

## Capítulo 3 – FAZENDO OBSERVAÇÕES

### Instruções Passo-a-Passo

**1. Encontre o campo** – Usando um atlas ou uma carta celeste, localize a região em que aparece a variável. Neste ponto, será de grande ajuda o conhecimento das constelações. Pegue a sua carta de escala “A” ou “B” e oriente-a para que corresponda ao que se vê no céu.

**2a. Encontre a variável (usando buscadora /1x)** – Na carta “A” ou “B”, busque uma “estrela chave” brilhante que apareça próxima da variável. Agora observe o céu e encontre esta estrela. Se não puder vê-la a olho nu (devido à luminosidade da Lua ou outra condição adversa), use a buscadora de seu telescópio ou uma ocular de pequeno aumento e grande campo, e aponte o telescópio o mais próximo possível da posição, no céu, onde deve estar a “estrela chave”. Lembre que, dependendo do equipamento utilizado, a orientação das estrelas que se vê no telescópio provavelmente será diferente da observada ao se olhar o céu a olho nu.

Você deverá aprender como conciliar os pontos cardeais N, S, L e O com seu equipamento (veja as páginas 15 e 16 para mais explicações). Certifique-se de que tenha visto a estrela chave correta, com a identificação de estrelas telescópicas mais tênues próximas a ela, como se vê na carta.

Agora mova o olhar lentamente (“saltando de estrela em estrela”) na direção da variável, identificando grupos de estrelas (também conhecidos como asterismos), enquanto efetua os saltos. Até que se familiarize com o campo, você alternará muito a vista entre a carta, o céu e a buscadora, até encontrar a configuração de estrelas na vizinhança imediata da variável. Não se apresse em encontrar a identificação apropriada. Às vezes, é de grande ajuda traçar linhas na carta entre as estrelas de cada configuração.

**2b. Encontre a variável (usando círculos graduados)** – Se o seu telescópio está equipado com círculos graduados razoavelmente confiáveis (comuns ou digitais), poderá ser uma boa opção para encontrar os campos das estrelas variáveis. Antes de começar, assegure que seu

telescópio esteja corretamente alinhado com o eixo de rotação da Terra. As coordenadas para o equinócio de 2000 que aparecem no canto superior de sua carta devem ser usadas para apontar o telescópio para a variável.

Tenha em mente que a variável pode não ser aparente de imediato. Mesmo que ela esteja no campo de visão, você ainda terá que identificar as estrelas imediatamente vizinhas para confirmação positiva. Muitas vezes você achará útil explorar o campo para localizar uma estrela brilhante ou um asterismo que depois possa localizar na carta. Dali você poderá caminhar “saltando de estrela em estrela” até a variável.

**3. Encontre as estrelas de comparação** – Quando estiver certo de que identificou a variável corretamente, estará pronto para fazer uma estimativa de seu brilho comparando-a com outras estrelas de brilho fixo conhecido. Essas “estrelas de comparação”, ou “comparações”, podem ser localizadas, geralmente, próximas à variável, na carta. Encontre-as em seu telescópio tomando muito cuidado, novamente, para assegurar que as identificou corretamente.

**4. Estime o brilho** – Para estimar a magnitude de uma estrela variável, determine qual ou quais estrelas de comparação têm um brilho mais parecido ao da variável. A menos que a variável coincida exatamente com o brilho de uma estrela de comparação, você terá que interpolar entre uma estrela mais brilhante e outra menos brilhante que ela. O exercício de interpolação, na Figura 3.1, ajuda a ilustrar esse procedimento.

