

## 21.2.9 MEDIÇÃO DE ALTURAS COM O SEXTANTE

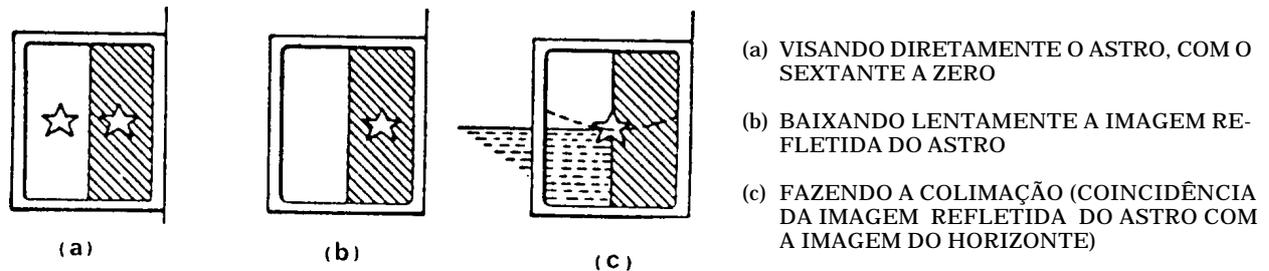
a. Fazer uma rápida verificação do **erro instrumental (ei)** antes de cada série de observações, visando o **horizonte do mar**.

b. Focalizar a luneta, com um objetivo distante ou com o **horizonte** do mar, durante o dia; ou com as **estrelas**, se for à noite. Convém que o observador faça, em seu próprio **sextante**, uma marca no tubo da **ocular**, indicando a posição de focalização para sua vista.

c. Colocar-se, com o **sextante** indicando zero, aproximadamente no **vertical do astro**, orientando-se na direção do seu **azimute**.

d. Visar o **astro** e, deslocando a **alidade** ao longo do **arco graduado**, ao mesmo tempo em que se abaixa lentamente o **sextante**, levar a **imagem refletida do astro** a coincidir com a **imagem direta do horizonte** (figura 21.27).

**Figura 21.27 – Coincidência da Imagem Refletida do Astro com a Imagem do Horizonte**



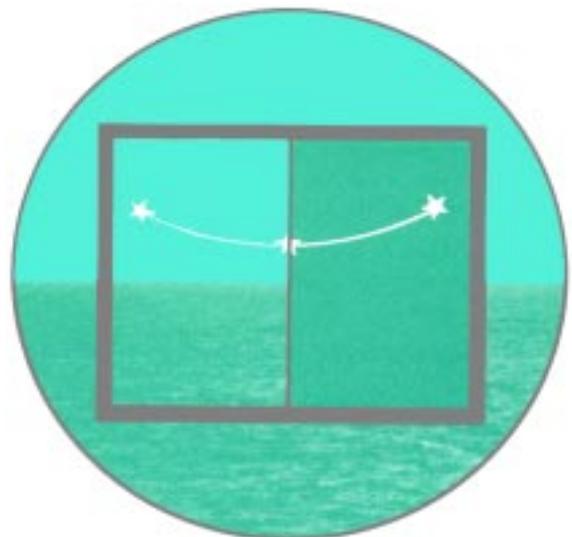
e. **Balancear**, então, o **sextante**, girando-o em torno do seu **eixo ótico**, sem perder de vista a imagem do astro, para determinar exatamente o **vertical do astro**, como mostrado na figura 21.28. O **balanceamento do sextante** é fundamental para a precisão da medida. Uma **altura** medida fora do vertical será sempre maior do que a **altura verdadeira do astro** no instante da observação (figura 21.29).

**Figura 21.28 – Balanceamento do Sextante**

f. Após **balancear o sextante** e determinar corretamente o **vertical do astro**, caprichar na **colimação** (coincidência da **imagem refletida do astro** com a **imagem direta do horizonte**), atuando no **tambor do micrômetro**.

g. Anotar a **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação (com precisão de 0,5<sup>s</sup>) e o valor da **altura instrumental** (com precisão de 0,1'). Anotar, também, a **Hora Legal** correspondente às observações, pois servirá para eliminar dúvidas.

h. Para reduzir a influência dos **erros acidentais**, observar, para cada astro, uma



série de alturas (3 a 5) em breve intervalo, e tomar a **média das alturas** e das **horas**. Não insistir demasiado em fazer a **colimação**, a fim de não fatigar a vista.

Figura 21.29 – Erro Decorrente da Observação Fora do Vertical do Astro

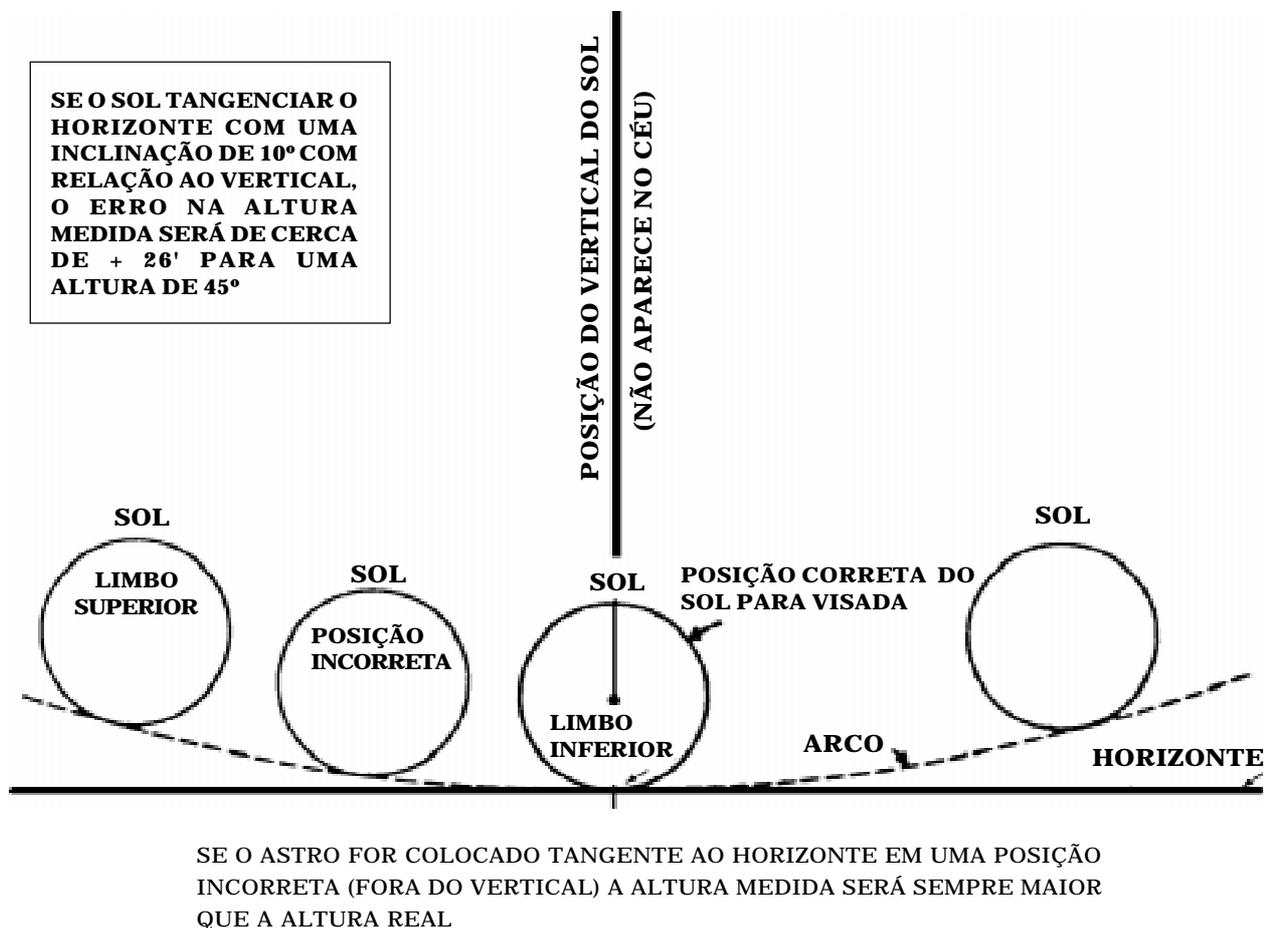


Figura 21.30 – Observação do Sol (Limbo Inferior)

i. Visando o **Sol**, observar, de preferência, o **limbo inferior** (figura 21.30). Somente se este estiver nublado ou mal definido, observar o **limbo superior** (figura 21.31). Nunca visar o **Sol** sem utilizar os **vidros corados**.

j. Não observar o **Sol** em **alturas menores** que 15°, porque os efeitos da **refração** são incertos.

l. Quando o **Sol** estiver próximo do **Zênite**, determinar seu **azimute** por tábuas (ou cálculo) e, com a agulha, definir o **vertical** do astro, no **horizonte**.

m. As **estrelas** e os **planetas** são normalmente observados nos **crepúsculos matutino** e **vespertino**, quando se enxerga o **astro** e o **horizonte** está bem definido.

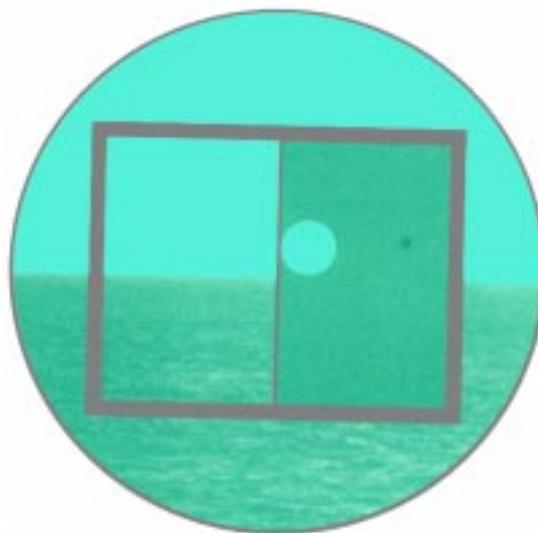
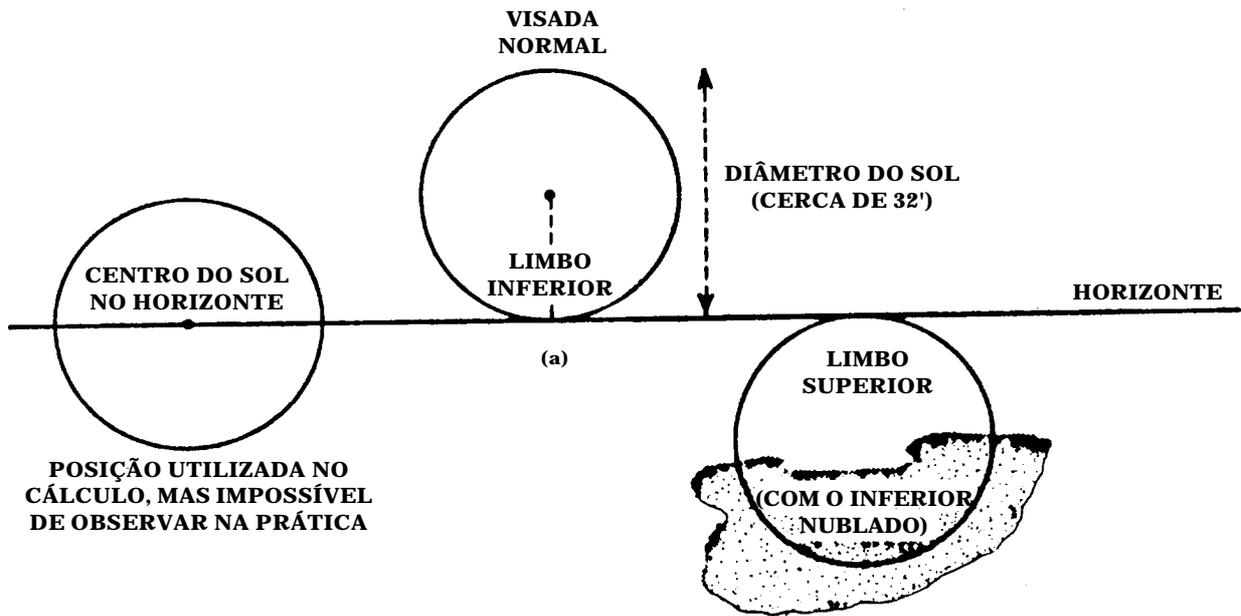


