justificável para visualizar o Sol com uma resolução de segundo de arco. Aberturas menores do que 125 mm possuem uma resolução restringida a mais de um segundo de arco por limitações teóricas, porém muitos observadores provavelmente dispõem de piores condições de *seeing* durante o dia. Qualquer telescópio que um astrônomo aficionado já tenha provavelmente servirá muito bem. Os observadores da Seção Solar da AAVSO que contribuem com contagens de manchas usam aberturas na faixa de 40 mm a 200 mm.

Se comprar um refrator para observar por projeção ou por meio do helioscópio de Herschel, assegure-se de que o instrumento não tenha partes plásticas próximas do foco da objetiva, já que isso é comum em alguns refratores de baixo custo vendidos em lojas de departamentos. Geralmente os refratores acromáticos de 100 mm possuem óptica decente sem partes plásticas, enquanto que os apocromáticos de tamanhos menores são melhores e também são bons para a

observação solar. Para a projeção, uma abertura maior do que 80 a 100 mm deixa passar uma quantidade de calor excessiva através do plano focal do telescópio e a imagem se vê borrada.

Qual aumento?

A ampliação usada para a contagem das manchas solares é importante, mas as condições de *seeing* podem limitar o máximo aumento útil, se as condições são bem estáveis pode-se recorrer a grandes aumentos. Ampliar muito a imagem no telescópio pode fazer o observador contar poros de curta duração (e que não deveriam contar) em vez de manchas maiores. Os poros são marcas fortuitas entre as granulações que aparecem como manchas muito pequenas sem uma penumbra e que mudam rapidamente (com uma vida geralmente inferior a uma hora e governadas pela dinâmica da granulação) e talvez marquem posições de manchas solares ainda em formação. O observador deve se familiarizar com os poros a fim de não os confundir com manchas solares.

Os poros têm aparência borrada, de baixo contraste, sem forma definida e não são realmente escuros, enquanto que uma verdadeira mancha solar possui contorno definido, alto contraste e núcleo escuro. Se a ampliação é muito baixa, pode ser difícil perceber essas características. A ilustração abaixo mostra um exemplo de manchas e poros. Quanto maior a ampliação, mais claramente são resolvidas as pequenas manchas e os poros em boas condições de *seeing*, mas existe o risco de contar um poro como se fosse uma mancha. Por outro lado, são necessárias ampliações médias e altas para diferenciá-los claramente.

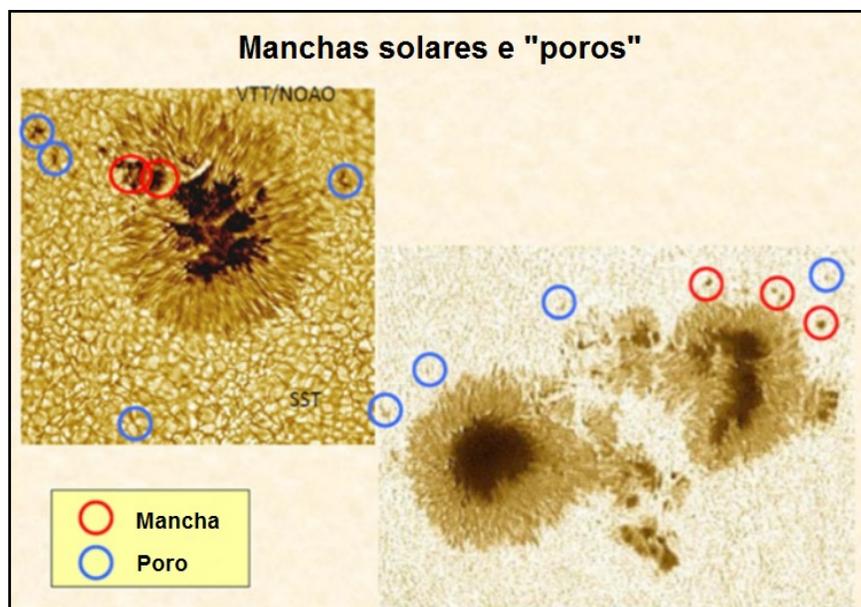


Ilustração de manchas e poros. (Imagem cortesia de Frédéric Clette.)

Um bom procedimento é varrer o disco solar usando diferentes ampliações. Use ampliações baixas (40x-50x) e médias (60x-70x) para visualizar o disco completo do Sol e identificar os grupos maiores e suas estruturas. Se as condições de *seeing* permitirem, use ampliações maiores (80x-90x) que ajudam a identificar pequenos grupos e obter uma contagem precisa das manchas ao mesmo tempo em que é possível identificar e excluir os poros.

Como sugestão, o poder de resolução que permite ver todos os detalhes na imagem telescópica é igual à metade da abertura em milímetros, mas na prática faz-se um pouco mais, digamos 1,5 vezes esse valor ou 60x para uma abertura de 80 mm, valor típico para a contagem de manchas solares. Se definirmos que a menor mancha discernível tenha um tamanho aparente de 3 segundos de arco, então a contagem não será influenciada significativamente pela abertura, uma vez que um refrator de 80 mm é capaz de resolver 1,5 segundo de arco, valor um pouco menor do que aquele em condições médias de *seeing* (tipicamente em torno de 2 segundos de arco).

Como se calcula a ampliação?

O aumento de um instrumento é calculado ao dividir a distância focal da objetiva pela distância focal da ocular ou, em forma de equação,

$$\text{Aumento} = (\text{distância focal da objetiva}) / (\text{distância focal da ocular})$$

Por exemplo, usando um telescópio de 1000 mm de distância focal e uma ocular de 20 mm de distância focal, o aumento será $= (1000 \text{ mm}) / (20 \text{ mm}) = 50$.

Ou, usando a abertura da objetiva e sua razão focal, o aumento é calculado assim

$$\text{Aumento} = [(\text{abertura}) \times (\text{razão focal})] / (\text{distância focal da ocular})$$

Por exemplo, usando um telescópio com uma abertura de 80 mm, razão focal f/8 e uma ocular com uma distância focal de 10 mm, o aumento será $[(80 \text{ mm}) \times 8] / (10 \text{ mm}) = 64$.

Uma calculadora *on-line* bem útil está disponível em:

<http://www.skyandtelescope.com/observing/skyandtelescope-coms-scope-calculator/>

Qual filtro usar?

Os filtros solares são fabricados como películas metálicas sobre vidro ou substrato de *mylar*. Os filtros mais utilizados geralmente são fabricados pela *Baader Planetarium (AstroSolar Safety Film)* ou *Thousand Oaks Optical*. Antes a *Roger Tuthill Co.* também fabricava filtros confiáveis chamados *Solar Skreen* e alguns deles ainda podem estar em uso. Uma prioridade quando se usa um filtro é garantir um encaixe apropriado e seguro sobre a abertura do telescópio antes de cada uso. Informação útil sobre como escolher um filtro solar está disponível no *website*: <http://oneminuteastronomer.com/999/choose-solar-filter/>.

Precaução: Nunca use filtros solares embutidos na ocular! Esses modelos eram distribuídos em telescópios de lojas de departamentos há muitos anos e é possível que ainda existam. Esses modelos são perigosos porque podem trincar em virtude da intensa luz solar focalizada. Recomenda-se quebrar e descartar esses modelos para que não sejam usados por um futuro e inesperado proprietário.