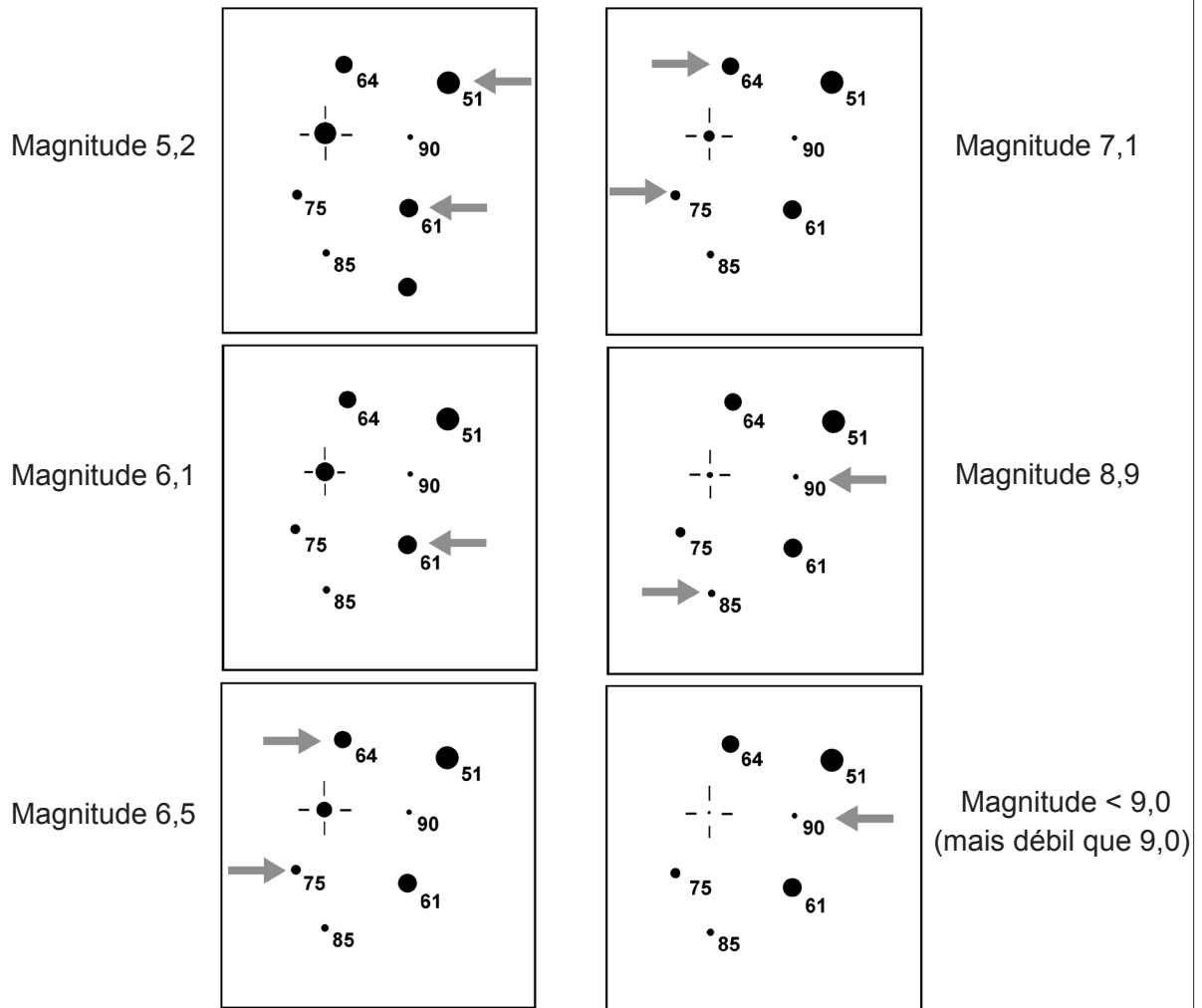
**5. Registre suas observações** – as seguintes informações devem ser anotadas em seu diário ou caderno de registro imediatamente após cada observação:

- **identificador da estrela** (veja página 18 para maiores informações)
- **data e hora** da observação
- **magnitude estimada** da variável
- **magnitudes das estrelas de comparação** usadas para a estimativa
- **identificação da carta utilizada**
- **notas** sobre quaisquer condições que

Figura 3.1 – Exercícios de Interpolação

Estes são alguns exemplos mostrando como interpolar entre estrelas de comparação para determinar a magnitude da variável. Recorde que, na vida real, todas as estrelas aparecem como pontos de luz, e não discos de tamanhos diferentes. As estrelas usadas pela interpolação, em cada exemplo, estão marcadas com setas.

Para aprender mais sobre interpolação, tente usar o “Telescope Simulator” (simulador de telescópio) – uma apresentação dinâmica sobre como fazer as estimativas de magnitudes das estrelas variáveis – que pode ser acessado no website da AAVSO, na página: <http://www.aavso.org/aavso/about/powerpoint.shtml>.



possam ter afetado a visibilidade (nuvens, neblina, luar, ventanias, etc.)

**6. Prepare seu relatório** – há uma forma bem específica de reportar suas observações, e há maneiras preferíveis de enviar seus relatos à AAVSO. Os procedimentos para relatar suas observações são abordados, em detalhes, no Capítulo 7 deste manual.

Detalhes adicionais relativos à observação

### **Campo de visão**

Os observadores iniciantes devem determinar o campo de visão de seus telescópios para as diferentes oculares (veja também a página 5). Para isso, aponte o telescópio a uma região próxima ao equador celeste e, sem mover o instrumento, permita que uma estrela brilhante atravesse todo o campo. A estrela se moverá a uma taxa de um grau a cada quatro minutos, próxima ao equador.

Por exemplo, se são necessários dois minutos

para que a estrela atravesse o campo, passando pelo seu centro, de borda a borda, então o diâmetro do campo será de meio grau.