Figura 21.31 – Observação dos Limbos Inferior e Superior do Sol



n. Não observar **estrelas** e **planetas** com **alturas inferiores** a  $15^\circ$  (para evitar grandes erros provenientes da possibilidade de existência de **refração** anormal) ou **superiores** a  $60^\circ$ – $70^\circ$  (dada a dificuldade de localizar exatamente o **vertical do astro**).

o. As **estrelas** e os **planetas** a observar devem ser convenientemente escolhidos, determinando-se previamente a **altura** e o **Azimute** aproximado de cada **astro**, através do **preparo do céu**, que será explicado no Capítulo 30. Nestas condições, fica facilitado o reconhecimento dos astros, sendo, até mesmo, possível localizar e observar astros que, no **crepúsculo vespertino**, ainda não são visíveis a olho nu, ou, no **crepúsculo matutino**, já não o são.

p. É mais fácil escolher o momento propício para observar no **crepúsculo da tarde** que no da manhã. De tarde, a determinação das **alturas** é efetuada logo que os **astros escolhidos** sejam visíveis no **sextante**. De manhã, as **estrelas** começam por estar todas visíveis, mas, à medida que o dia vai clareando, desaparecem bruscamente. Se o observador, na expectativa de melhor **horizonte**, vai adiando a observação, arrisca-se a perder as **estrelas**; se, receoso do seu desaparecimento, precipita a observação, arrisca-se a não fazê-la nas melhores condições de **horizonte**. É de boa prática, no **crepúsculo matutino**, começar a efetuar as observações logo que o **horizonte** esteja razoavelmente distinto e ir continuando a observar até que as **estrelas** desapareçam, aproveitando, para cada astro, a melhor série de observações efetuadas. O período conveniente para as observações com o **sextante** nos **crepúsculos matutino** e **vespertino** será abordado no Capítulo 23.

q. No **crepúsculo vespertino**, o **horizonte** a **Leste** escurece primeiro. Por esta razão, como regra geral, é de boa prática observar primeiro as **estrelas** situadas a **Leste**. Por outro lado, no **crepúsculo matutino** o **horizonte** a **Leste** clareia primeiro, o que permite, igualmente, observar primeiro as **estrelas** a **Leste** (que, também, desaparecerão mais cedo, com o clarear do dia). Com prática, o observador será capaz de determinar a ordem de observação das **estrelas**, avaliando os vários fatores envolvidos: **magnitude** e **altura** da estrela e grau de iluminação do **horizonte**.

r. Quando houver dificuldade para trazer a **estrela** até o horizonte, pode-se inverter o **sextante** e visar diretamente a **estrela** (conforme mostrado na figura 21.32), levando, em seguida, a **imagem refletida** do **horizonte** a tangenciar a **imagem direta** da **estrela**. Conservando a **alidade** na mesma graduação, inverter o **sextante** para a posição normal e, atuando no **tambor do micrômetro**, concluir a colimação, **balanceando** o instrumento e fazendo a **estrela** tangenciar precisamente o **horizonte** (figura 21.33). Este processo é recomendado quando se tem o **horizonte** bem iluminado e a **estrela** pouco brilhante e mal definida.

Figura 21.32 – Uso do Sextante Invertido

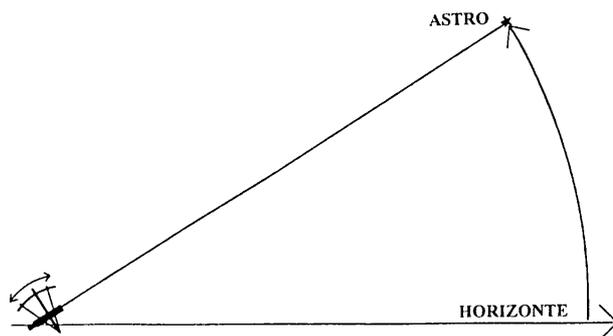
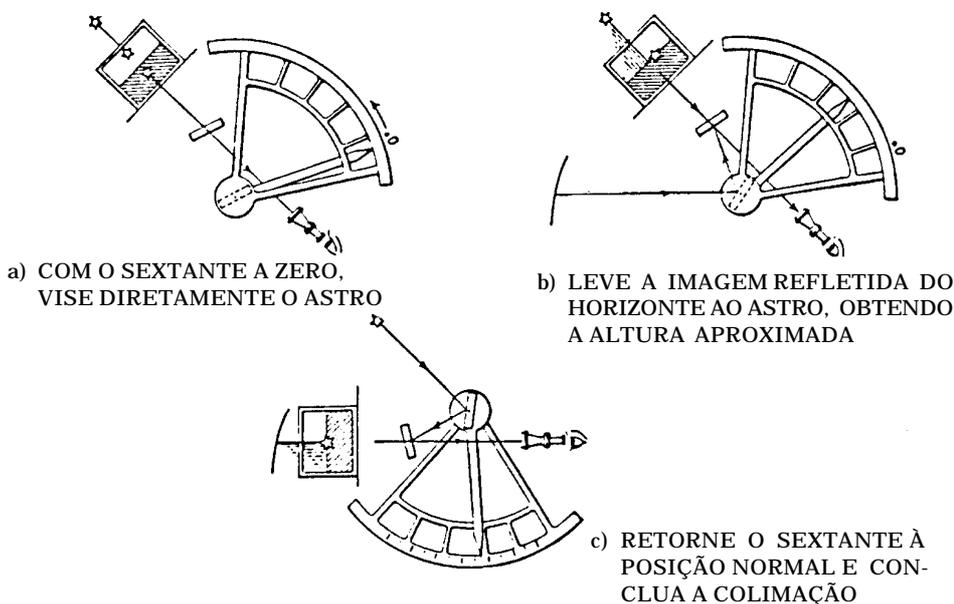
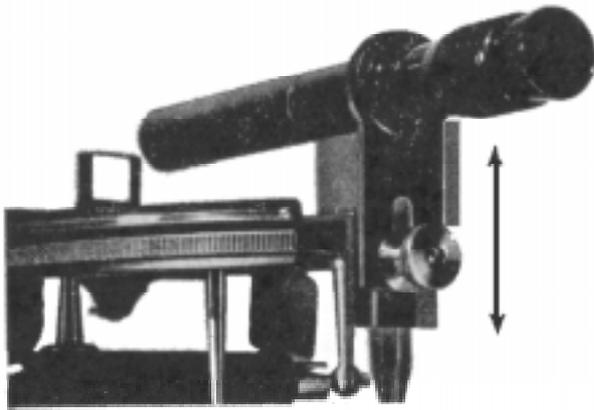


Figura 21.33 – Observação com o Sextante Invertido



s. Observações cuidadosas da **Lua** durante o dia, sob boas condições, proporcionam excelentes **linhas de posição (LDP)**. Nos **crepúsculos**, pode ser necessário utilizar vidros corados para atenuar a imagem da **Lua**, de maneira que o **horizonte** no vertical do astro não seja obscurecido pelo seu brilho.

t. Por causa das **fases da Lua**, observações do **limbo superior** são quase tão frequentes como as do **limbo inferior**. Em **quarto crescente**, com a **Lua** a **Leste**, observar o **limbo superior**; com a **Lua** a **Oeste**, observar o **limbo inferior**. Em **quarto minguante**, com a **Lua** a **Leste**, observar o **limbo inferior**; com a **Lua** a **Oeste**, observar o **limbo superior**.

**Figura 21.34 – Variação da Distância da Luneta ao Plano do Arco**

u. Notas finais sobre observações de **alturas** com o **sextante**:

– com **horizonte brumoso**, situar-se o **mais baixo possível**, a fim de **aproximar** o **horizonte** do observador;

– com **horizonte mal definido** por causa das **vagas**, situar-se o **mais alto possível**;

– não observar em posição tal que o **vertical** do **astro** passe pelas proximidades das chaminés do navio, pois o ar aquecido perturba a trajetória dos raios luminosos;

– alguns **sextantes** permitem variar a distância entre a **luneta** e o **plano do limbo** (figura 21.34). Neste tipo de **sextante**, recomenda-se o seguinte procedimento:

I – aproxima-se a **luneta** do **plano do instrumento** para dar maior luminosidade à parte estanhada do **espelho pequeno**; assim, obter-se-á melhor visibilidade para as estrelas no início do **crepúsculo**; e

II – afasta-se a **luneta** do **plano do instrumento** para dar maior luminosidade à parte não estanhada (**imagem direta**) do **espelho pequeno**;

– é necessário mencionar, novamente, a importância de **balancear** o **sextante** por ocasião da observação de **alturas**. O balanceamento tem por fim garantir que a observação se faça no **vertical do astro**, o que é de capital importância para a precisão da medida; uma **altura** medida fora do **vertical do astro** será sempre maior que a altura verdadeira no mesmo instante, sendo que o erro decorrente pode atingir valores que invalidam a observação; e

– quando o **horizonte** no **vertical do astro** não for próprio para observação, pode-se tentar determinar, se o instrumento permitir, o **suplemento da altura**, virando as costas para o **astro** e observando-o na recíproca do seu azimute.

## 21.2.10 CONSERVAÇÃO E USO DO SEXTANTE

O sextante deve ser manuseado sempre com grande cuidado a fim de não se desajustarem suas peças. Deve-se segurá-lo pelo **punho**, ou pelo **setor**, nunca pela **alidade** ou pelo **arco (limbo)**. Evitar choques e quedas, e que os filetes da rosca da **luneta** mordam os da **gola**. Não deslocar a **alidade** “à meia trava”, isto é, não deixar arranhar os dentes da **cremalheira do arco** na **alidade** por descuido em calcar os **botões de pressão** próprios. Não deixá-lo exposto ao **Sol** além do tempo necessário às observações. Enxugar cuidadosamente todas as suas partes, sempre que houver trabalhado com tempo úmido, ou o instrumento houver sido exposto ao borrifo do mar, cuidando, entretanto, para não exercer pressão demasiada sobre os **espelhos**.