Precaução: Assegure-se de apontar o telescópio para longe do Sol antes de remover o protetor de poeira e colocar o filtro solar. Examine se o filtro solar possui defeitos antes de acoplá-lo ao telescópio. Isso deve ser feito antes de cada sessão de observação. Recomenda-se um processo de três etapas:

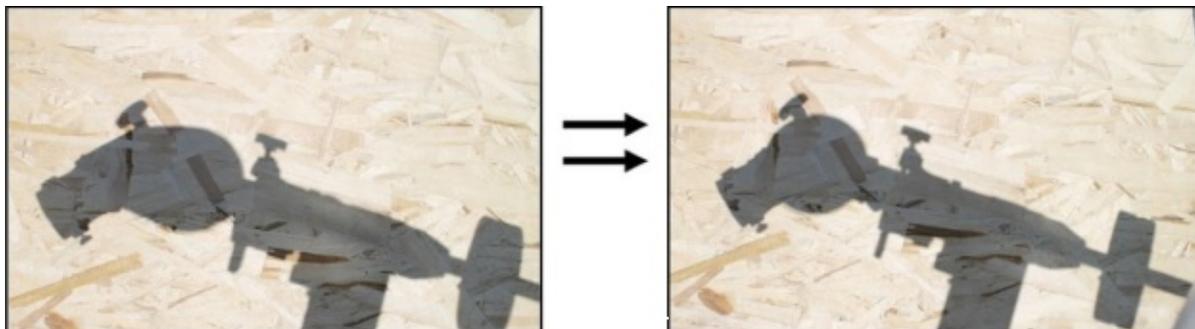
1. Inspeccione visualmente o filtro para ver se há quaisquer rompimentos ou lascas na película refletora.
2. Suspenda o filtro na direção do Sol e olhe rapidamente através dele. Assegure-se de que o filtro esteja sempre entre seus olhos e o Sol. Se algum ponto de luz solar não filtrado é visto por algum diminuto orifício, o filtro deve ser descartado. Alguns desses orifícios podem ser consertados. Algumas dicas de manutenção estão no *website* da *Thousand Oaks* (<http://www.thousandoaksoptical.com/tech.html>).
3. Uma vez que o filtro está acoplado e o telescópio está apontado para o Sol (veja abaixo), olhe por meio do espelho diagonal antes de inserir a ocular. Eventuais defeitos no filtro serão vistos como manchas brilhantes na imagem desfocada.

Precaução: Cubra ou retire a buscadora quando o telescópio está apontado para o Sol, tanto por visão direta como por projeção.

Como alinhar o telescópio para o Sol?

Alinhar o telescópio para o Sol se pode fazer de maneira bastante fácil minimizando a sombra do telescópio no chão ou sobre uma superfície plana como uma parede ou simplesmente sua mão. Comece apontando o telescópio geralmente para a direção do Sol (com o filtro já colocado sobre a abertura, se for esse o método) e mova o tubo aos poucos até que a sombra seja a menor possível; se usar o método de projeção, a imagem deve aparecer no anteparo assim que conseguir o devido alinhamento. Se usar um filtro solar, olhe por meio do porta-ocular (com o filtro já acoplado com segurança sobre a abertura) sem ainda colocar a ocular e faça um ajuste fino até que a posição da imagem desfocada e filtrada do Sol esteja próxima do centro do porta-ocular. Então a imagem do Sol estará em alguma parte do campo de visão de uma ocular de pequeno aumento.

Alguns podem usar uma buscadora de projeção do tipo *pinhole* (p. ex. *Tele Vue Sol-Seacher*).



Alinhamento do telescópio com o Sol por minimizar a sombra.

Que tipo de montagem telescópica se requer?

Qualquer montagem que mantenha o telescópio firme por uns momentos é boa. As montagens podem ser altazimutais, tripés de câmeras ou montagens equatoriais com ou sem guiagem [acompanhamento]. As montagens sem guiagem são ajustadas para que o Sol transite através do campo de visão e depois são movidas suavemente todo o tempo. Isso é mais difícil quando se usam grandes ampliações, mas na prática se torna fácil. As montagens sem guiagem são adequadas para os principiantes, mas aquelas com acompanhamento facilitam a tarefa, particularmente quando se usam grandes ampliações, tornando muito mais fácil assinalar quais grupos de manchas pertencem ao hemisfério norte ou sul. Velocidades específicas de guiagem solar disponíveis em alguns telescópios controlados por computador são uma opção, mas não obrigatórios durante os poucos minutos de observação diária.

O Sunspotter

Criado pela *Learning Technologies, Inc.*, esse telescópio dobrável de madeira, do tipo kepleriano, provê uma forma segura e conveniente para ver o Sol. Ao usar uma série de espelhos, o aparelho projeta uma brilhante imagem solar de 85 mm de diâmetro sobre um anteparo por meio de uma lente objetiva de 62 mm de diâmetro (reduzida a 57 mm). O aumento é de 56x. O *Sunspotter* é fácil e rápido de alinhar com o Sol e possui duas seções. Uma montagem triangular contém os eixos dos componentes ópticos para regular a altura dentro de um berço em forma de arco onde ajusta o azimute (repousado sobre uma superfície horizontal plana). Após apontar o berço para o azimute do Sol, a montagem triangular permite ajustar para cima e para baixo no arco do berço até que o eixo óptico aponte para o Sol. Um gnômon na frente permite um alinhamento aproximado e logo se procede ao ajuste fino movendo o telescópio até que a luz do Sol, passando por dois pequenos orifícios (em cada lado da objetiva), se alinhe como pontos dentro dos círculos de alvo situados em cada lado do primeiro espelho. Para mais informação sobre o uso e a aplicação do *Sunspotter*, leia a referência de Larsen (2013). O *Sunspotter* é um bom instrumento de observação de manchas solares para principiantes, mas os telescópios oferecem mais opções, por exemplo, diferentes aumentos e observações mais detalhadas.



Telescópio Sunspotter

(Crédito da imagem: <https://www.scientificsonline.com/product/sunspotter>)

5. Observação, orientações de registros e anotações

O processo consiste em contar os números de manchas solares e de grupos de manchas. Registre esses números junto com a data, a hora e as condições atmosféricas (*seeing*).

Primeiro, deve-se enfatizar a relevância dos grupos ou aglomerados de manchas solares ao observador que se prepara para contar as manchas. O número de grupos é muito mais importante do que o número de manchas e recebe um fator de significância igual a 10 no Número de Wolf (W) que se usa no cálculo do Número Americano Relativo de Manchas Solares. Os grupos estão intimamente relacionados com a área do Sol coberta por regiões ativas. Diferentes da importância dos grupos, as minúsculas manchas solares ou os poros, que são menores ainda e apenas visíveis com grande ampliação, não devem ser contados. O número de Wolf para cada observação diária se calcula a partir do número individual de manchas (s) e do número de grupos (g), como segue:

$$W = 10g + s$$

Portanto, estimar corretamente o número de grupos é muito mais importante do que contar cada mancha pequena.