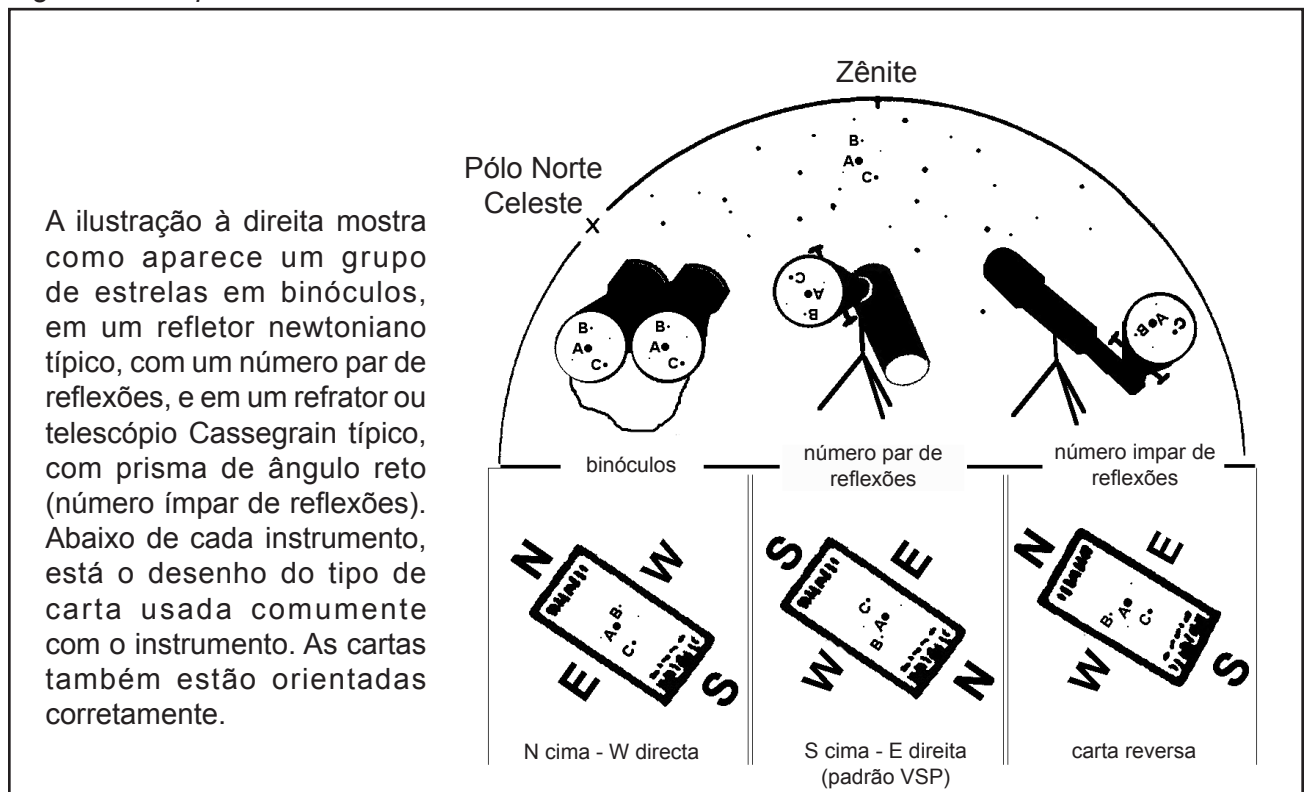
Uma vez determinado o campo do instrumento, pode-se desenhar um círculo com o diâmetro correspondente na carta, com a variável no centro, como ajuda para identificar um novo campo. Ou também pode ser útil representar o campo, na carta, com um pedaço de cartolina com buracos de tamanhos apropriados, ou fazendo um anel de arame para colocar sobre a carta, etc.

### **Orientação das cartas**

Para usar as cartas adequadamente, é preciso saber como configurar as orientações Norte-Sul e Leste-Oeste ao criar uma carta, e como orientá-las corretamente em relação ao céu.

Se você está observando com binóculos ou a olho nu, por exemplo, você vai querer criar uma carta de maneira que o Norte está acima e o Oeste à direita. Por outro lado, se você está usando um telescópio refletor, com um número par de

Figura 3.2 – Tipos de cartas



## Orientação das Cartas

Qualquer que seja o tipo de carta, a posição da variável mudará com relação ao horizonte enquanto a Terra gira e a carta deve estar orientada segundo as seguintes regras:

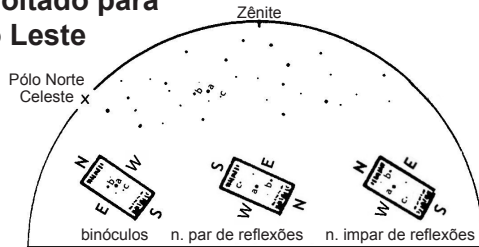
1. Olhe para o céu na direção em que a distância entre a variável e o horizonte seja a menor.
2. Suspenda a carta acima de sua cabeça, e próxima à variável.

3. Para cartas regulares (Sul acima e Leste à direita), gire-a de modo que o Sul esteja apontando para Polaris (No hemisfério Sul, aponte o Norte na direção do Pólo Sul Celeste). Se usar uma carta feita para binóculos ou uma carta invertida, aponte o Norte para Polaris (no hemisfério Sul, aponte o Sul para o Pólo Sul Celeste).

