

24

NASCER E PÔR-DO-SOL E DA LUA. CREPÚSCULOS

24.1 IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DOS INSTANTES DO NASCER E DO PÔR-DO-SOL E DA LUA, E DA DURAÇÃO DOS CREPÚSCULOS

Em **Navegação Astronômica**, é importante conhecer os instantes do **nascer** e do **pôr-do-Sol** e a duração dos **crepúsculos**, pois é no período em torno destes fenômenos que o navegante faz suas observações de altura matutinas e vespertinas (quando pode enxergar o astro observado, tendo, simultaneamente, o horizonte bem definido). Ademais, é nas proximidades do **nascer** e do **ocaso** que deve ser observado o **azimute do Sol** para determinação do **desvio da agulha**.

O conhecimento dos instantes do **nascer** e do **pôr** da **Lua** também tem importância em navegação, principalmente quando se faz uma aterragem noturna, ou quando se navega costeiro durante a noite. A Lua, às vezes auxilia e outras vezes prejudica o reconhecimento da costa sobre a qual se aterra ou a identificação de pontos notáveis ou auxílios à navegação, conforme estudaremos em capítulos posteriores.

Além disso, o conhecimento do **nascer** e do **pôr** da **Lua** pode ser importante na fase de planejamento ou de execução de uma operação naval.

24.2 REVISÃO DO CONCEITO DE HORA MÉDIA LOCAL (HML)

a. CONCEITO DE HORA MÉDIA LOCAL (HML)

O **Almanaque Náutico** apresenta os instantes do **nascer** e do **pôr-do-Sol** e do **começo** e fim dos **crepúsculos civil e náutico**, bem como os instantes do **nascer** e do **pôr** da **Lua**, tabulados em **Hora Média Local (HML)**.

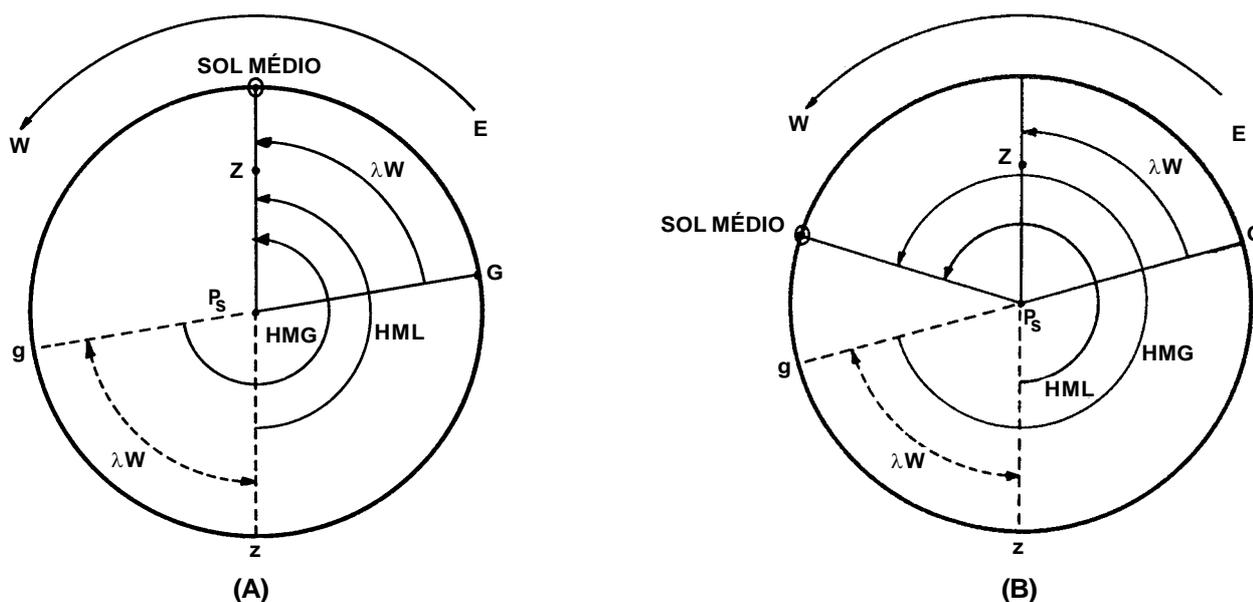
Assim, é importante compreender bem o conceito de **Hora Média Local (HML)**, para poder calcular corretamente os instantes dos fenômenos acima citados.