A orientação do equador do Sol se deve determinar antes da observação para que o observador possa assinalar corretamente os grupos ao hemisfério norte ou ao sul. Isso não é essencial e se pode enviar o relatório mensal sem assinalar as manchas observadas em algum hemisfério, mas os observadores mais experientes sabem que os grupos de manchas possuem uma orientação E-O e que há manchas que os precedem e que os seguem. Por outro lado, os observadores novos podem cometer erros ao contar os grupos. Detalhes sobre como descobrir a orientação do Sol estão no Apêndice D.

Inicie a observação varrendo o disco solar em diferentes aumentos. Use ampliações baixas (40x-50x) e médias (60x-70x) para visualizar o disco por completo e identificar os grupos maiores e suas estruturas. Se as condições de *seeing* permitirem, use uma ampliação maior (80x-90x) que lhe ajude a identificar grupos pequenos e conseguir uma contagem precisa. Examine ambos os limbos com cuidado. Às vezes os limbos possuem manchas que são difíceis de serem detectadas à primeira vista. Assegure-se de contar todos os grupos e manchas vistas. Realize várias passadas contando grupos e manchas para aproveitar repentinas melhorias nas condições atmosféricas. Cheque cuidadosamente cada fábula para encontrar pequenas manchas.

Faça sua melhor estimativa do número de grupos, mesmo quando a decisão de quais manchas estão num grupo possa ser um tanto arbitrária durante alguns dias. Algumas estratégias que ajudam a decidir o número de grupos são usar recursos disponíveis na Internet para seguir o progresso dos mesmos e observar diariamente para estar familiarizado com esses grupos de manchas. Quando recém está começando, o observador pode consultar imagens para comprovar se tomou cuidado suficiente para detectar as manchas pequenas. Os recursos da Internet são uma boa forma de monitorar as manchas solares e a evolução dos grupos já que a maioria dos satélites e observatórios solares acompanham constantemente o Sol e em vários

comprimentos de onda, mas não devem ser usados para influenciar sua observação ou para “regrar” suas estimativas visuais, já que o propósito do programa é manter um conjunto de contagens de manchas solares a longo prazo realizado por observadores visuais treinados. Alguns *websites* com imagens atualizadas da fotosfera solar incluem: <https://solarmonitor.org/>, <https://sohowww.nascom.nasa.gov/sunspots/>, <https://sdo.gsfc.nasa.gov/> e <http://solarham.net>.

Vale a pena que o observador entenda e reconheça a rotação do Sol e o movimento aparente das manchas. Uma primeira aproximação é que as manchas solares que se movem através do disco solar marcam sua rotação e grupos ativos podem ser vistos reaparecendo na mesma posição depois de um período de rotação solar em torno de 27 dias. Para ser mais exato, a velocidade de rotação do Sol é mais rápida no equador (cerca de 24,5 dias) e mais lenta em latitudes mais altas (mais de 30 dias nas regiões polares). A diferença na velocidade de rotação é percebida, mas o período aproximado de 27 dias é normalmente citado e corresponde ao período na latitude de 26 graus ao norte ou ao sul do equador, latitude típica das manchas e da atividade solar significativa. A velocidade de rotação varia com a latitude porque o Sol é um plasma gasoso. Depois de observar ao longo do ciclo solar, é possível notar que as manchas tendem a se desenvolver em latitudes médias nos primeiros anos do ciclo e depois parecem se alargar numa faixa de latitude que gradualmente se move em direção do equador com a progressão do ciclo. Isso resulta no chamado Diagrama Borboleta¹ (<https://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>). Os observadores solares podem descobrir que a física e a astronomia solares são completamente fascinantes e que o Sol é uma estrela variável espetacular! O *website* da NASA (veja seção Recursos) é uma entre as várias e boas fontes de informação adicional sobre a rotação do Sol e de outros fatores que possam afetar o observador solar.

Entender os sistemas de classificação de Zurich e McIntosh (veja os apêndices) podem ajudar a compreender e reconhecer melhor a evolução dos grupos de manchas.

Estimar as condições de seeing

A “Condição do *seeing*” é uma forma de descrever o grau de instabilidade da imagem causado pela turbulência e pelas variações de densidade do ar na atmosfera da Terra. Boas condições de *seeing* resultam em imagens bem nítidas enquanto que as condições pobres ou regulares de *seeing* resultam em imagens turbulentas e borradas do Sol. A condição de *seeing* precisa ser registrada e relatada a cada observação, por isso é necessário estimar as condições de *seeing* como excelentes, boas, regulares ou pobres [ruins]. Obviamente, deve-se fazer o possível para observar em excelentes condições de *seeing*, mas nem sempre isso pode ocorrer. Como a observação solar será mais precisa sob excelentes condições de *seeing*, os fatores que afetam o *seeing* merecem uma explicação mais ampla e que descrevemos no Apêndice A deste guia.

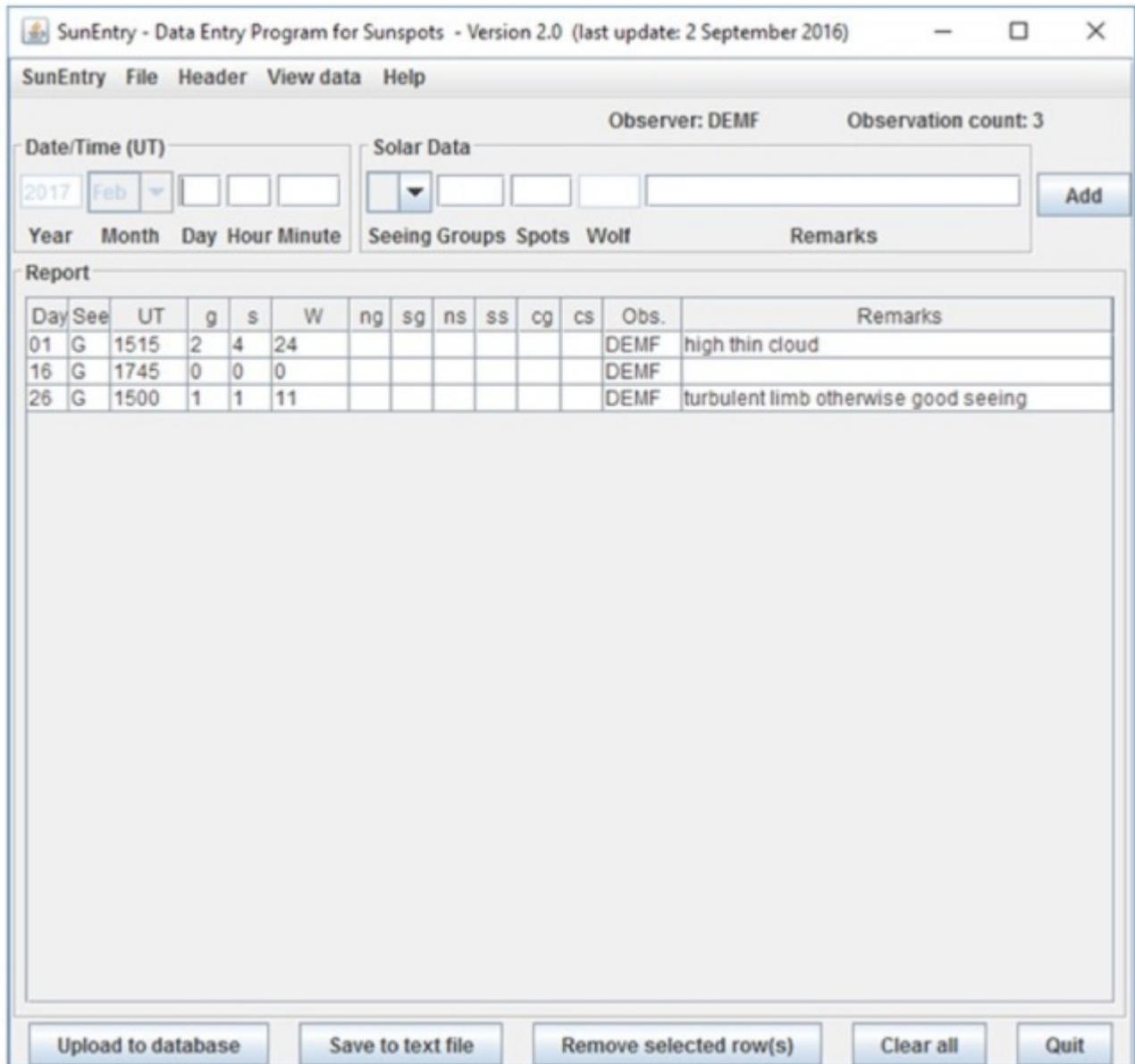
¹ Nota do Tradutor: esse gráfico também é conhecido como Diagrama de Maunder.