Verificar constantemente o estado da pilha que faz parte do **sistema de iluminação** do **sextante**; se ela sulfatar, e isto não for observado em tempo, o **sextante** poderá sofrer sérios estragos.

## 21.2.11 ERROS NA MEDIÇÃO DE ALTURAS COM O SEXTANTE

A medida de **alturas** de astros com o **sextante** pode ser afetada por erros do instrumento, de observação ou de leitura. Segundo suas origens, tais erros podem ser classificados em:

### a. ERROS SISTEMÁTICOS

São erros que afetam de forma semelhante toda uma série de observações. Entre esses, podem-se citar:

I – **Erro instrumental e erro de excentricidade**: estes erros devem ser conhecidos e computados nas observações, para garantir o rigor das alturas medidas. Entretanto, admite-se que restará sempre um pequeno erro, decorrente do conhecimento imperfeito do **erro de excentricidade** e da determinação imperfeita do **erro instrumental**. Este erro, contudo, é geralmente muito pequeno, não trazendo problemas significativos para as observações efetuadas.

II – **Erro produzido pela refração terrestre anormal**: as correções das alturas medidas para a depressão, como veremos no próximo capítulo, consideram valores médios para a refração. Condições anormais de refração podem conduzir a erros notáveis (da ordem de 7' ou 8'), prejudicando seriamente o rigor das alturas observadas. O navegante deve ficar atento para a ocorrência dessas condições.

III – **Erro pessoal de colimação**: erro devido ao critério ótico com que o observador avalia o contato da **imagem refletida** do **astro** com a **imagem direta** do **horizonte**. É também denominado de **equação pessoal do observador** e, normalmente, pode ser reduzido com a prática. Quanto mais o navegante praticar o uso do **sextante**, melhor fará a coincidência dos astros observados com o **horizonte** e menor será o seu **erro pessoal da colimação**.

### b. ERROS ACIDENTAIS

Entre esses, citam-se:

I – **Erro de leitura**.

II – **Erro decorrente de observação fora do vertical do astro**, por **balanceamento deficiente** do instrumento.

III – **Erro acidental de colimação**, produzido por contato imperfeito da **imagem refletida** do **astro** com o **horizonte**; imagem pouco nítida do astro; horizonte brumoso; falsos horizontes; mar grosso; balanço do navio ou embarcação, etc.

Para eliminar ou, pelo menos, atenuar os efeitos dos **erros acidentais** deve-se tomar não uma altura isolada, mas uma série de alturas (de **3 a 5**) de cada astro observado, com o menor intervalo de tempo possível entre elas, e aplicar o princípio da **média**, tanto às **alturas** como às **horas** correspondentes aos instantes de observação.

Todavia, quando o astro está próximo do meridiano a grande altura (superior a 80°) não convém calcular com a média das alturas e das horas, mas sim separadamente, cada altura com sua hora, e comparar depois os resultados obtidos, para verificar sua coerência e detectar possíveis **erros acidentais**.

Além disto, é essencial que se tenha o maior cuidado no balanceamento e em fazer a colimação do astro no horizonte, em todas as observações com o **sextante**.

### 21.2.12 OCTANTES, QUADRANTES E QUINTANTES

São instrumentos cuja construção está baseada no mesmo princípio do **sextante**, mas cujos arcos representam, respectivamente, um oitavo, um quarto e um quinto do círculo. Na prática da navegação, contudo, todos esses instrumentos são denominados **sextantes**, não se levando, assim, em consideração o comprimento dos seus respectivos arcos. Alguns **sextantes** têm seus arcos graduados até  $140^\circ$  ou mais (figura 21.3).

### 21.2.13 SEXTANTES DE BOLHA

São sextantes em que um **horizonte artificial**, fornecido por um **nível de bolha**, cilíndrico ou esférico, materializa o **horizonte aparente**, possibilitando, assim, ao navegante a medida de **altura de astros** a qualquer hora do dia ou da noite e independentemente do **horizonte do mar**.

**Figura 21.35 – Sextante de Bolha**



Embora o princípio do **sextante de bolha** e os esforços para sua construção sejam quase tão antigos como o **sextante náutico** propriamente dito, o desenvolvimento do moderno **sextante de bolha** (figura 21.35) resultou das necessidades da aviação. Ademais, os **sextantes de bolha** também foram usados em submarinos, quando vinham à superfície durante a noite para determinar uma posição, em ocasiões em que o **horizonte do mar** era impossível de ser distinguido.

Em todos os tipos de **sextante de bolha**, a **bolha do nível** marca o **horizonte**. Quando ela está no centro do **campo de visão**, o instrumento está **nivelado**. Quando a imagem do **astro observado** e da **bolha** coincidem no **centro do campo**, a leitura do instrumento é a **altura** do astro.

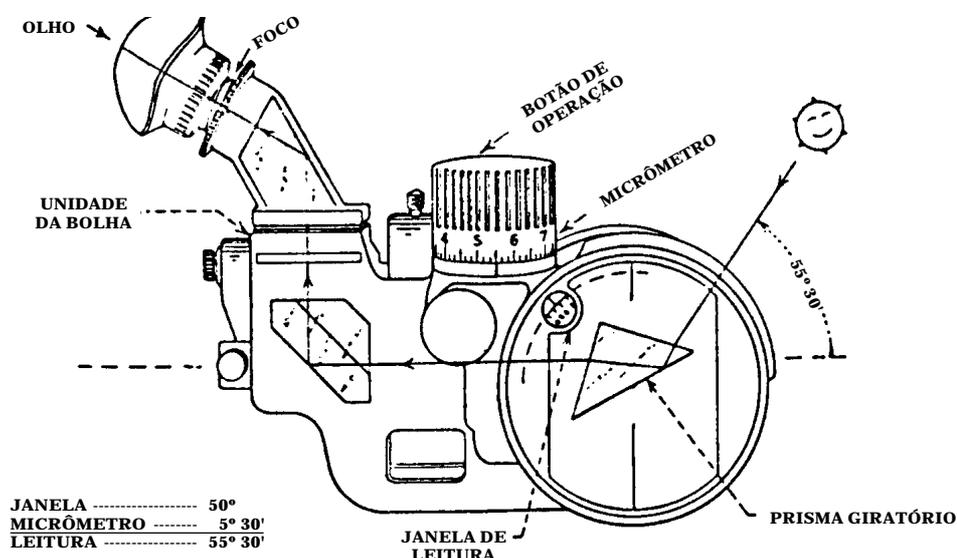
Na figura 21.36 é mostrado o esquema de um **sextante de bolha**.

Atuando-se no **prisma giratório**, faz-se a **imagem refletida** do **astro** coincidir com a **bolha do nível**, no **centro do campo** do instrumento. Lê-se, então, a **altura** do astro com relação ao **horizonte aparente**, na **janela de leitura** e no **micrômetro**, conforme indicado na figura. A graduação da **janela de leitura** é geralmente marcada em **dezenas** de graus (de  $10^\circ$  em  $10^\circ$ ). O **tambor do micrômetro** é dividido em dez unidades de  $1^\circ$ , com divisões menores de  $10'$  em  $10'$ . A **altura do astro** é a leitura da **janela** mais a leitura do **micrômetro**.

A maior parte dos **sextantes de bolha** também permite observações de **alturas** com relação ao **horizonte do mar**. Nessa opção, o **horizonte** é visto no campo do instrumento e as **alturas dos astros** podem ser medidas como em um **sextante náutico**.

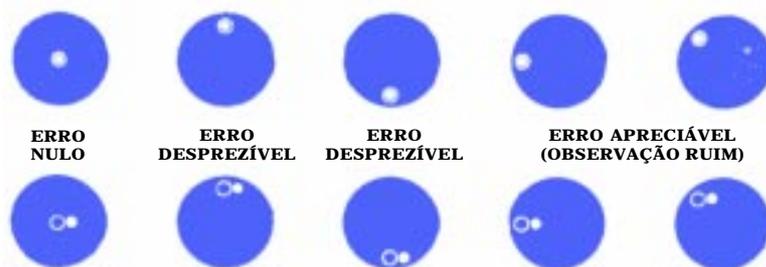
A grande dificuldade para o uso do **sextante de bolha** é nivelar a **bolha**, ou seja, centrá-la no **campo do instrumento**, a bordo de um navio em movimento, capturando e balançando no mar, ou de uma aeronave em vôo. E isto é necessário para o rigor das **alturas** medidas. Por isso, os **sextantes de bolha** geralmente possuem um dispositivo de registro e cálculo da média, que registra as observações feitas num determinado período de tempo (normalmente 2 minutos) e fornece a média das alturas observadas (assume-se que o intervalo de 2 minutos cubra a oscilação natural completa de uma aeronave em vôo).

**Figura 21.36 – Diagrama de um Sextante de Bolha**



A coincidência das imagens da **bolha** e do **astro observado** no **centro do campo** do instrumento é desejável, embora não seja absolutamente necessária. Este assunto é ilustrado na figura 21.37. De modo geral, não haverá erro significativo quando a **bolha** e o **astro** estiverem próximos e numa linha horizontal, com a **bolha** não muito afastada da **linha de centro vertical do campo**. As posições mais desfavoráveis para a **bolha** são nos pontos intercardiais do **campo**, próximo de sua borda. Quando a **bolha** está presa em um dos extremos do **campo**, o instrumento está totalmente fora de nível.

**Figura 21.37 – A Bolha e o Astro (Erros nas Alturas Observadas com Sextante de Bolha)**



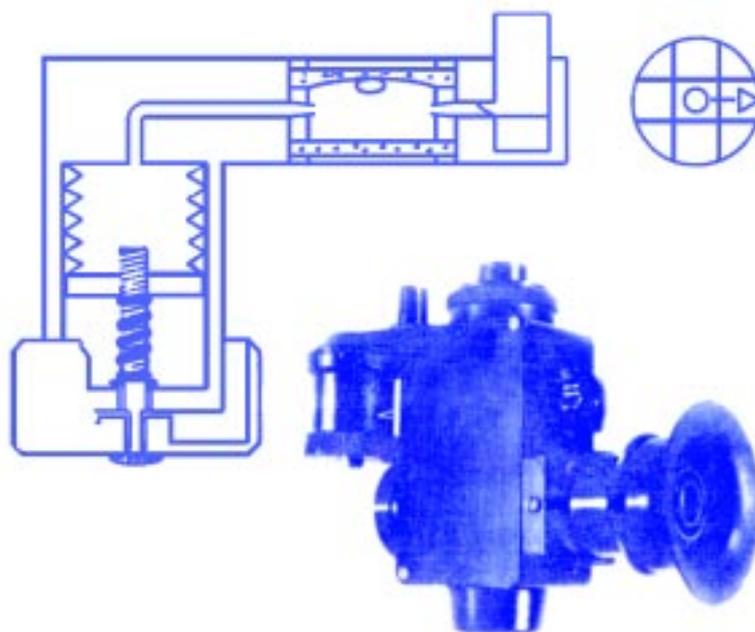
Além de ser bem menos preciso que os **sextantes náuticos**, o uso de um **sextante de bolha** no mar é difícil, especialmente devido ao período de jogo relativamente curto de um navio.