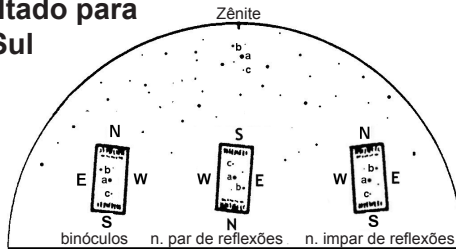
4. Ponha a carta para baixo em uma posição confortável sem mudar sua orientação.

### Hemisfério Norte

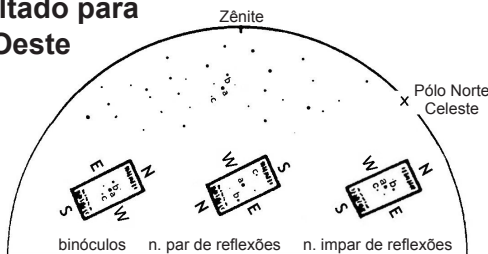
#### Voltado para o Leste



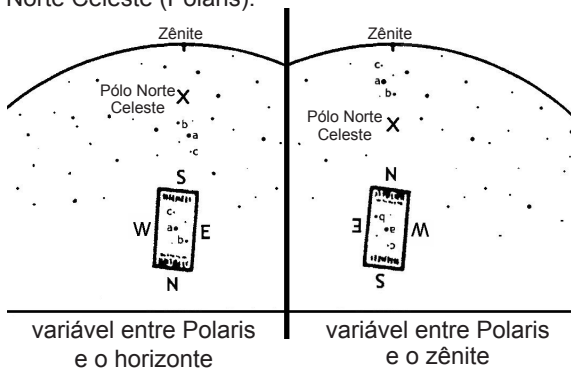
#### Voltado para o Sul



#### Voltado para o Oeste

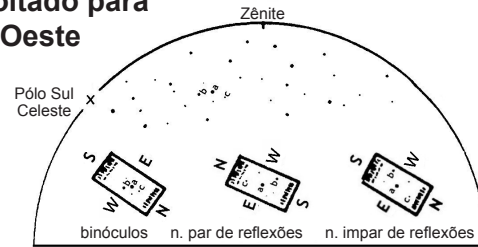


**Voltado para o Norte** - Carta deverá ser mantida de cabeça para baixo se a variável estiver acima do Pólo Norte Celeste (Polaris).

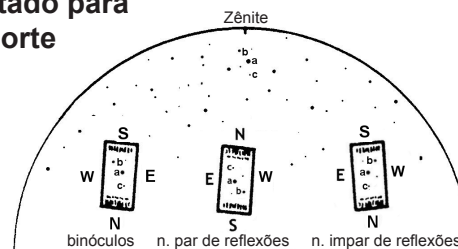


### Hemisfério Sul

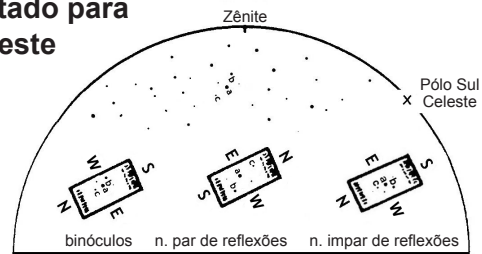
#### Voltado para o Oeste



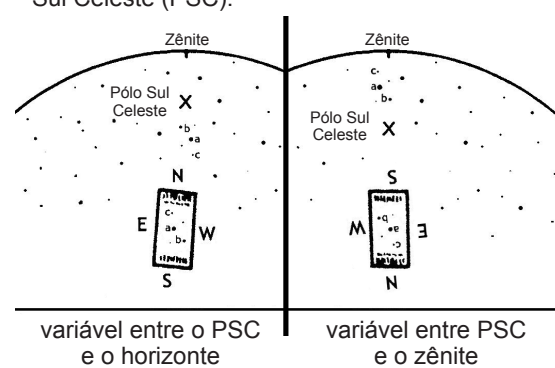
#### Voltado para o Norte



#### Voltado para o Leste



**Voltado para o Sul** - Carta deverá ser mantida de cabeça para baixo se a variável estiver acima do Pólo Sul Celeste (PSC).



reflexões (resultando em um campo invertido de cabeça para baixo), você vai querer fazer uma carta na qual o Sul está acima e o Leste à direita. Para observações com telescópios Refratores e Schmidt-Cassegrain, uma diagonal  $90^\circ$  é geralmente usada, resultando em um número ímpar de reflexões. Isso produz uma imagem que está de cabeça para cima, mas invertida de Leste para Oeste (como numa imagem de espelho). Neste caso, você provavelmente preferirá usar as cartas invertidas da AAVSO, nas quais o Norte está acima, e o Leste à direita. A Figura 3.2 ilustra as diferentes maneiras de preparar suas cartas, enquanto as ilustrações na página anterior lhe mostram como segurá-las para que correspondam com o céu.