Quando observar

Observar à mesma hora todos os dias seria o ideal, especialmente quando as condições de *seeing* são boas ou excelentes. Observar quando o Sol está alto no céu minimiza a absorção e a distorção causadas pela atmosfera terrestre, mas o calor do chão e dos edifícios próximos pode fazer com que as condições de *seeing* piorem. Muitos observadores notam que as melhores condições se dão pela manhã, logo depois de o Sol nascer e antes que o *seeing* se degrade. Para mais informação, veja a explicação sobre as condições de *seeing* no Apêndice A.

6. Relatando as observações

Use o *software SunEntry* da AAVSO para enviar suas observações para essa associação. Depois de inserir o seu código de observador e sua senha (uma vez já registrado como observador solar da AAVSO), o *software* de relatório solicita a data, a hora, as condições de *seeing* e os números de grupos e de manchas. A captura de tela abaixo ilustra a sessão de entrada de dados. A contagem do número de grupos nos hemisférios norte e sul é opcional. Isso requer determinar a orientação do Sol e do seu equador. Alguma informação a respeito disso está no Apêndice D. (Nota: para registrar-se como observador solar da AAVSO, siga as instruções no *website*: <https://www.aavso.org/sun-entry>.)



The screenshot shows the SunEntry software interface. At the top, the title bar reads "SunEntry - Data Entry Program for Sunspots - Version 2.0 (last update: 2 September 2016)". The menu bar includes "SunEntry", "File", "Header", "View data", and "Help". The main window displays the following information:

- Observer: DEMF
- Observation count: 3
- Date/Time (UT) fields: Year (2017), Month (Feb), Day, Hour, Minute.
- Solar Data fields: Seeing, Groups, Spots, Wolf, Remarks.
- An "Add" button.
- A "Report" section containing a table with the following data:

Day	See	UT	g	s	W	ng	sg	ns	ss	cg	cs	Obs.	Remarks
01	G	1515	2	4	24							DEMF	high thin cloud
16	G	1745	0	0	0							DEMF	
26	G	1500	1	1	11							DEMF	turbulent limb otherwise good seeing

At the bottom of the window, there are five buttons: "Upload to database", "Save to text file", "Remove selected row(s)", "Clear all", and "Quit".

Quando você preparar um relatório de manchas solares para enviar à AAVSO, certifique-se de que tenha calculado corretamente o número de Wolf ($10g + s$). O número calculado deve coincidir com o valor calculado pelo *software SunEntry*, que automaticamente confere a aritmética e essa checagem é um nível de garantia da qualidade. Como sempre, examine cuidadosamente suas observações antes de enviá-las e não relate observações questionáveis. A coluna *Remarks* [Notas] pode incluir comentários tais como “observado através de nuvens altas”, “brumoso”, “bruma e turbulência” ou “turbulência no limbo”².

Envie seus relatórios em tempo hábil. Lembre-se que, para ter seus resultados incluídos no Boletim Solar de um determinado mês, o coordenador da Seção Solar deve receber seu relatório antes do dia 10 do mês seguinte aquele em que suas observações foram realizadas. Se desejar, pode enviar suas observações diariamente a medida que são feitas, em vez de enviá-las em um só relatório no fim do mês.

² Nota do Tradutor: esses comentários devem ser escritos, obviamente, em inglês.

7. Classificação das manchas solares

Têm-se desenvolvido vários esquemas de classificação de manchas e de grupos para avaliar os estágios de progresso e evolução das manchas solares. O sistema de classificação de manchas de Zurich foi usado por muitos anos nas observações visuais até que as comunicações e operações de espaçonaves requeressem uma melhor capacidade de prever fulgurações solares. Uma revisão no sistema de Zurich foi elaborada por Patrick McIntosh que incluía a penumbra da maior mancha de um grupo e a distribuição das manchas nos grupos. Esse sistema mais detalhado provia a informação necessária para prever fulgurações. Outros sistemas de classificação estão descritos no livro *Solar Astronomy Handbook* de Beck *et. al.* (veja Recursos) e há mais informação disponível no *website*: <https://www.aavso.org/sites/default/files/SemSunspotsClassV3s.pdf>. Ainda que não seja um requisito para os observadores de manchas solares da AAVSO, os esquemas de classificação de Zurich e de McIntosh podem ajudar o observador a entender a posição de uma mancha em seu ciclo de vida e ambos são descritos nos Apêndices B e C.

A AAVSO tem usado o sistema de classificação de Zurich desde 1924 e já que o objetivo principal da contagem de manchas solares da Seção Solar da AAVSO é manter à longo prazo o registro consistente do número de manchas, os observadores solares iniciantes podem começar com o sistema de Zurich e familiarizar-se com ele antes de estudar outros sistemas de classificação. Enquanto que outros astrônomos aficionados usam a classificação de McIntosh, os observadores da AAVSO precisam seguir a classificação de Zurich a fim de manter a continuidade à longo prazo. Mais informações sobre o valor histórico à longo prazo das observações de manchas solares da AAVSO são encontradas no link: <https://www.aavso.org/dances-wolfs-short-history-sunspot-indices> e nas referências no final deste artigo.