Alguns **sextantes náuticos** podem receber um **horizonte artificial**, normalmente constituído por uma câmara contendo um líquido especial, na qual uma **bolha** é centrada (figuras 21.38 e 21.39). A imagem do **astro**, então, é trazida para o centro da **bolha**, para leitura da **altura**. A fim de tentar compensar as rápidas acelerações sempre presentes em um navio no mar, o movimento da bolha é atenuado, para ficar mais lento, com relação aos **sextantes de bolha** aeronáuticos.

**Figura 21.38 – Dispositivo de Bolha (Horizonte Artificial) para Sextante Náutico**



**Figura 21.39 – Diagrama do Dispositivo de Bolha para Adaptação em Sextante Náutico**



Quando se mede uma **altura** com o **sextante de bolha**, a referência é o **horizonte aparente**, não sendo aplicada a correção para **depressão do horizonte**.

### 21.2.14 DISPOSITIVO DE VISÃO NOTURNA PARA SEXTANTE

Existem dispositivos de visão noturna que, quando adaptados ao sextante náutico, permitem visadas para planetas e estrelas durante toda a noite, e não apenas nos períodos de crepúsculos (figura 21.39a). Tais dispositivos amplificam a luz natural e iluminam o horizonte, que, assim, pode ser distinguido à noite pelo navegante.

**Figura 21.39a – Dispositivo de Visão Noturna**



## 21.3 CRONÔMETRO

### 21.3.1 DEFINIÇÃO E TIPOS

Já vimos que, para resolver o **triângulo de posição**, é necessário determinar as **coordenadas horárias do astro observado**, no momento da observação. Para isto, é preciso conhecer a **Hora Média de Greenwich (HMG)** correspondente ao instante da observação, que é obtida pelo **cronômetro**.

Assim, o **cronômetro** permite, a bordo, a qualquer instante, o conhecimento preciso da **Hora Média de Greenwich (HMG)**, com a qual se obtêm, no **Almanaque Náutico**, as **coordenadas horárias dos astros (AHG e Dec)**.

Um **cronômetro** pode ser definido, da maneira mais simples, como um relógio de alta precisão. Um **cronômetro** é projetado para extrema precisão e confiabilidade,

e é construído para suportar choques, vibrações e variações de temperatura. O **cronômetro** deve ser manuseado com o máximo de cuidado, pois sua precisão e regularidade são essenciais na determinação da **HMG**, que é a escala de tempo básica usada na **Navegação Astronômica** para determinação da **posição** do navio.

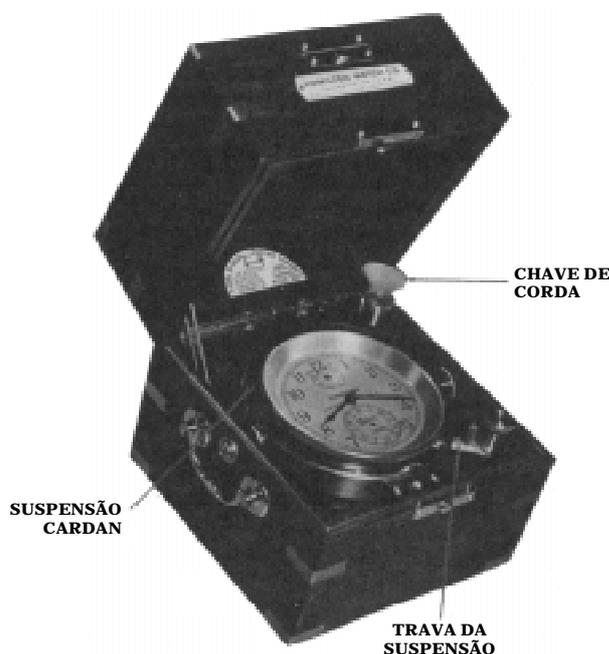
Dois tipos de cronômetros encontram-se atualmente em uso a bordo dos navios: o **cronômetro mecânico** e o **eletrônico** (a **quartzo**). Embora este último seja cada vez mais empregado, ainda existem muitos **cronômetros mecânicos** em serviço nos nossos navios.

Antes da introdução do **sextante**, já existiam outros instrumentos para medição de **alturas** de **astros** e determinação da **Latitude** no mar, como o **astrolábio**, a **balestilha** e o **quadrante de Davis**. Antes da invenção do **cronômetro**, porém, era impossível determinar com precisão a **Longitude** no mar, tendo esta sido a causa de muitos acidentes marítimos de conseqüências trágicas, como descrito no Capítulo 16. O **cronômetro**, proporcionando a manutenção precisa da **HMG** a bordo, é fundamental para a **Navegação Astronômica**.

### 21.3.2 NOMENCLATURA E PARTES COMPONENTES DE UM CRONÔMETRO MECÂNICO

Há dois tipos de **cronômetros mecânicos** em uso. O primeiro, apresentado na figura 21.40, era o principal **instrumento de medida de tempo** a bordo dos navios, antes da introdução dos **cronômetros eletrônicos**. Pode ser facilmente identificado por seu **mostrador** de 4 polegadas (10 cm) e pelo característico movimento do seu ponteiro de **segundos**, que avança aos saltos, cada salto correspondendo a uma batida (“**tick**”), que se sucede a cada  $\frac{1}{2}$  segundo.

**Figura 21.40 – Cronômetro Náutico**

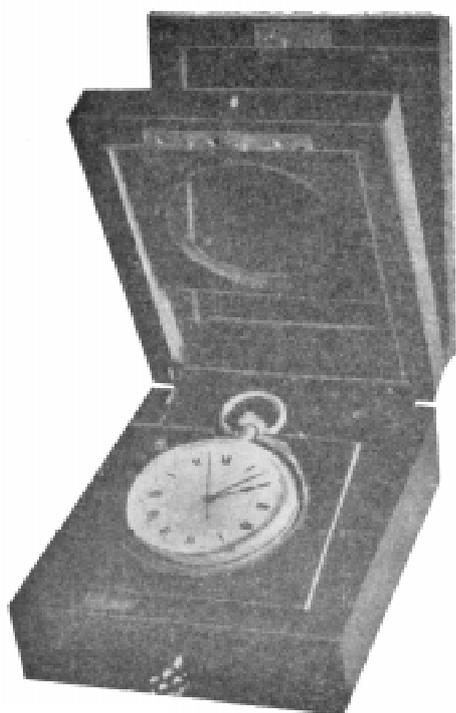


O outro tipo de **cronômetro mecânico**, de tamanho menor (figura 21.41), tem mostrador de  $2\frac{1}{2}$  polegadas (6,35 cm) e botão de dar corda externo, o que o torna parecido com um grande relógio de bolso.

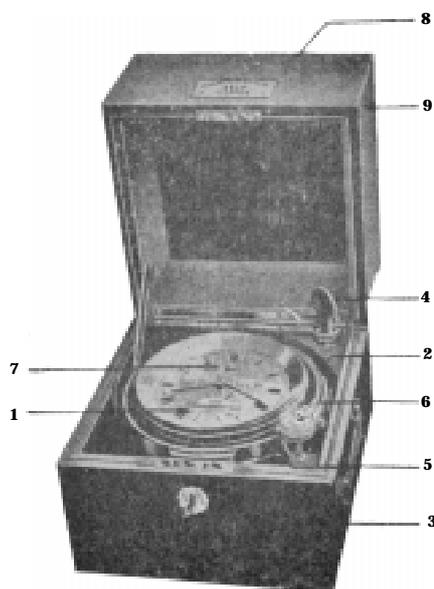
As partes componentes de um **cronômetro mecânico**, com a respectiva nomenclatura, são mostradas na figura 21.42.

Os **cronômetros**, tal como as agulhas e repetidoras, são montados em suas caixas com uma **suspensão cardan**, para compensar os movimentos de balanço e caturro do navio. Esta suspensão pode ser travada para transporte do instrumento.

**Figura 21.41 – Cronômetro de Mostrador de 2½ Polegadas**



**Figura 21.42 – Partes Componentes e Nomenclatura do Cronômetro**



- |                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 – MOSTRADOR DO CRONÔMETRO | 6 – TRAVA DA SUSPENSÃO CARDAN    |
| 2 – SUSPENSÃO CARDAN        | 7 – PONTEIRO INDICADOR DE CORDA  |
| 3 – CAIXA DO CRONÔMETRO     | 8 – TAMPA EXTERNA DA CAIXA       |
| 4 – CHAVE DE CORDA          | 9 – TAMPA INTERMEDIÁRIA DE VIDRO |
| 5 – FECHO DA CAIXA          |                                  |

A **caixa do cronômetro** possui duas tampas, sendo a externa de madeira e a interior de vidro.

### 21.3.3 CUIDADOS ESPECIAIS NO MANUSEIO DOS CRONÔMETROS

O **cronômetro** é um **instrumento de precisão** e, como tal, merece um tratamento correspondente. O navegador deve tomar conhecimento da publicação DN13–LIVRO DOS CRONÔMETROS E COMPARADORES, que contém instruções completas sobre o serviço dos cronômetros e da hora.

#### a. OPERAÇÃO DE DAR CORDA

Os **cronômetros náuticos** têm, em geral, **54 a 56 horas** de corda, mas existem modelos que dispõem de corda para apenas 30 horas, enquanto outros têm, até mesmo, corda para 8 dias (192 horas). Entretanto, em qualquer um deles deve-se dar corda regularmente, todos os dias, aproximadamente à mesma hora, para garantir um desempenho uniforme. Assim procedendo, faz-se entrar em ação sempre a mesma parte da **mola real**, de modo a evitar indesejáveis variações de marcha. Se um **cronômetro** parar, as conseqüências serão sérias; assim, deve ser usado um meio mais efetivo que a memória apenas, para lembrar a hora da corda diária nos **cronômetros**. É de boa norma, portanto, designar um determinado homem da guarnição para executar a tarefa diariamente, em um horário especificado.

Para dar **corda** em um **cronômetro**, deve-se virar o mesmo delicadamente sobre o eixo da **suspensão Cardan** e agüentá-lo firme com a mão esquerda; com essa mão, afasta-se a placa que protege o orifício e, com a mão direita, introduz-se a **chave**, girando-a uniforme e suavemente, no sentido indicado, o número de **meias voltas** necessárias (cerca de 10 para os cronômetros de corda para 30 horas; 7,5 para os de 54/56 horas e 4 para os de 8 dias), contando-se as **meias voltas** que se vai dando, até encontrar uma resistência característica de **fim de corda**.

Não é aconselhável levar diariamente a **chave** ao esbarro de **fim de corda**, razão pela qual é recomendada a contagem do número de **meias voltas**, para que se possa chegar ao fim brandamente.