### **A escala de magnitudes**

A escala de magnitude pode, a princípio, parecer confusa, porque quanto maior é o número, mais débil é a estrela. O limite de visibilidade médio do olho nu é a magnitude 6. Estrelas como Antares, Spica e Pollux são de magnitude 1 (um), enquanto Arcturus e Vega têm magnitude 0 (zero). Canopus, uma estrela muito brilhante, tem magnitude -1 (menos um) e a estrela mais brilhante do céu, Sirius, tem magnitude -1,5 (menos um e meio).

Nas cartas da AAVSO, as estrelas de comparação são designadas por um número que indica a magnitude até a casa decimal. Omite-se o ponto decimal para evitar a confusão com os pontos que marcam as estrelas. Assim 84 e 90 indicam duas estrelas cujas magnitudes são 8,4 e 9,0 respectivamente.

As magnitudes das estrelas de comparação usadas nas cartas da AAVSO foram determinadas, cuidadosamente, com instrumentos especiais (fotômetros fotoelétricos e CCD) e são consideradas como padrões para estimar a magnitude da variável. É importante que o observador registre quais estrelas de comparação ele usou quando realizou uma estimativa de brilho da variável.

Como a escala de magnitude é logarítmica, uma estrela “duas vezes menos brilhante” que outra não poderia ser representada pelo dobro da magnitude da outra (veja o quadro da página

## **Medindo o Brilho das Estrelas**

*- Retirado do Manual de  
Astronomia de Estrelas Variáveis da AAVSO*

O método que utilizamos hoje para comparar o brilho aparente das estrelas foi estabelecido na antiguidade. A Hiparco, um astrônomo grego que vivia no século II a.C., se atribui a formação de um sistema para classificar o brilho das estrelas. Ele chamou a estrela mais brilhante de cada constelação de “primeira magnitude”. Ptolomeu, no ano de 140 d.C., refinou o sistema de Hiparco e usou uma escala de 1 a 6 para comparar o brilho das estrelas, sendo 1 a mais brilhante, e 6 a mais débil.

Os astrônomos, em meados do século XIX, quantificaram estes números e modificaram o velho sistema grego. As medidas mostraram que as estrelas de magnitude 1 eram 100 vezes mais brilhantes que as de magnitude 6. Também se calculou que o olho humano percebe uma variação de 1 magnitude como se fosse 2,5 vezes mais brilhante. Assim uma mudança de 5 magnitudes seria  $2,5^5$  (aproximadamente 100) vezes mais brilhante. Dessa forma, uma diferença de 5 magnitudes foi definida exatamente como uma diferença de 100 de brilho aparente.

Dado que 1 magnitude é igual à raiz quinta de 100, ou aproximadamente 2,5; assim, o brilho aparente de dois objetos pode ser comparado subtraindo a magnitude do objeto mais brilhante da magnitude do mais tênue, e elevando o fator 2,5 a essa diferença. Por exemplo, Vênus e Sirius têm mais ou menos 3 magnitudes de diferença. Isto supõe que Vênus é  $2,5^3$ , ou quase quinze vezes mais brilhante que Sírius. Em outras palavras, seriam necessárias 15 estrelas com o brilho de Sírius, concentradas em um ponto do céu, para igualar o brilho de Vênus.

Segundo esta escala, alguns objetos são tão brilhantes que têm magnitudes negativas, enquanto que os telescópios mais poderosos (como o Telescópio Espacial Hubble) podem “ver” objetos até uma magnitude de aproximadamente +30.

### *Magnitude Aparente de Alguns Objetos:*

Sol	-26,7	Sírius	-1,5
Lua Cheia	-12,5	Vega	0,0
Vênus	-4,6 (máx)	Polaris	2,0



anterior, *Medindo o Brilho das Estrelas*, para uma explicação mais detalhada). Por esta razão, o observador deve ter o cuidado de escolher estrelas de comparação que não estejam demasiado afastadas em brilho – não mais que 0,5 ou 0,6 magnitudes de distância – quando está fazendo as estimativas de brilho.

### **Magnitude Limite**

É melhor usar a ajuda óptica só o necessário para ver a estrela com mais facilidade. Em geral, se a variável é mais brilhante que a magnitude 5, é melhor realizar a estimativa de brilho a olho nu; se está entre 5 e 7, é recomendável usar um buscador ou um bom binóculo; e se está com magnitude superior a 7, é aconselhável usar binóculos de grandes aumentos ou um telescópio de 3 polegadas (76mm) de abertura ou mais.