8. Recursos³

Livros e artigos:

- Guidelines for the Observation of White Light Solar Phenomena (A Handbook of the Association of Lunar and Planetary Observers Solar Section)*, editado por Jenkins, J., 2010 (também disponível *on-line* em http://www.alpo-astronomy.org/solarblog/wp-content/uploads/wl_2010.pdf).
- How to Observe the Sun Safely* (2ª edição), Macdonald, L., Springer-Verlag Nova Iorque, 2012, ISBN: 978-1-4614-3824-3.
- Monitoring Solar Activity Trends With a Simple Sunspotter*, Larsen, K., Journal of the AAVSO, Vol. 41 (2013)
- Observer's Handbook of the RASC 2017*, Real Sociedade Astronômica do Canadá, Webcom Inc., 2016.
- Observing the Solar System: the modern astronomer's guide*, North, G., Cambridge University Press, 2012. ISBN: 978-0521897518.
- Observing the Sun*, Taylor, P., Cambridge University Press, 1991. ISBN: 978-0-52105-636-6.
- Solar Astronomy Handbook*, Beck, Hilbrecht, Reinsch e Volker, Willmann-Bell Inc., 1995. ISBN: 978-0-94339-647-7.
- Solar Sketching: A Comprehensive Guide to Drawing the Sun*, Rix, E., Hay, K., Russell, S. e Handy, R., Springer Publishing, 2015. ISBN: 978-1-49392-900-9
- The Sun and How to Observe It*, Jenkins, J., Springer Publishing, 2009. ISBN: 978-0-38709-497-7.

Websites:

Ciência solar da NASA: <https://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>

³ Nota do Tradutor: Referências disponíveis na literatura astronômica brasileira incluem:

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. A observação do sistema solar: Como observar o Sol. In: **Manual do Astrônomo: uma introdução à astronomia observacional e à construção de telescópios**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1995. pp. 45-50.

NICOLINI, Jean. A observação do Sol. In: **Manual do Astrônomo Amador**. 4. ed. Campinas: Papirus, 2004. pp. 211-251.

Página solar Jean Nicolini da REA: <http://www.rea-brasil.org/solar>

Apêndice A – Condições de *seeing*

(Nota: extraído do website <https://www.aavso.org/atmospheric-seeing-conditions-solar-observing>)

Condições Atmosféricas do *Seeing* – Contribuição de Tom Fleming (FLET)

Os relatórios e observações enviadas para a AAVSO usam os seguintes graus de turbulência atmosférica (*Seeing*): Pobre, Regular, Bom e Excelente.

A ilustração abaixo mostra o mesmo grupo de manchas conforme apareceria sob essas quatro condições. Obviamente que uma imagem fixa numa página impressa não representa precisamente a turbulência ondulante da atmosfera quando as condições são classificadas como ‘Pobre’. Por isso, as imagens de *seeing* Pobre e Regular representam uma imagem média de vários segundos.



A imagem de *seeing* ‘Pobre’ mostra três manchas solares dentro de uma grande área penumbral. Há outras três manchas à direita. Há vestígios de outras mais, porém a turbulência dificulta a verificação delas. À medida que as condições evoluem para ‘Regular’, é revelada outra mancha à direita da grande área penumbral. Sob ‘Boas’ condições aparecem várias manchas menores – quatro na grande área penumbral (a mancha maior é resolvida em duas já que existe um corte completo – qualquer ponte entre essa descontinuidade e a mancha faria com que fosse contada como uma ao invés de duas) e, por último, há outra próxima da mancha menor com a penumbra. Finalmente, sob excelentes condições todas são reveladas.

Geralmente as condições de *seeing* Pobre e Excelente são menos frequentes e as condições Regulares e Boas são as que compõem a maior parte da sua experiência observacional. Observar as ondulações no limbo solar serve como um barômetro para julgar a qualidade do *seeing*. Se não possui experiência, pode se perguntar como reconheceria se as condições de *seeing* fossem Excelentes. A experiência é similar a olhar uma moeda através de 1 metro de água numa piscina. É possível ver a moeda, mas as ondulações dificultam a avaliação se [a face da moeda] é cara ou coroa. Um *seeing* Excelente é como levantar a moeda à superfície da água. Não apenas é possível saber a face como ler a data e o reflexo das ranhuras. O detalhe das regiões penumbrais das grandes manchas, por exemplo, será surpreendente. Uma extensa mancha solar que se vê sob condições médias [de visibilidade], pode se mostrar ela mesma como três ou mais manchas individuais sob excelentes condições, etc.

Na seção seguinte encontramos uma explicação detalhada das condições que afetam o *seeing* e como otimizá-las.

Uma Explicação Detalhada das Condições de *Seeing*

A turbulência é o resultado da mistura de volumes de camadas de ar em diferentes temperaturas. As condições que causam diferentes temperaturas são muitas e bem variadas. Algumas você pode controlar e outras escapam completamente do seu controle.

Condições locais: A turbulência pode ocorrer no trajeto interno da luz no seu telescópio. Antes de observar, deixe que o telescópio se adeque a temperatura local por um tempo. Escolha o lugar de observação tendo em conta os seguintes fatores: cuidado com as paredes e obstáculos próximos, essas superfícies verticais recebem muito calor do Sol quando este se encontra próximo do horizonte (esse é geralmente um momento favorável para observar). Evite observar acima da linha dos telhados ou pisos quando possível. Em geral, áreas próximas a árvores ou gramados ajudam a estabilizar o ar na trajetória da luz. Observar sobre um corpo de água geralmente oferece um ar mais estável (note o Observatório Big Bear). Se o seu local está numa altura superior a 1500 metros isso também é de grande ajuda. A passagem de frentes regularmente traz turbulência já que o ar quente existente é trocado pelo ar mais frio. No entanto, existe um breve instante apenas depois que a frente tenha passado. Quando as últimas nuvens não mais interferem na visão do Sol é possível experimentar um bom *seeing* antes que as condições se degradem. A janela de oportunidade dura em torno de 10 a 15 minutos.

Observar o limbo do Sol dá algumas pistas sobre o tipo de *seeing* reinante na sua sessão de observação. As ondulações em grande escala que atravessam o Sol em frações de segundo podem ser atribuídas às condições locais – estas indicam condições desfavoráveis no seu local escolhido, mas que são possíveis de serem corrigidas. Ondulações evidentes ao longo do limbo que exibem um movimento aleatório se devem à turbulência em altitudes mais elevadas. Se estiver observando o Sol numa baixa altura, esse tipo de turbulência ocasionalmente melhora à medida que o Sol passe por cima de uma camada de ar turbulento. No entanto, o aquecimento diurno da superfície terrestre e o ar que a rodeia são os maiores inimigos. É por isso que se

recomenda observar o Sol numa altura menor em vez de próximo do meio-dia local⁴. Por essa mesma razão, é importante estar preparado para observar tão logo as nuvens se dispersem em sua área antes que o aquecimento da superfície comece a afetar o ar.