Terminada essa operação, retira-se a **chave**, fazendo com que a pequena placa feche lentamente o orifício, sob a ação da mola que a governa. Então, continua-se o giro da caixa metálica em torno de seus munhões, do modo que o **mostrador** complete uma rotação de 360°. Isto tem por finalidade banhar suas partes móveis com o óleo lubrificante que normalmente se deposita no fundo do estojo. Os **cronômetros náuticos** têm, em geral, um **ponteiro indicador de corda**, que marca o número de horas decorridas desde a última operação de dar corda.

Para os navios que têm mais de um **cronômetro**, deve ser dada **corda** diariamente nos instrumentos na mesma seqüência, a fim de evitar omissões.

No caso de um **cronômetro** parar por falta de **corda**, para colocá-lo novamente em funcionamento não é suficiente apenas dar-lhe **corda**; será preciso imprimir-lhe, também, sem o sacudir, um pequeno movimento circular horizontal de cerca de 90°, a fim de transmitir ao balancim uma oscilação inicial.

## b. TRANSPORTE DO CRONÔMETRO

Os **cronômetros** devem ser transportados com todo o cuidado, com a **suspensão cardan** travada e evitando choques e movimentos bruscos, especialmente os circulares (360° em menos de 10 segundos), que podem provocar saltos, fazer parar o **cronômetro**, ou, até mesmo, quebrar a espiral, se o movimento for muito violento. Alguns navios possuem uma caixa especial de transporte, que tem o seu interior acolchoado, a fim de amortecer trancos indesejáveis, onde deve ser acondicionada a **caixa do cronômetro**, para protegê-lo durante o transporte.

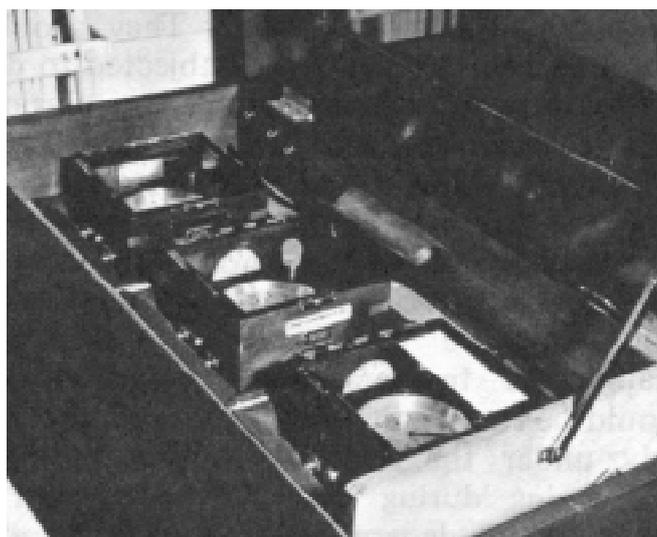
### 21.3.4 INSTALAÇÃO A BORDO

A bordo os cronômetros são guardados, destravados, em armários a eles especialmente destinados, em geral no Camarim de Navegação; em local seco e isento de variações grandes ou bruscas de temperatura; longe de motores elétricos, geradores ou outros equipamentos elétricos (a fim de protegê-los contra uma possível imantação); e onde menos se façam sentir as vibrações produzidas não só pelos embates do mar contra o costado como também pela trepidação das máquinas ou de disparos de artilharia.

Os **armários dos cronômetros** (figura 21.43), geralmente conjugados com a mesa de cartas do Camarim de Navegação, têm divisões acolchoadas para receber os **cronômetros** em suas **caixas**, conservando-as ajustadas em seus lugares e dispostas de tal forma que os eixos da **suspensão cardan** dos **cronômetros** fiquem no sentido longitudinal e transversal do navio.

**Figura 21.43 – Armário dos Cronômetros**

---



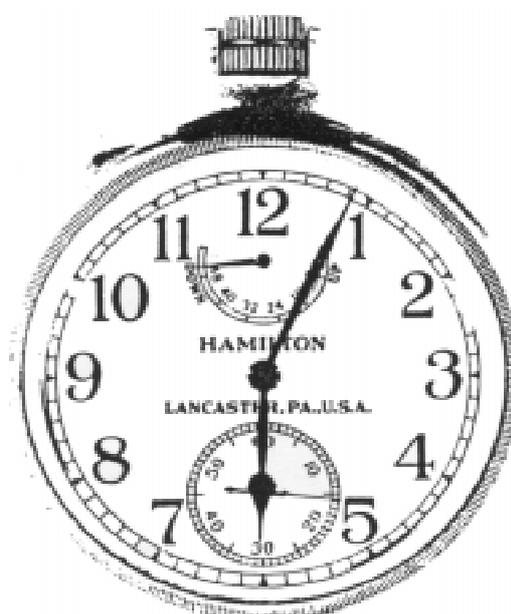
### **21.3.5 OUTROS INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE TEMPO UTILIZADOS A BORDO**

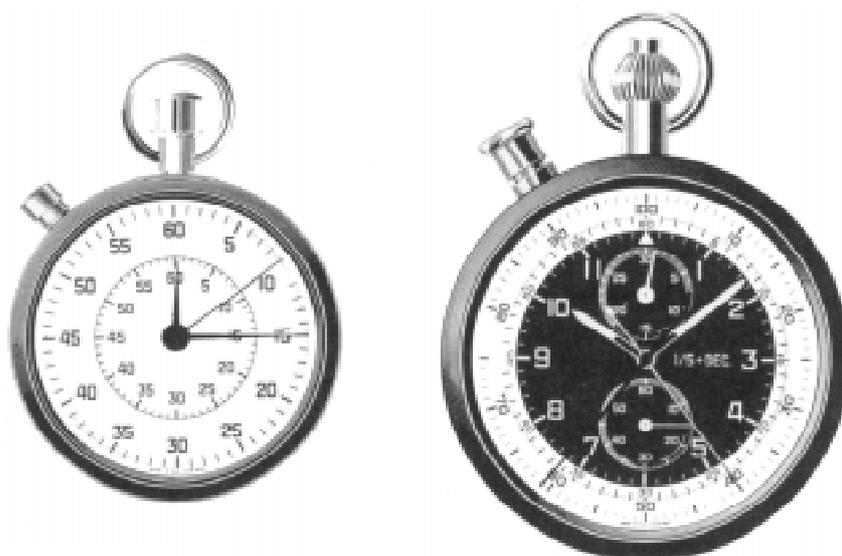
Além dos **cronômetros**, utilizam-se a bordo os seguintes instrumentos de medida de tempo:

**a. COMPARADOR**, de menores dimensões que o cronômetro, cuja principal exigência de funcionamento é a de que tenha marcha uniforme durante um certo intervalo de tempo. Geralmente, têm o aspecto de relógios de bolso maiores que o tipo comum, conforme se vê na figura 21.44, com mostradores de 12 horas. Os **comparadores** são usados para marcar os instantes das **observações astronômicas**, referidos à **hora do cronômetro** tomada para comparação.

**Figura 21.44 – Comparador**

---



**Figura 21.45 – Cronógrafos**

**b. CRONÓGRAFO** (figura 21.45), dispendo de controles que podem dar partida a um ponteiro, fixá-lo em qualquer instante e fazê-lo retroceder à origem. Auxilia as **observações astronômicas**, servindo para referir à **hora do cronômetro** um instante qualquer de uma observação. Os **cronógrafos** também são muito úteis na **Navegação Costeira**, na determinação da característica da emissão luminosa de sinais de auxílio à navegação, a fim de permitir ou confirmar sua identificação.

**c. RELÓGIOS DE ANTEPARA** (figura 21.46), que são relógios instalados em diversos compartimentos do navio para indicar a **Hora Legal (Hleg)** correspondente ao

**Figura 21.46 – Relógios de Antepara**

**fuso horário** em que se navega. As atividades da rotina diária do navio são controladas, iniciadas ou encerradas com base nas indicações dos **relógios de antepara**, que, assim, devem ser acertados diariamente. Muitos compartimentos de bordo, como o **Passadiço**, **Camarim de Navegação**, **CIC/COC**, **Estação-Rádio**, **Sinalaria**, **Central de CAV**, **compartimentos da máquina**, **Portaló**, **Praça d'Armas**, **Câmara** e **refeitórios**, possuem, normalmente, **relógios de antepara**, que podem ser de vários tipos, mecânicos, elétricos ou eletrônicos. A maioria dos **relógios de antepara** tem mostrador de 12 horas, mas os da **Estação-Rádio** têm, em geral, mostrador de 24 horas. Além disso, é comum manter dois **relógios de antepara** na **Estação-Rádio**, um indicando **Horas Legal (Hleg)** e o outro marcando a **Hora Média de Greenwich (HMG)**, já que as horas de escuta, transmissão e recepção de sinais e os **grupos data-hora** de referência das mensagens são estabelecidos em **HMG**.

A pessoa designada para dar corda (se for o caso) e acertar os **relógios de antepara** percorre diariamente todos os compartimentos que os possuem, com um **comparador** ou **cronógrafo** (acertado pelo **cronômetro** ou por um **sinaleiro** de rádio), verificando e, se necessário, acertando os referidos relógios.

### 21.3.6 A OBSERVAÇÃO E A HORA

As **observações de alturas dos astros** com o **sextante** são, normalmente, feitas de um convés aberto, de onde se tenha visada livre e desimpedida para os **astros** e o **horizonte**. Usa-se, em geral, observar do **Tijupá** ou das asas do **Passadiço**.

Os **cronômetros**, na realidade, não são transportados para o local das observações, mas sim um **cronógrafo** ou um **comparador**.

Antes do início das observações, dá-se partida no **cronógrafo**, tendo como referência uma determinada **hora do cronômetro**; ou compara-se a leitura do **comparador** com a hora indicada no **cronômetro**. Em ambos os casos, faz-se sempre a comparação quando o **cronômetro** estiver marcando um **minuto inteiro**.

No **instante da observação**, anota-se a leitura do **cronógrafo** ou do **comparador**, com precisão de 0,5<sup>s</sup>, a fim de que, posteriormente, combinando-se a leitura do **cronógrafo** ou do **comparador** com a **hora inicial de referência do cronômetro**, possa ser obtida a **hora do cronômetro** relativa ao instante da observação, com precisão de 0,5<sup>s</sup>.

Para que a determinação da **hora** da observação da **altura** de um **astro** seja efetuada sem dificuldades, é recomendável o auxílio de um ajudante. Quando a **imagem refletida do astro** é trazida, com o **sextante**, para próximo da **imagem direta do horizonte**, o observador dará a voz de “**ATENÇÃO**”, para que o seu ajudante, assim alertado, fique atento ao **cronógrafo** (ou **comparador**). Ao concluir a **colimação**, o observador dirá “**TOP**” e o seu ajudante lerá no **cronógrafo** (ou **comparador**) a indicação do instante da observação.

A seqüência recomendada para leitura e registro dos elementos obtidos é a seguinte: o ajudante deve ler primeiro o número de segundos e fração (aproximação a 0,5<sup>s</sup>), anotá-los e depois ler e anotar a indicação dos ponteiros dos minutos e das horas (se usar um **comparador**), que se movem mais lentamente; finalmente, registra a altura medida com o **sextante** (informada pelo observador).