**As estimativas de brilho são mais fáceis de fazer e mais corretas quando se realizam entre 2 e 4 magnitudes abaixo do limite do instrumento.**

A Tabela 3.1 serve como guia para obter a magnitude limite aproximada de acordo com o tamanho do instrumento/telescópio. O que realmente se pode observar com seu equipamento poderá ser muito diferente disso, dependendo das diferentes condições de observação ou da qualidade do telescópio. Poderia ser útil criar sua própria tabela de magnitudes limites por meio de um atlas celeste ou por meio de uma carta com magnitudes de estrelas não variáveis fáceis de encontrar.

Tabela 3.1 – *Magnitudes-limite típicas*

		Olho	Binoc.	15cm	25cm	40cm
Cidade	Média	3,2	6,0	10,5	12,0	13,0
	Melhor	4,0	7,2	11,3	13,2	14,3
Semi-Escuro	Média	4,8	8,0	12,0	13,5	14,5
	Melhor	5,5	9,9	12,9	14,3	15,4
Muito Escuro	Média	6,2	10,6	12,5	14,7	15,6
	Melhor	6,7	11,2	13,4	15,6	16,5

Quando uma estrela fraca vizinha é encontrada próxima à variável, certifique-se de não confundir uma com a outra. Se a variável está próxima do limite de visibilidade, e alguma dúvida existe quanto à identificação positiva, anote isso em seu relatório.

*O observador com experiência não perde tempo com variáveis que possuem magnitudes acima do limite de seu telescópio.*

### **Identificação da variável**

Lembre que a variável pode ou não ser visível com seu telescópio em um dado instante em que é feita a busca, dependendo de a estrela estar no seu brilho máximo, mínimo, ou entre eles.

Quando achar que encontrou a variável, compare a região em volta da estrela com a carta com muito cuidado. Se há alguma estrela no campo que não corresponde com o brilho ou com a localização, você poderá estar observando a estrela errada. Tente de novo.

Uma ocular de maior aumento será necessária quando a variável é mais débil ou está em um campo lotado de estrelas. Também, provavelmente será necessário usar as cartas de escalas “D” ou “E” para identificar positivamente a estrela. Quando observar, relaxe. Não perca tempo com variáveis que não pode localizar. Se não puder localizar uma variável depois de um esforço razoável, anote e dirija-se à variável seguinte. Depois de sua sessão de observação, reexamine o atlas, as cartas, e tente encontrar a razão de não ter conseguido identificar a variável. Na observação seguinte, tente encontrá-la novamente.

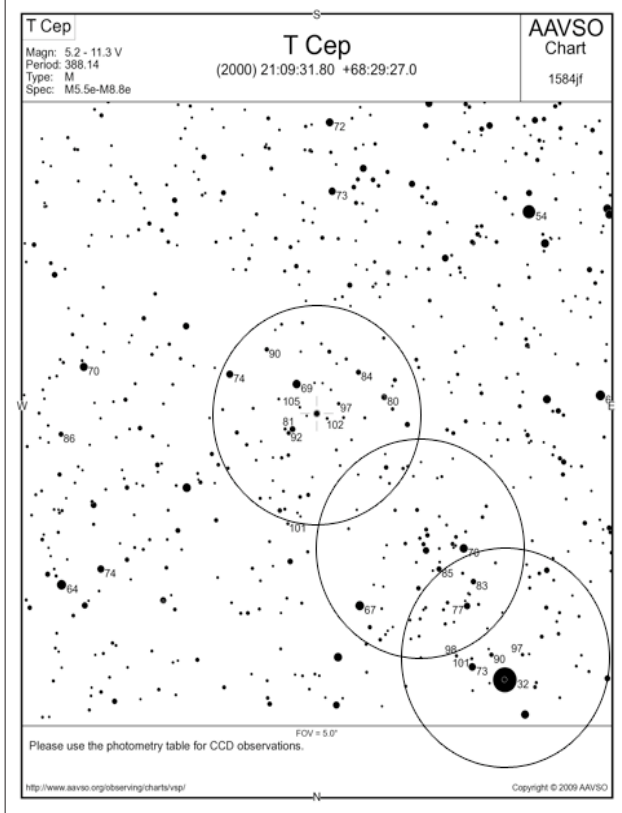
### **Estimando o brilho da variável**

O poder de resolução de qualquer instrumento óptico é maior no centro do campo. Assim sendo, quando a estrela de comparação e a variável estão muito separadas, não se deve tentar observá-las ao mesmo tempo, e sim uma depois da outra, focalizadas no centro do campo.

Se a variável e a estrela de comparação estão próximas uma da outra, deve-se localizá-las a mesma distância do centro do campo, fazendo a linha imaginária entre as duas estrelas mais

Figura 3.3 – *Saltando entre as estrelas*

A carta abaixo é utilizada para ilustrar um típico salto entre estrelas, partindo da estrela chave mais brilhante, beta Cep, até a estrela variável T Cep. Note que o campo de visão do observador foi desenhado e que um asterismo brilhante foi utilizado para encontrar o caminho até a variável.



paralela o possível da linha de conexão que une os seus olhos, para evitar o que se chama de “erro de ângulo de posição”. Se não for possível, gire sua cabeça, ou diagonal, se estiver utilizando. O efeito do ângulo de posição pode produzir erros de até 0,5 magnitudes.