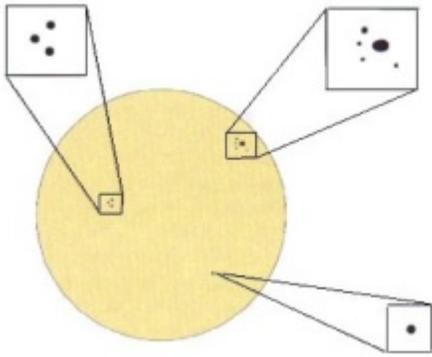
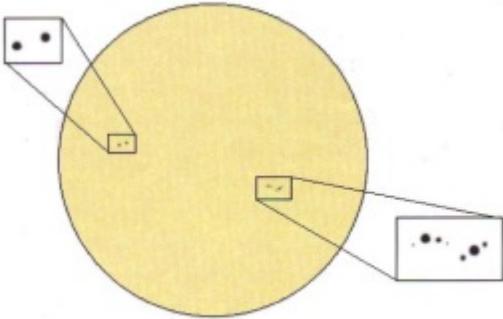
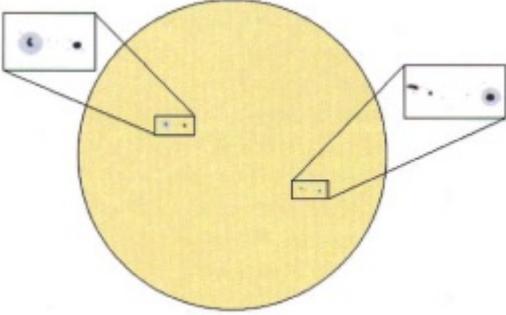
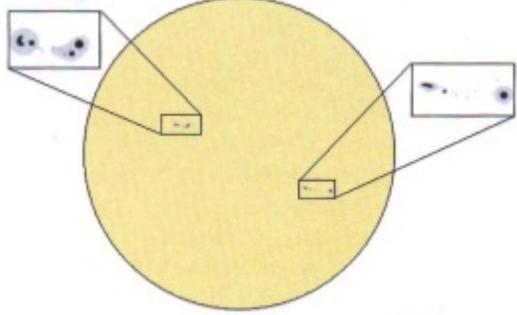
Mais de uma vez neste manual o leitor encontrará referências a métodos recomendados para observar o Sol e coletar seus dados. Múltiplas varridas em diferentes aumentos, por exemplo, são recomendadas. Observadores experientes têm percebido notáveis variações nas condições de *seeing* em escalas temporais de alguns poucos segundos ou minutos. Um observador paciente que está preparado para aproveitar a melhora das condições de *seeing* será recompensado com dados de melhor qualidade.

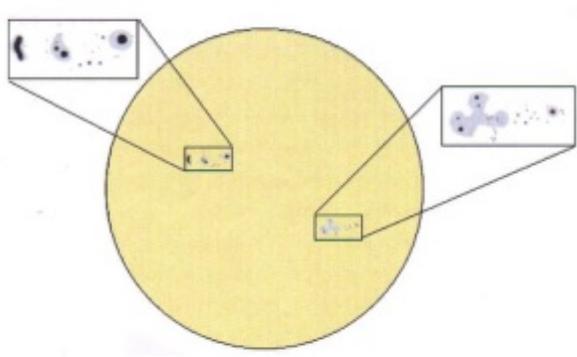
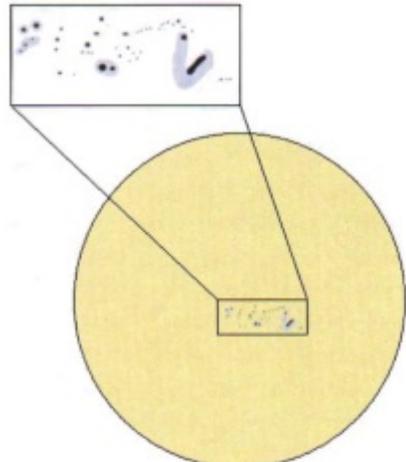
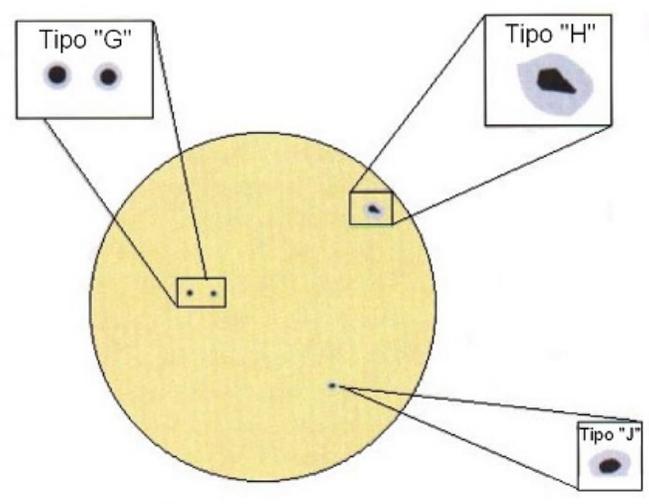
⁴ Nota do Tradutor: locais ao longo do litoral com o mar situado à leste podem exibir condições de *seeing* ruins durante a manhã e estáveis ao longo da tarde.

Apêndice B – Sistema de classificação de Zurich

O sistema de Zurich para classificação de grupos de manchas solares – Contribuição de Tom Fleming (FLET)

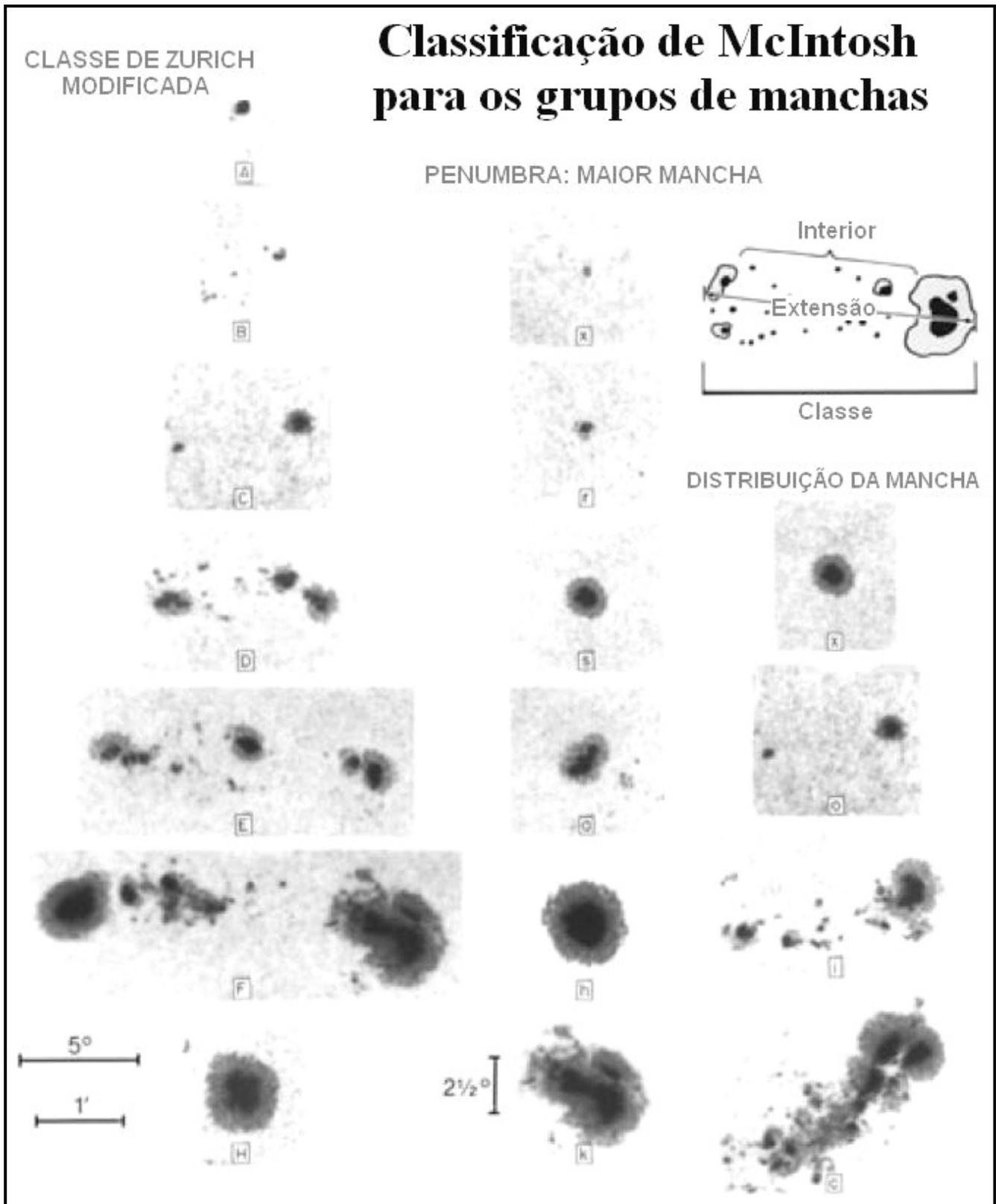
(Nota: a tabela foi extraída de <https://www.aavso.org/zurich-classification-system-sunspot-groups>)