Os exemplos seguintes ilustram o procedimento recomendado para obter a **hora do cronômetro** de uma observação cujo instante haja sido assinalado com o auxílio de um **cronógrafo** ou **comparador**.

1. Antes da observação do Sol, deu-se partida no **cronógrafo**, quando o **cronômetro** indicava  $12^h 02^m 00,0^s$ . No instante da observação, o **cronógrafo** marcava  $02^m 11,5^s$ . Pede-se a **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação.

**SOLUÇÃO:**

A **hora do cronômetro (HCr)** da observação será a **hora da partida do cronógrafo**, ou **hora da comparação (HCp)**, mais o **tempo decorrido** até a observação, isto é, a **leitura do cronógrafo**, ou **comparação (cp)**:

$$\begin{array}{r} \text{HCp} = 12^h 02^m 00,0^s \\ \text{cp} = \quad 02^m 11,5^s \\ \hline \text{HCr} = 12^h 04^m 11,5^s \end{array}$$

2. Antes de observar a **reta da tarde**, deu-se partida no **cronógrafo**, quando o **cronômetro** indicava  $16^h 58^m 00,0^s$ . No instante da observação, a leitura do **cronógrafo** era  $08^m 47,0^s$ . Calcular a **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação.

**SOLUÇÃO:**

Como no caso anterior, a **hora do cronômetro (HCr)** da observação será a **hora de partida do cronógrafo**, ou **hora da comparação (HCp)**, mais o **tempo decorrido** até a observação, isto é, a **leitura do cronógrafo**, ou **comparação (cp)**:

$$\begin{array}{r} \text{HCp} = 16^h 58^m 00,0^s \\ \text{cp} = \quad 08^m 47,0^s \\ \hline \text{HCr} = 17^h 06^m 47,0^s \end{array}$$

3. Antes de uma observação, comparou-se o **comparador** com o **cronômetro**; a **hora do cronômetro** inicial, ou **hora de comparação**, era  $\text{HCp} = 09^h 21^m 57,0^s$ ; a **hora do comparador** era  $\text{Cp} = 04^h 33^m 00,0^s$ . No momento da observação, o **comparador** marcava  $\text{C}'p = 04^h 35^m 14,0^s$ . Pede-se a **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação.

**SOLUÇÃO:**

O **intervalo de tempo** decorrido desde a comparação do **comparador** com o **cronômetro**, até o **instante da observação** será dado por:

$$\begin{array}{r} \text{C}'p = 04^h 35^m 14,0^s \\ \text{Cp} = 04^h 33^m 00,0^s \\ \hline \text{cp} = \quad 02^m 14,0^s \end{array}$$

A **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação será:

$$\begin{array}{r} \text{HCp} = 09^h 21^m 57,0^s \\ \text{cp} = \quad 02^m 14,0^s \\ \hline \text{HCr} = 09^h 24^m 11,0^s \end{array}$$

Quando se usa um **cronógrafo**, pode-se dar partida no instrumento no instante da tomada da altura e fazer a comparação com o **cronômetro** posteriormente. Este procedimento, especialmente recomendado para uma observação isolada, facilita bastante a determinação da **hora da observação**, tornando, até mesmo, dispensável o ajudante (pois o próprio observador pode dar partida no **cronógrafo**, no instante da observação). A **hora do cronômetro** correspondente à observação será a **hora da comparação**, lida a posteriori no **cronômetro (HCp)**, subtraída do tempo decorrido desde o instante em que foi dada partida no **cronógrafo**, como ilustrado no exemplo seguinte.

4. No instante de uma observação do Sol, deu-se partida no **cronógrafo**, sendo ele posteriormente parado quando o **cronômetro** indicava  $HCp = 11^h 43^m 00,0^s$ ; neste instante, o **cronógrafo** marcava  $03^m 37,5^s$ . Pede-se a **hora do cronômetro** correspondente ao instante da observação.

**SOLUÇÃO:**

$$\begin{array}{r} HCp = 11^h 43^m 00,0^s \\ - cp = - 03^m 37,5^s \\ \hline HCr = 11^h 39^m 22,5^s \end{array}$$

Existe um modelo especial de **cronógrafo** (tipo “rataplan”) que é o instrumento ideal para auxiliar a determinação das **horas do cronômetro** de uma série de observações de **alturas de astros**. Este tipo de **cronógrafo** possui dois ponteiros e um dispositivo de controle que, acionado no momento do “TOP” (instante da observação da altura), pára um dos ponteiros, permitindo uma leitura calma e cuidadosa da indicação do cronógrafo, o que evita erros de leitura, com os inevitáveis prejuízos para os resultados da observação. Ao ser acionado de novo o mesmo controle, o segundo ponteiro volta a acompanhar o primeiro, que permaneceu marcando normalmente o tempo.

Ao final das observações, o **cronógrafo** (ou o **comparador**) deve ser novamente comparado com o **cronômetro**, para verificar a correção e confiabilidade de suas indicações.

### 21.3.7 ESTADO ABSOLUTO E MARCHA DOS CRONÔMETROS

A finalidade principal dos **cronômetros** a bordo é permitir o conhecimento da **Hora Média de Greenwich (HMG)** correspondente aos instantes das **observações astronômicas**. Assim, os **cronômetros** são sempre ajustados para indicar a **HMG**, para a qual são calculados os elementos apresentados no **Almanaque Náutico**, que possibilitam ao navegante obter as **coordenadas horárias** dos astros observados, necessárias para o cálculo da posição.

Entretanto, mesmo um **cronômetro** não pode manter um tempo exato indefinidamente. Mais cedo ou mais tarde, com o decorrer do tempo, a **hora do cronômetro** passa a diferir da **HMG**. Não sendo aconselhável acertar o **cronômetro**, há necessidade de conhecer o valor da **correção** a ser aplicada à **hora do cronômetro**, no momento da observação, para obter a **HMG** no mesmo instante. A esta correção, expressa em **horas, minutos, segundos e fração**, denomina-se **ESTADO ABSOLUTO DO CRONÔMETRO (Ea)**. O **Estado Absoluto**, com o respectivo sinal, é definido como:

$$Ea = HMG - HCr$$

Desta forma, quando o cronômetro está **atrasado**, ou seja  $HMG > HCr$ , o **Estado Absoluto (Ea)** é positivo (+). Quando o **cronômetro** está **adiantado**, isto é,  $HMG < HCr$ , o **Estado Absoluto (Ea)** é negativo (-).

O **Estado Absoluto (Ea)** de um **cronômetro** deve ser obtido diariamente, por comparação da **hora do cronômetro (HCr)** com a **HMG** transmitida por estações radiotelegráficas, de radiodifusão ou de radiotelefonia que transmitem **sinais horários**. Além disso, o **Estado Absoluto** de um **cronômetro** pode ser determinado por comparação com outro **cronômetro**, cujo **Estado Absoluto** seja conhecido.

Como as máquinas dos **cronômetros** não apresentam uma regularidade ideal, por maior que seja sua precisão, os valores de **Ea** obtidos em dois dias consecutivos apresentam, em geral, uma diferença, que será tanto menor quanto maior for a precisão do **cronômetro**. A essa diferença denomina-se **marcha diária**, ou, simplesmente, **marcha (m)** do **cronômetro**.

Então, **marcha (m)** é a variação diária do **Estado Absoluto** de um **cronômetro**, ou seja, é a diferença entre os **Estados Absolutos** determinados em 2 dias consecutivos, à mesma hora.

$$m = Ea' - Ea$$

Pode-se, ainda, empregar a fórmula geral:

$$m = \frac{Ea' - Ea}{n}$$

Onde **n** representa o número de dias e fração, decorrido entre os instantes em que foram determinados os dois **Estados Absolutos**.

Conclui-se, assim, que o **Estado Absoluto** só terá significação se tiver sido perfeitamente amarrado à **data** e à **hora** em que foi determinado.

A **marcha (m)** é **positiva (+)** quando o cronômetro se **atrasa diariamente**; a **marcha (m)** é **negativa (-)** quando o **cronômetro** se **adianta diariamente**.

Por exemplo, um **cronômetro** cuja **marcha** é de + 2 segundos, atrasa 2 segundos em cada 24 horas. Um **cronômetro** cuja **marcha** é de - 1,5 segundo, adianta 1,5 segundo diariamente.

É necessário conhecer o valor da **marcha**, não só para se aferir o funcionamento regular do **cronômetro**, mas também para que se possa calcular o valor do **Ea** no instante de uma observação, ou quando, por alguma circunstância, não tiver sido possível receber diariamente os **sinais horários**. Pela fórmula anterior, o **Estado Absoluto** em um determinado dia seria:

$$Ea' = Ea + n \times m$$

Onde **Ea** é o **Estado Absoluto** anteriormente obtido; **n** é o número de dias e fração, decorrido desde a determinação do **Ea**; e **m** o valor da **marcha** do **cronômetro**.

A **marcha** do **cronômetro** pode mudar com variações de temperatura e outros fenômenos, mas o instrumento ainda é considerado confiável enquanto sua marcha não alterar-se imprevisivelmente. São considerados bons para o serviço os **cronômetros** cuja **marcha diária** não exceda 6 segundos, ou cuja **variação de marcha** entre duas semanas consecutivas não exceda 10 segundos, o que corresponde a uma variação de marcha diária de cerca de 1,5 segundo. Conclui-se, portanto, que, com relação à **marcha**, é mais importante sua regularidade que sua grandeza.

## 21.3.8 SINAIS HORÁRIOS. LISTA DE AUXÍLIOS-RÁDIO

### a. SERVIÇO DA HORA

Para usar um cronômetro, é necessário conhecer com precisão tanto o seu **Estado Absoluto (Ea)** como a sua **marcha (m)**.

Os **sinais horários**, transmitidos por estações radiotelegráficas, radiotelefônicas ou de radiodifusão, permitem que se compare diariamente a **hora do cronômetro** com a **hora correta irradiada**, possibilitando a determinação do **Estado Absoluto** e da **marcha** do **cronômetro**.

Os **sinais horários** são transmitidos por uma série de estações, em diferentes frequências, cobrindo todos os oceanos.

Quase todos os **sinais horários** atualmente em uso são irradiados por meio de transmissão automática, obtida por um mecanismo de precisão ligado a um **padrão atômico de césio ou rubídio** de um observatório, que comanda eletricamente o aparelho transmissor da estação radioemissora.

Os **sinais horários** assim irradiados merecem confiança absoluta na sua precisão, que atinge em média 0,1 segundo.

No Brasil, as emissões de **sinais horários** são supervisionadas pelo **Serviço da Hora do Observatório Nacional**, organização que, desde 1850, vem cumprindo todas as convenções internacionais já estabelecidas e que tem como atribuição fundamental a determinação, conservação e disseminação, por todos os meios, da **Hora Legal** e científica no território nacional. Além dessa atribuição, o **Serviço da Hora** é, também, responsável pela fiscalização, em caráter normativo, de qualquer divulgação de hora não aferida previamente com as transmissões do Observatório Nacional.