É bom realçar que toda observação deve ser feita próxima ao centro do campo do instrumento. A maioria dos telescópios não tem 100% de iluminação no centro de todas as oculares e há mais aberrações quando se observa mais afastado do centro, tanto da objetiva dos refratores como dos espelhos dos refletors.

Use ao menos duas estrelas de comparação, ou mais, se possível. Se o intervalo entre as estrelas de comparação é muito grande, 0,5 magnitudes ou mais, tenha muito cuidado em como determinar o intervalo entre a estrela de comparação mais

brilhante e a variável, e a estrela menos brilhante e a variável.

Anote exatamente o que você vê, sem se importar se existem discrepâncias com observações anteriores. A cada sessão de observação, você deve estar com a mente limpa, não permita que sua observação seja prejudicada por suas observações anteriores ou o que você pensa estar acontecendo à estrela.

Se a variável não está visível porque está muito débil, há neblina ou luar intenso, registre a estrela menos brilhante da região. Se essa estrela for de magnitude 11,5, anote sua observação da variável como <11,5, que significa que a variável está invisível e deve ter estado menor que, ou mais fraca que, a magnitude 11,5. O símbolo “<” apontando para a esquerda significa “mais débil que”.

Quando se observa variáveis que têm uma cor predominantemente vermelha, recomenda-se que a estimativa seja feita pelo método conhecido por “golpe de vista”, ao invés de uma observação prolongada. Devido ao *efeito Purkinje*, as estrelas vermelhas têm a tendência de excitar a retina quando se observa por um longo período de tempo. Em consequência disto, as estrelas vermelhas aparecem falsamente mais brilhantes do que realmente são, quando comparadas com estrelas azuis, produzindo assim uma impressão errada das magnitudes relativas destas estrelas.

Outro método altamente recomendado para fazer estimativas de estrelas vermelhas é o método de “desfoque”. A ocular deve ser retirada de foco, de modo que as estrelas apareçam como discos sem cor. Desta maneira, se evita um erro sistemático devido ao efeito Purkinje. Se a cor da variável for visível mesmo quando as estrelas estão fora de foco, talvez seja necessário um telescópio menor ou uma máscara de abertura.

Para estrelas mais fracas, talvez seja de seu interesse realizar as estimativas usando a visão periférica. Para fazer isso, mantenha a variável e as estrelas de comparação no centro do campo e concentre sua visão na borda e, dessa forma, use a visão periférica. A razão de como isso funciona está explicada duas páginas a seguir.

## **Registrando**

Para suas observações, utilize sempre um caderno com encadernação fixa ao invés de uma pasta ou caderno de folhas removíveis. Mantenha sempre intactos seus livros de notas. Para qualquer correção em suas notas, ou reduções, use uma cor diferente da anotação original e as date. Pode-se também usar um segundo caderno, de folhas separáveis, ou uma pasta, para ter à mão os totais do mês, cópias dos informes enviados, notícias e qualquer outra informação relevante. Os registros no computador devem ser gravados em um sistema seguro e guardados para referência futura.

Suas notas de observações também devem incluir todas as distrações que podem ocorrer, como outras pessoas presentes, luzes, ruídos ou qualquer outra coisa que pode afetar sua concentração.

Se, por qualquer razão, a magnitude é duvidosa, anote em seu relatório, dando as razões da dúvida.

É essencial que os registros se mantenham de tal modo que o observador não se veja prejudicado pelo conhecimento da magnitude da estrela obtida na última vez que foi observada. O observador deve se determinar a realizar todas as estimativas de forma independente, sem referência a observações anteriores.

No título da capa de cada página de seu diário de observação, anote o dia Juliano (explicado no capítulo 5), o dia, mês e ano da observação. É bom utilizar a notação de “dia duplo” para evitar as confusões em observações feitas depois da meia-noite, como, por exemplo, DJ 245388, sábado-domingo, 10-11 de julho de 2010. Em caso de erro de uma das datas, provavelmente a outra marcará a data verdadeira.

Se você dispõe de mais de um instrumento de observação, indique qual foi usado para cada observação.