<p>Tipo “A”: Uma ou mais manchas pequenas que não apresentam bipolaridade nem exibem penumbra.</p>	<p>Tipo “B”: Duas ou mais manchas pequenas que mostram bipolaridade, mas não exibem penumbra.</p>
	
<p>Tipo “C”: Duas ou mais manchas que mostram bipolaridade e a principal ou a seguinte possui uma penumbra.</p>	<p>Tipo “D”: Duas ou mais manchas que mostram bipolaridade e tanto a principal como a seguinte possuem penumbra. O tipo “D” ocupa 10 graus ou menos de longitude solar.</p>
	

<p>Tipo “E”: Esse tipo de grupo é similar ao tipo “D”, porém se estende entre 10 e 15 graus de longitude solar.</p>	<p>Tipo “F”: É o maior e mais extenso dos grupos, similar ao tipo “E”, porém cobre mais de 15 graus de longitude solar.</p>
	
<p>Tipo “G”: Remanescente do decaimento dos grupos “D”, “E” e “F”. Apresenta um grupo bipolar com penumbras.</p>	<p>Tipo “H”: Remanescente do decaimento dos grupos “C”, “D”, “E” e “F”. Um único grupo de manchas com penumbra. Deve ser maior do que dois graus e meio de diâmetro. Ocasionalmente o tipo “H” é acompanhado de algumas manchas pequenas.</p>
<p>Tipo “J”: É igual ao tipo “H”, porém com um diâmetro menor do que 2½ graus.</p>	
	

Apêndice C – Sistema de classificação de McIntosh

(conforme [The Classification of Sunspot Groups](#) by Patrick S. McIntosh, *Solar Physics*, 125, 251-267, 1990)



Apêndice D – Orientação e como encontrar o equador do Sol

A orientação do equador do Sol pode ser encontrada usando métodos gráficos ou matemáticos ou mediante o uso de programas de computador. Uma boa referência para o cálculo matemático é o livro *Solar Astronomy Handbook* de Beck *et al.* (veja Recursos) e uma boa fonte de efemérides do Sol é o *website* do JPL-NASA: <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi#top> ou o *Observer's Handbook of the RASC* (ver Recursos). Os discos de *Stoneyhurst*, discos de *Porter* e diagramas de grade solar podem ser baixados de vários *websites* incluindo o da Seção Solar da BAA (<http://www.petermeadows.com/html/location.html>). Um programa excelente para calcular a orientação solar é o *Tilting Sun* (escrito e desenvolvido por Les Cowley, disponível gratuitamente em <http://www.atoptics.co.uk/tiltsun.htm>).

Para determinar a orientação do equador do Sol, primeiro deve estabelecer a direção E-O celeste. Ao observar por projeção alguém pode usar um molde no qual o disco solar cruza duas linhas perpendiculares. Então, pode-se girar o molde até que se note alguma mancha se movendo ao longo de uma das linhas devido ao movimento aparente E-O do Sol no céu, com a outra linha marcando, então, a direção N-S celeste. Ao observar diretamente por meio de um filtro solar, a direção E-O é determinada da mesma forma por meio de uma ocular reticulada do tipo normalmente usada para guiagem durante a fotografia de céu profundo. As direções E-O e N-S celestes diferem das direções solares reais pelo parâmetro P, o ângulo de posição do polo norte do Sol, como se explica abaixo.

A orientação do Sol possui três elementos chaves que o observador deve entender.

A latitude heliográfica (B_0) do centro do disco resulta da inclinação do equador do Sol em relação à Eclíptica (que é de 7,25 graus). Quando B_0 é positiva, o equador solar está ao sul do centro do disco solar e o polo norte do Sol está inclinado para a direção do observador. Essa inclinação do equador do Sol faz com que as manchas sigam trajetórias semi-elípticas ao longo do disco solar ao invés de linhas retas.

A longitude heliográfica do centro do disco do Sol (L_0) é medida em relação a uma longitude padrão do Sol conhecida como meridiano principal de Carrington e é usada para identificar as posições de feições no disco solar.

O ângulo de posição (P) entre o eixo solar e a direção Norte-Sul no céu (ou as linhas de ascensão reta) é o resultado da combinação da inclinação da Eclíptica no céu (23,43 graus) e a inclinação do Sol (7,25 graus) em relação à Eclíptica. Quando P é positivo, o polo norte do eixo solar está inclinado para o leste.

Uma das formas mais simples de calcular a orientação solar é usando o *software Tilting Sun*. Abaixo temos uma simulação do *Tilting Sun* para o dia 1º de junho de 2017 para as coordenadas de Cambridge, Massachusetts [EUA] e mostra a posição do equador do Sol e a direção do movimento leste-oeste através do céu.