A bordo, normalmente a estação que transmite os **sinais horários** é sintonizada em um receptor da Estação-Rádio do navio. O sinal recebido é transmitido para um alto-falante instalado nas proximidades do **armário dos cronômetros**, em geral no Camarim de Navegação. O navegante, então, tendo sob sua vista o **cronômetro** e recebendo o **sinal horário**, compara a **hora do cronômetro** com a **hora correta irradiada**. A diferença é o **Estado Absoluto** do **cronômetro (Ea = HMG - HCr)**. A diferença entre os **Estados Absolutos** determinados em dois dias consecutivos, à mesma hora, fornece o valor da **marcha**.

A publicação **DH8, LISTA DE AUXÍLIOS-RÁDIO**, editada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação e já estudada no Volume I deste Manual, apresenta, no Capítulo 3, as estações brasileiras que retransmitem os **sinais horários**. Para cada estação é dada a característica completa do **sinal horário**.

Além disso, diversas estações de radiodifusão, em AM, FM e ondas curtas, têm uma linha direta com o Observatório Nacional, retransmitindo **sinais horários** e enunciando a hora falada.

A hora transmitida é a **hora legal e oficial** do Brasil (**hora de Brasília** – fuso horário + 3<sup>h</sup>P), ou a **hora de verão** (fuso horário + 2<sup>h</sup>O), quando este tipo de horário está em vigor. Para transformá-la em **Hora Média de Greenwich**, é necessário somar o valor do fuso, pois **HMG = Hleg + fuso**.

Em áreas estrangeiras, normalmente sintonizam-se os **sinais horários** das estações norte-americanas **WWV** (Fort Collins, Colorado) ou **WWVH** (Kauai, Hawaii), cujas características são encontradas na **LISTA DE AUXÍLIOS-RÁDIO**.

O **cronômetro** mais preciso existente a bordo é selecionado como **cronômetro padrão**. A **hora do cronômetro padrão** é que é comparada com os **sinais horários** recebidos, a fim de que sejam determinados seu **Estado Absoluto** e **marcha**. Normalmente, os **Estados Absolutos** e as **marchas** dos outros **cronômetros** são obtidos por comparação com o **cronômetro padrão**, logo após a aferição desse cronômetro.

O **SERVIÇO DA HORA** a bordo, compreendendo controle dos **cronômetros** e responsabilidade pela corda, acerto diário e verificação da regularidade de funcionamento de todos os **relógios de antepara** do navio, compete ao Encarregado de Navegação.

## b. REGISTRO DIÁRIO DOS CRONÔMETROS E COMPARADORES

As informações relativas a cada **cronômetro (Estado Absoluto, marcha e outras observações relevantes)** devem ser registradas no **Livro dos Cronômetros e Comparadores**. Cada página do referido livro (figura 21.47) acomoda os registros de três **cronômetros** pelo período de 1 mês. O **cronômetro padrão** será designado por **A** e os outros por **B** e **C**.

### 21.3.9 EXERCÍCIOS

**Regular um cronômetro** é determinar o seu **Estado Absoluto (Ea)** e sua **marcha (m)**, conforme os exercícios seguintes.

1. Com o **cronômetro** ajustado para **HMG**, o navegante efetuou sua aferição pelos **sinais horários** transmitidos por uma estação de radiodifusão, exatamente às 09<sup>h</sup> 00<sup>m</sup> 00<sup>s</sup> (**hora oficial brasileira**), obtendo para **hora do cronômetro (HCr)** 11<sup>h</sup> 59<sup>m</sup> 57,0<sup>s</sup>. Calcular o **Estado Absoluto** do cronômetro.

#### SOLUÇÃO:

Conforme mencionamos, os **sinais horários** transmitidos pelas estações de radiodifusão fornecem a **Hora Legal (Hleg)** ou **hora oficial brasileira** (podendo ser, também, a **hora de verão**, quando utilizada no país).

– Assim sendo, teremos:

$$\begin{array}{r}
 \text{Hleg} = \quad 09^{\text{h}} \quad 00^{\text{m}} \quad 00^{\text{s}} \\
 \text{FUSO} = + 03^{\text{h}} \qquad \qquad \qquad (\text{P}) \\
 \hline
 \text{HMG} = \quad 12^{\text{h}} \quad 00^{\text{m}} \quad 00^{\text{s}} \\
 \text{HCr} = \quad 11^{\text{h}} \quad 59^{\text{m}} \quad 57,0^{\text{s}} \\
 \hline
 \text{Ea} = + 00^{\text{h}} \quad 00^{\text{m}} \quad 03,0^{\text{s}} \quad (\text{Ea} = \text{HMG} - \text{HCr})
 \end{array}$$

– Então, como o **Estado Absoluto (Ea)** é de + 00<sup>h</sup> 00<sup>m</sup> 03,0<sup>s</sup> (ou seja, o cronômetro está atrasado de **3** segundos), devemos somar este valor a todas as **HCr** utilizadas para obter as **HMG** correspondentes.

2. Após determinar o **Estado Absoluto** de um cronômetro (ajustado para **HMG**) e obter  $Ea = - 00^{\text{h}} \quad 00^{\text{m}} \quad 04,0^{\text{s}}$ , o navegante observa o Sol, na seguinte **hora do cronômetro**:



HCr = 15<sup>h</sup> 07<sup>m</sup> 43,0<sup>s</sup>. Calcular a **Hora Média de Greenwich (HMG)** correspondente ao instante da observação.

**SOLUÇÃO:**

$$\begin{array}{r} \text{HCr} = 15^{\text{h}} 07^{\text{m}} 43,0^{\text{s}} \\ \text{Ea} = - 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 04,0^{\text{s}} \\ \hline \text{HMG} = 15^{\text{h}} 07^{\text{m}} 39,0^{\text{s}} \end{array}$$

3. Calcular a **marcha (m)** de um cronômetro cujos **Estados Absolutos**, determinados à mesma hora em dois dias consecutivos, são:

$$\begin{array}{l} \text{Ea} = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 05,0^{\text{s}} \quad (\text{dia } 03/10/93) \\ \text{Ea}' = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 06,0^{\text{s}} \quad (\text{dia } 04/10/93) \end{array}$$

**SOLUÇÃO:**

– Vimos que a **marcha (m)** de um cronômetro é a **variação diária** do seu **Estado Absoluto**, dada pela fórmula:  $m = \text{Ea}' - \text{Ea}$

– Neste caso:

$$\begin{array}{r} \text{Ea}' = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 06,0^{\text{s}} \\ \text{Ea} = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 05,0^{\text{s}} \\ \hline m = + \quad \quad \quad 1,0^{\text{s}} \end{array}$$

– Isto significa que o **cronômetro** em questão **atrasa** 1,0<sup>s</sup> por dia.

4. Calcular a **marcha (m)** de um cronômetro cujos **Estados Absolutos**, determinados às 10<sup>h</sup> 00<sup>m</sup> (Hleg) dos dias 05/10/93 e 10/10/93, apresentaram, respectivamente, os seguintes valores:

$$\begin{array}{l} \text{Ea} = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 20,0^{\text{s}} \quad (05/10/93) \\ \text{Ea}' = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 10,0^{\text{s}} \quad (10/10/93) \end{array}$$

**SOLUÇÃO:**

– O intervalo entre as duas aferições do cronômetro foi de **5** dias.

– Portanto, neste caso, a **marcha (m)** será:

$$\begin{array}{r} m = \frac{\text{Ea}' - \text{Ea}}{5} \\ \text{Ea}' = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 10,0^{\text{s}} \\ \text{Ea} = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 20,0^{\text{s}} \\ \hline \text{DIF} = - \quad \quad \quad 10,0^{\text{s}} \\ m = \frac{- 10,0^{\text{s}}}{5} = - 2,0^{\text{s}} \end{array}$$

– Assim, o valor da **marcha (m)** do cronômetro é  $- 2,0^{\text{s}}$ , significando que ele está **adiantando** 2,0<sup>s</sup> por dia.

5. O navegador determinou o **Estado Absoluto (Ea)** e a **marcha (m)** de um cronômetro, obtendo:

$$\begin{array}{l} \text{Ea} = - 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 06,0^{\text{s}} \\ m = - \quad \quad \quad 1,5^{\text{s}} \end{array}$$

Depois de 2 dias no mar sem conseguir receber **sinais horários** para aferição do **cronômetro**, o navegante observa o Sol na seguinte **hora do cronômetro**:

$$HCr = 18^h 27^m 13,0^s$$

Calcular a **HMG** correspondente ao instante da observação.

**SOLUÇÃO:**

$$\begin{array}{r} Ea = - 00^h 00^m 06,0^s \\ (m \times 2) = - \quad \quad \quad 03,0^s \\ \hline Ea' = - 00^h 00^m 09,0^s \\ \\ HCr = 18^h 27^m 13,0^s \\ Ea' = - 00^h 00^m 09,0^s \\ \hline HMG = 18^h 27^m 04,0^s \end{array}$$

Com este valor de **HMG** o navegante entrará no **Almanaque Náutico** para obter os **elementos do astro (AHG e Dec)**.

**6.** Calcular a **marcha** de um **cronômetro** cujos **Estados Absolutos**, determinados às 1000 (Hleg) dos dias 5 e 10, apresentaram, respectivamente, os seguintes valores:  $Ea = + 00^h 12^m 20,0^s$  e  $Ea' = + 00^h 12^m 40,0^s$ .

**SOLUÇÃO:**

$$m = \frac{Ea' - Ea}{n} = \frac{20}{5} = + 4,0^s$$

**7.** No dia 13, sendo a **Hora Legal** 1030, determinou-se para um cronômetro o **Estado Absoluto** de  $- 00^h 30^m 20,5^s$ . No dia 19, sendo a  $HMG = 2130$ , achou-se  $- 00^h 30^m 01,5^s$  para o **Estado Absoluto**. Considerando que não se saiu do fuso  $+ 3^h$ , calcular a **marcha** do cronômetro.

**SOLUÇÃO:**

$$m = \frac{Ea' - Ea}{n} = \frac{- 00^h 30^m 01,5^s - (- 00^h 30^m 20,5^s)}{6,33} = \frac{+ 19,0}{6,33} = + 3,0^s$$

**8.** Em um certo instante, o **Ea** de um cronômetro era  $+ 01^h 35^m 24,5^s$  (em atraso) e a **marcha** era  $- 1,8^s$  (adiantando). Pede-se o **Ea** para 6 dias depois.

**SOLUÇÃO:**

$$\begin{array}{r} m = \frac{Ea' - Ea}{n} \\ \\ Ea' = Ea + m \times n \end{array} \quad \begin{array}{r} Ea = + 01^h 35^m 24,5^s \\ m \times n = - \quad \quad \quad 10,8^s \\ \hline Ea' = + 01^h 35^m 13,7^s \end{array}$$

**9.** No dia 13, às 0925 (Hleg), tinha-se  $Ea = - 00^h 25^m 13,5^s$  (adiantado). Pede-se o  $Ea$  às 1849 (Hleg) do dia 21, sabendo-se que a **marcha** era de  $+ 1,5^s$  (atrasando).