## A luz das estrelas em seus olhos-Retirado do Manual de Astronomia de Estrelas Variáveis da AAVSO

O olho humano se parece com uma câmera fotográfica. O olho está equipado com sistemas automáticos de limpeza e lubrificação, um medidor de exposição, um buscador de campo automático e uma fonte permanente de película. A luz atravessa a córnea, que é um envoltório transparente sobre a superfície do olho, e passa por uma lente transparente, o cristalino, segurado pelos músculos ciliares. A íris, em frente à lente, se abre e se fecha como o obturador de uma câmera, para regular a quantidade de luz que entra no olho, contraindo ou dilatando a pupila. A íris dilata-se ou contrai-se mais lentamente conforme avança a idade; as crianças e os jovens adultos têm pupilas que podem dilatar até 7 ou 8 mm; mas, aos 50 anos, não é comum que a máxima abertura da pupila seja superior a 5 mm, reduzindo fortemente a capacidade do olho de coletar luz. A córnea e o cristalino, juntos, atuam como uma lente de distância focal variável que focaliza a imagem de um objeto para formar uma imagem real na superfície posterior do olho, chamada retina. Como o tamanho da pupila se contrai com a idade, a retina de uma pessoa de 60 anos recebe um terço da luz que a retina de uma pessoa de 30 anos.

A retina atua como uma película de uma câmera fotográfica. Contém cerca de 130 milhões de células sensíveis a luz, chamadas cones e bastonetes. A luz absorvida por essas células inicia uma reação fotoquímica que gera impulsos elétricos nos nervos ligados aos cones e aos bastonetes. Os sinais dos cones e bastonetes individualmente se combinam em uma rede complexa de células nervosas e são transferidos dos olhos até o cérebro pelo nervo óptico. O que vemos depende de quais cones e bastonetes são excitados pela luz absorvida e na forma com que se combinam e como são interpretados pelo cérebro os sinais de diferentes cones e bastonetes. Nossos olhos "pensam" muito sobre quanta informação deve ser enviada e descartada.

Os cones estão concentrados em uma parte da retina chamada fóvea. A fóvea tem uns 0,3 mm de diâmetro e contém cerca de 10.000 cones, e nenhum bastonete. Cada cone nesta região tem sua própria fibra conectada ao cérebro pelo nervo óptico. Devido à grande quantidade de nervos que saem desta área tão pequena, a fóvea é a melhor área da retina para resolver detalhes minúsculos de um objeto brilhante. Além de fornecerem uma região de alta precisão visual, os cones na fóvea e em outras regiões da retina estão especializados em detectar as diferentes cores da luz. A capacidade de "ver" as cores das estrelas é muito reduzida, pois a intensidade das cores não é suficiente para estimular os cones. Outra razão é que a transparência do cristalino diminui ao longo do tempo devido a sua crescente

opacidade. O cristalino dos bebês é tão transparente que, por ele, passam comprimentos de onda de até 3500 Å (Angstrom), no violeta profundo.

A concentração de cones diminui ao se afastar da fóvea. Nestas regiões periféricas, dominam os bastonetes. Sua densidade na retina é quase a mesma que a dos cones na fóvea. Contudo, os sinais de luz de uns 100 bastonetes adjacentes se combinam em uma só célula nervosa que os leva ao cérebro. Esta combinação de sinais dos bastonetes reduz nossa capacidade de ver detalhes finos de um objeto, mas ajuda a ver objetos tênues, porque uma quantidade de sinais fracos se combinam em um único sinal muito mais intenso. Esta é a razão pela qual é mais fácil estimar a magnitude de uma variável débil sem olhar diretamente para ela, mas sim para a periferia ao seu redor.

Um olho normal pode focalizar um objeto em qualquer lugar desde uns 8 cm até o infinito. Esta capacidade para focalizar objetos a diferentes distâncias se chama acomodação.

De forma diferente de uma câmera, que utiliza uma lente de distância focal fixa e uma distância variável da imagem para adaptar-se às diferentes distâncias dos objetos, o olho tem uma distância fixa da imagem de uns 2,1 cm (a distância da córnea e cristalino à retina) e um sistema de distância focal variável. Quando o olho focaliza objetos distantes, o músculo ciliar ligado ao cristalino relaxa e o cristalino fica menos encurvado. Enquanto diminui a curvatura, a distância focal aumenta e se forma uma imagem na retina. Se o cristalino continuasse

achatado e o objeto se aproximasse, a imagem se formaria por detrás da retina, ocasionando uma imagem sem definição na retina. Para evitar isso, os músculos ciliares se contraem e aumentam a curvatura da lente, reduzindo sua distância focal. Com a distância focal reduzida, a imagem se forma mais a frente e outra vez a imagem fica clara e focalizada na retina. Se seus olhos se cansam depois de ler durante horas, é porque os músculos ciliares estiveram tensos para manter curvado o cristalino de seus olhos.

O ponto mais afastado do olho é a maior distância em que se pode focalizar um objeto com olho relaxado. O ponto mais próximo do olho é a menor distância em que se pode focalizar um objeto com o olho tensionado. Para o olho normal, o ponto mais afastado é efetivamente o infinito (podemos focalizar a Lua e as estrelas), e o ponto mais próximo é em torno de 8 cm. Esta "lente zoom" variável muda com a idade e a mínima distância vai crescendo até que fica difícil focalizar a imagem mesmo a 40 cm, dificultando a leitura de cartas e instrumentos. O envelhecimento do olho altera lentamente a forma como vemos o universo.