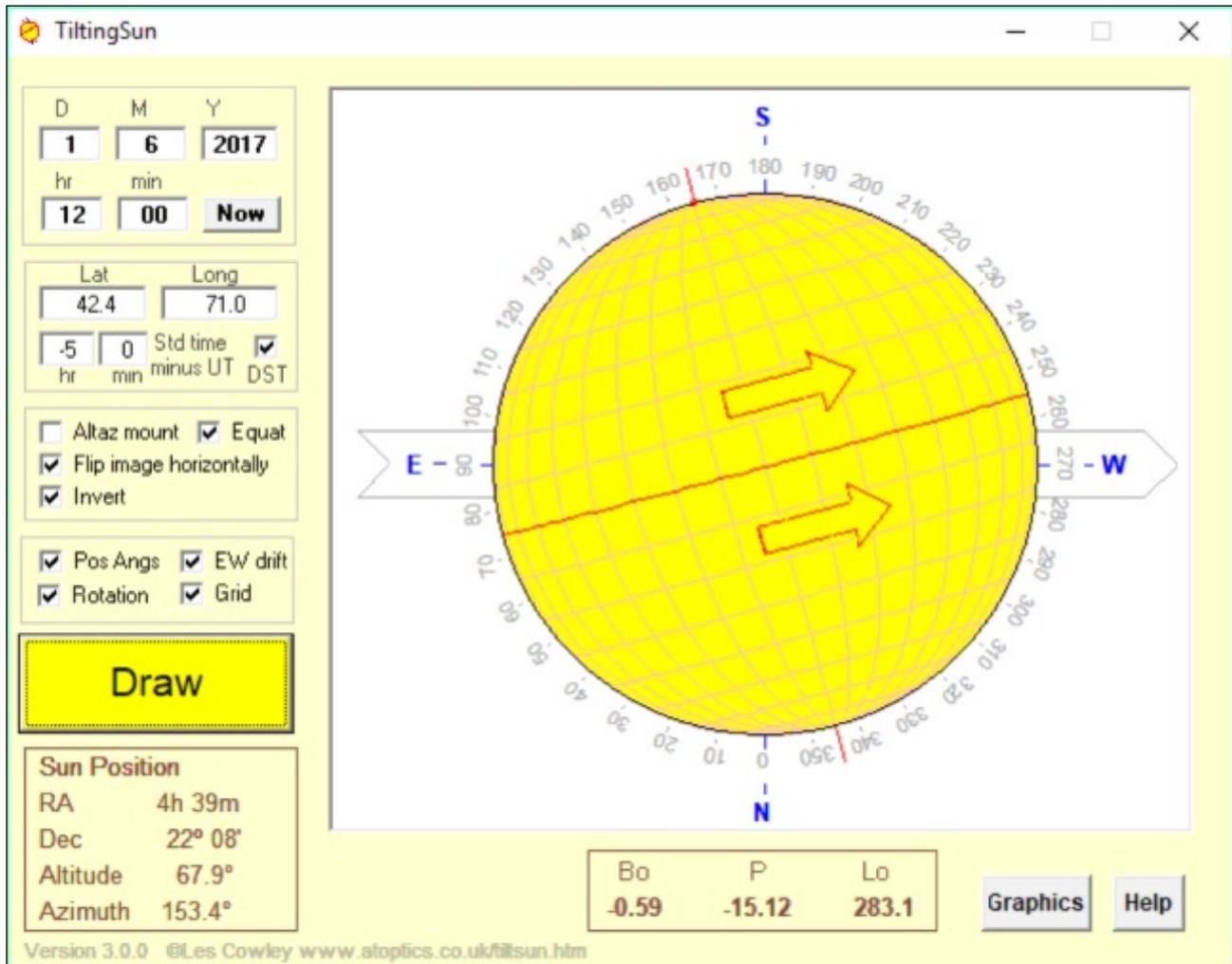
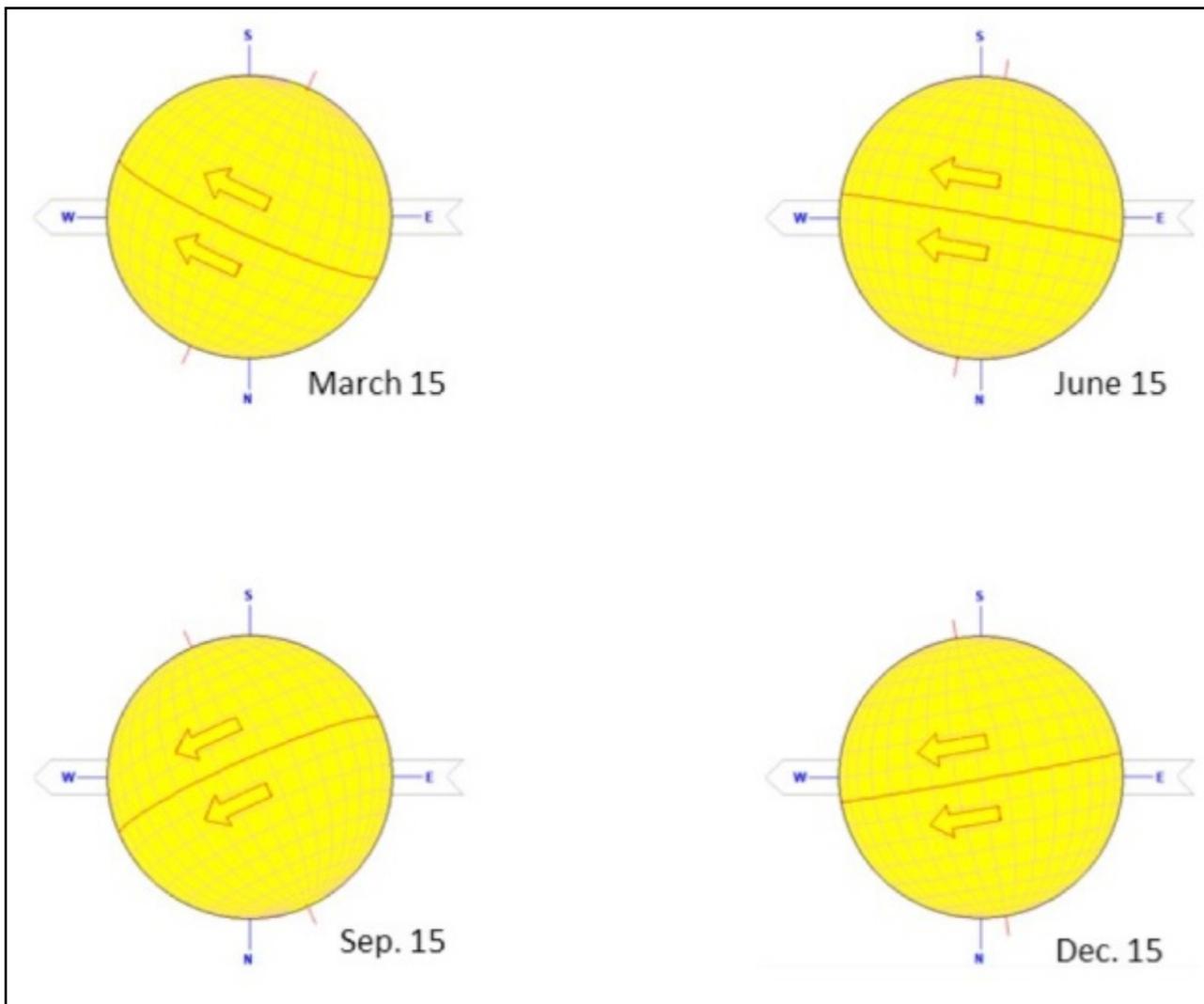


Figura mostrando um exemplo do Tilting Sun (cortesia de Les Cowley – www.atoptics.co.uk)

Um detalhe essencial para o observador solar levar em conta é que a orientação do Sol muda durante o ano a medida que sua posição avança ao longo da Eclíptica.

As imagens da próxima página mostram exemplos do *Tilting Sun* para cada trimestre do ano a fim de ilustrar as mudanças significativas na orientação do equador do Sol com a direção da trajetória leste-oeste na ocular do observador.



*Diferentes orientações solares durante o ano por meio do Tilting Sun
(cortesia de Les Cowley – www.atoptics.co.uk)*

Enquanto que o *Tilting Sun* pode ser bem fácil de usar, as orientações também são encontradas usando os valores de efemérides para B_0 , L_0 e P .

Por exemplo, os parâmetros de orientação solar para o dia 1º de janeiro de 2017 são encontrados no *RASC Observer's Handbook 2017*, p. 184 e são $P = 2,0$, $L_0 = 123,5$ e $B_0 = -3,0$.