**SOLUÇÃO:**

$$\begin{array}{r} m = \frac{Ea' - Ea}{n} \\ \\ Ea' = Ea + m \times n \end{array} \quad \begin{array}{r} Ea = - 00^h 25^m 13,5^s \\ m \times n = + \quad \quad \quad 12,6^s \\ \hline Ea' = - 00^h 25^m 00,9^s \end{array}$$

**10.** O Encarregado de Navegação de um CT, nos dias 3 e 4 de março, recebendo o sinal horário de PPR às 1030 (Hleg do Rio de Janeiro), achou para **Estado Absoluto** do cronômetro A, respectivamente:

$$Ea = + 03^h 05^m 02,0^s \text{ e } Ea' = + 03^h 05^m 00,0^s$$

Navegou vários dias, no mesmo fuso horário, sem recepção rádio. Ao fazer uma observação do Sol, no dia 8, o cronômetro marcava  $10^h 30^m 20,0^s$ . Qual a hora que deverá ser utilizada para entrada no **Almanaque Náutico** para obter os elementos necessários ao cálculo da reta de altura?

**SOLUÇÃO:**

a. Cálculo da **marcha do cronômetro**.

$$\begin{array}{r} \text{Hleg} = 1030 \dots \text{Dia 3} \\ \text{Hleg} = 1030 \dots \text{Dia 4} \end{array} \quad \begin{array}{r} Ea = + 03^h 05^m 02,0^s \\ Ea' = + 03^h 05^m 00,0^s \\ \hline m = - \qquad \qquad \qquad 2,0^s \text{ (adiantando)} \end{array}$$

b. Cálculo da Hleg aproximada da observação.

$$\begin{array}{r} \text{HCr (aprox.)} = 10^h 30^m \\ \text{Ea (aprox.)} = + 03^h 05^m \\ \hline \text{HMG(aprox.)} = 13^h 35^m \\ f = 3^h \quad \text{P} \\ \hline \text{Hleg (aprox.)} = 10^h 35^m \dots \text{Dia 8} \end{array}$$

c. Cálculo do Ea para o instante da observação.

$$\begin{array}{r} \text{Hleg} = 1030 \dots \text{Dia 3} \\ \text{Hleg} = 1035 \dots \text{Dia 8} \\ n \cong 5 \text{ dias} \\ m \times n = - 10,0^s \end{array} \quad \begin{array}{r} Ea = + 03^h 05^m 02,0^s \\ m \times n = - \qquad \qquad \qquad 10,0^s \\ \hline Ea' = + 03^h 04^m 52,0^s \end{array}$$

d. Cálculo da HMG do instante da observação.

$$\begin{array}{r} \text{HCr} = 10^h 30^m 20,0^s \\ \text{Ea}' = + 03^h 04^m 52,0^s \\ \hline \text{HMG} = 13^h 35^m 12,0^s \end{array}$$

do dia 8 de março, que constitui a resposta à pergunta formulada.

**NOTAS:**

1. Os **cronômetros**, normalmente, têm o mostrador graduado apenas de 00 a 12 horas. Isto pode trazer dúvidas, ou ambigüidades, na determinação da **HMG** correspondente ao instante da observação. As dúvidas e ambigüidades, entretanto, podem ser facilmente elucidadas pelo conhecimento da **Hora Legal (Hleg)** da observação, conforme demonstrado no exemplo abaixo.

Navegando no **fuso horário** + 3<sup>h</sup> (P), às 1700 (**Hleg**) do dia 06 de abril de 1993, o **cronômetro**, no instante da observação do Sol, indicava  $06^h 05^m 02,0^s$ , sendo seu **Estado Absoluto** para este instante igual a  $+ 01^h 55^m 30,0^s$ . Qual a **HMG** da observação?

**SOLUÇÃO:**

– Como a Hleg da observação era 1700P, pode-se calcular a **HMG aproximada** da observação:

$$\begin{array}{r} \text{Hleg} = 17^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} \text{ P} \\ \text{fuso} = + 03^{\text{h}} \quad \text{P} \\ \hline \text{HMG} = 20^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} \text{ Z} \end{array}$$

- Isto significa que o **cronômetro** deve marcar cerca de 18 horas, e não 06 horas.
- Assim, a **hora do cronômetro** não é  $06^{\text{h}} 05^{\text{m}} 02,0^{\text{s}}$ , mas sim  $18^{\text{h}} 05^{\text{m}} 02,0^{\text{s}}$ .
- Então:

$$\begin{array}{r} \text{HCr} = 18^{\text{h}} 05^{\text{m}} 02,0^{\text{s}} \\ \text{Ea} = + 01^{\text{h}} 55^{\text{m}} 30,0^{\text{s}} \\ \hline \text{HMG} = 20^{\text{h}} 00^{\text{m}} 32,0^{\text{s}} \end{array}$$

- Este é o **valor exato** da **HMG** da observação.

2. É também conveniente lembrar que o navegante deve ter cuidado com a questão da **data**, quando da determinação da **HMG** correspondente ao instante da observação, conforme ilustrado no seguinte exemplo.

Navegando no **fuso horário** + 5<sup>h</sup> (R), às 1928 (Hleg) do dia 15 de junho de 1993, o **cronômetro**, no instante da observação de um astro, indicava  $11^{\text{h}} 06^{\text{m}} 54,0^{\text{s}}$ , sendo o seu **Estado Absoluto** para este instante igual a +  $01^{\text{h}} 22^{\text{m}} 05,0^{\text{s}}$ . Qual a **HMG** da observação?

**SOLUÇÃO:**

- Cálculo da **HMG aproximada** da observação:

$$\begin{array}{r} \text{Hleg} = 19^{\text{h}} 28^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} \quad (15/06/93) \\ \text{fuso} = + 05^{\text{h}} \quad \text{R} \\ \hline \text{HMG} = 00^{\text{h}} 28^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} \quad (16/06/93) \end{array}$$

- Assim, a **hora do cronômetro** da observação foi, na realidade,  $23^{\text{h}} 06^{\text{m}} 54,0^{\text{s}}$ .
- Desta forma, a **HMG exata** da observação é:

$$\begin{array}{r} \text{HCr} = 23^{\text{h}} 06^{\text{m}} 54,0^{\text{s}} \\ \text{Ea} = + 01^{\text{h}} 22^{\text{m}} 05,0^{\text{s}} \\ \hline \text{HMG} = 00^{\text{h}} 28^{\text{m}} 59,0^{\text{s}} \quad (16/06/93) \end{array}$$

### 21.3.10 ESCALAS DE TEMPO. AJUSTES NO TEMPO UNIVERSAL COORDENADO

Como vimos, os **sinais horários** são irradiados por meio de transmissão automática, obtida por um mecanismo de precisão ligado a um **padrão atômico de césio ou rubídio** de um observatório. A escala de tempo marcada por um **padrão atômico** é denominada **Tempo Atômico Internacional (TAI)** e é extremamente precisa e uniforme, não se alterando com as variações da velocidade de rotação da Terra.

Entretanto, em **Navegação Astronômica** utiliza-se o **Tempo Universal (TU)**, que é o tempo solar médio do **Meridiano de Greenwich**, que pode ser considerado, para todos os propósitos, como equivalente à **Hora Média de Greenwich (HMG)**, usada como argumento de tempo no **Almanaque Náutico**. Estas escalas de tempo correspondem diretamente à posição angular da Terra em torno do seu eixo de rotação diurna, alterando-se, portanto, com as variações da sua velocidade de rotação.

Para conciliar o **TAI** com o **TU/HMG**, foi desenvolvido o conceito de **Tempo Universal Coordenado (TUC)**, que é a escala de tempo utilizada na disseminação de **sinais horários**. O **TUC** tem, exatamente, a mesma marcha que o **TAI**, porém dele difere de um número inteiro de segundos, devido aos ajustes periódicos nele introduzidos, para aproximá-lo do **Tempo Universal (TU)** ou **Hora Média de Greenwich (HMG)**.

Para se manter o **Tempo Universal Coordenado (TUC)** em conformidade com a rotação irregular da Terra, o **Bureau Internacinal da Hora (BIH)** introduz, periodicamente, ajustes no **TUC**, de exatamente 1 segundo (positivo ou negativo), de modo que o **TUC** não difira do **TU/HMG** de uma fração maior que 0,9 segundo. Tais ajustes são introduzidos, de preferência, às 2400 horas de 30 de junho e/ou 31 de dezembro, sendo a data decidida e anunciada pelo BIH com pelo menos 8 semanas de antecedência. As estações que transmitem **sinais horários** introduzem este ajuste automaticamente.

Assim, o navegante não tem que se preocupar em fazer qualquer ajuste no **Tempo Universal Coordenado (TUC)** recebido a bordo através dos **sinais horários**, pois a diferença entre esta escala de tempo e o **Tempo Universal (TU)**, ou **Hora Média de Greenwich (HMG)**, utilizado para **Navegação Astronômica**, é sempre menor que 1 segundo.

Para aplicações geodésicas ou astronômicas de maior precisão, os **sinais horários** incluem, para o instante da transmissão, o valor da diferença entre o **TUC** e o **TU/HMG**, que equivale a uma correção a ser aplicada ao sinal do **TUC**, para transformá-lo em **TU**, ou **HMG**. Esta correção será sempre menor que 1 segundo.

### 21.3.11 IMPORTÂNCIA DA PRECISÃO DA HORA CORRESPONDENTE AO INSTANTE DA OBSERVAÇÃO

Os **cronômetros** utilizados a bordo são exclusivamente **cronômetros de tempo médio**. Vimos que o **Sol médio** (astro fictício utilizado como referência para medida do **tempo médio**) realiza uma volta completa em torno da Terra ( $360^\circ$ ), no **equador**, em exatamente **24 horas médias**.

Desta forma, a **velocidade angular** do **Sol médio** pode ser assim calculada:

$$\begin{array}{l} 360^\circ \dots\dots\dots \rightarrow 24^h \\ \text{VEL} \dots\dots\dots \rightarrow 1^h \end{array}$$

Portanto:  $\text{VEL} = 15^\circ/\text{hora}$  (quinze graus de arco do **equador** por hora).

Isto é, a **velocidade do Sol médio** é de  **$15^\circ$  de Longitude por hora**.

Sabemos que  $15^\circ = 900'$  e que  $1^h = 3.600^s$ .

Assim sendo, podemos dizer que a **velocidade do Sol médio** é de  $0,25'$  Long/segundo de tempo. Ou seja, para **cada segundo de erro** na **HMG** da observação, teremos um erro de  **$0,25'$  de Longitude** na **linha de posição** obtida; para **4 segundos de erro**, teremos  **$1'$  de erro em Longitude** na **linha de posição**.

Portanto, para **1** minuto de erro na **HMG** da observação, teremos **15'** de erro em **Longitude** na **linha de posição** resultante, praticamente invalidando o trabalho executado.

Isto mostra que é essencial obter com precisão a **Hora Média de Greenwich (HMG)** correspondente ao instante da observação do astro. Esta deve ser uma preocupação fundamental do navegante.