Hora Média Local (HML) é a hora marcada de acordo com a posição do **Sol médio** em relação ao meridiano do observador (**meridiano local**). Assim, a **Hora Média Local (HML)** varia de lugar para lugar e, quando o **Sol médio** passa no **meridiano local (meridiano superior do lugar)**, são exatamente $HML=12^h 00^m 00^s$ neste local.

b. RELAÇÕES ENTRE A HORA MÉDIA LOCAL (HML) E A HORA MÉDIA DE GREENWICH (HMG)

Já vimos que a referência para medida do **Tempo Médio** é o **Sol médio**, um astro fictício que se desloca de Leste para Oeste ao longo do Equador Celeste, com velocidade constante, perfazendo uma volta completa em torno da Terra em 24 Horas Médias. Vimos, ademais, que, quando o **Sol médio** passa no **meridiano superior do local**, são 1200 **horas médias (HML)** naquele local.

Figura 24.1 - Relações entre a HML e a HMG (Local a Oeste de Greenwich)



$$HMG = HML + \lambda W$$

Assim, na figura 24.1A, o **Sol médio** está, exatamente, no meridiano superior do local **Z** (isto é, o **círculo horário do Sol médio** coincide com o **meridiano local**).

O local **Z** está a **Oeste de Greenwich (G)**. O ângulo entre o **meridiano de Greenwich** e o **meridiano local** é, conforme já estudamos, a **Longitude do local** (neste caso, **Longitude Oeste**). O **Tempo Médio** é o ângulo entre o **meridiano inferior** do local e o **círculo horário do Sol médio**.

Desta forma, analisando a figura 24.1A, verificamos que, no instante representado na figura:

$$\begin{aligned} \text{HML (para o local Z): } & 1200 \\ \text{HMG} & = 1200 + \text{Longitude de Z} \end{aligned}$$

$$\text{Portanto: HMG} = \text{HML} + \text{Longitude (W)}$$

Na figura 24.1B, o **Sol médio** está em uma posição qualquer e verificamos, também, que:

$$\text{HMG} = \text{HML} + \text{LONG (W)}$$

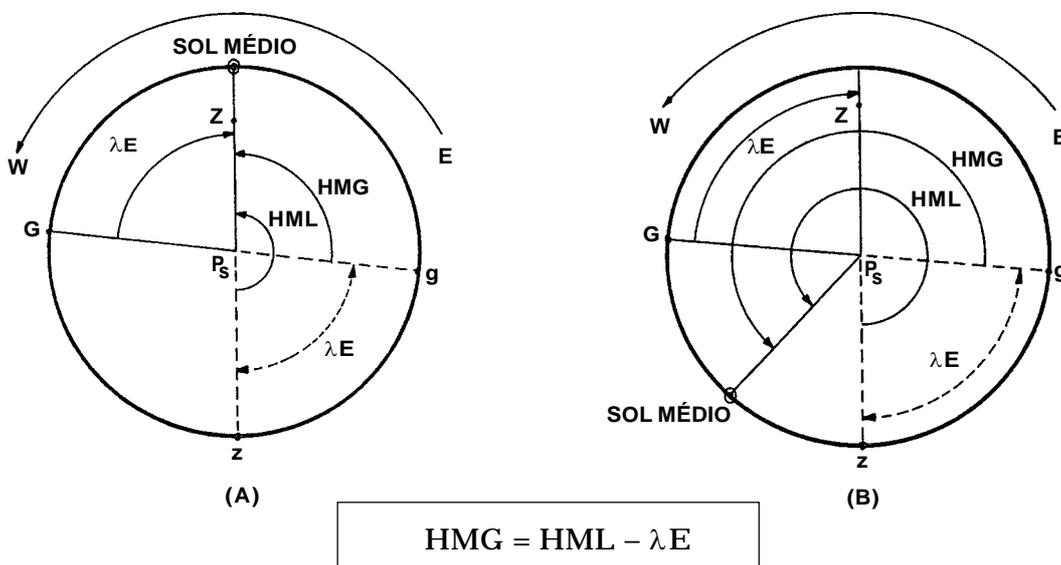
Esta fórmula, então, será usada sempre que for necessário transformar **Hora Média Local (HML)** em **Hora Média de Greenwich (HMG)**, para locais situados a **Oeste de Greenwich** (e que, portanto, têm **Longitude W**).

Analisemos, agora, a relação entre a **Hora Média Local (HML)** e a **Hora Média de Greenwich (HMG)** para um local situado a **Leste de Greenwich** (isto é, um local de **Longitude E**).

Na figura 24.2A, o **Sol médio** está exatamente sobre o meridiano do local **Z** (isto é, o **círculo horário do Sol** e o **meridiano local** são coincidentes). Assim, para o local **Z** teremos $\text{HML} = 1200$. Como **Z** está a **Leste de Greenwich** e o **Sol médio** se desloca de **Leste para Oeste**, quando o **Sol médio** está no **meridiano local** de **Z**, ele ainda não passou em **Greenwich** e, para chegar a **Greenwich**, ainda terá que percorrer um ângulo igual à **Longitude de Z**. Então, teremos, no instante representado na figura 24.2A:

$$\begin{aligned} \text{HML} & = 1200 \\ \text{HMG} & = 1200 - \text{Longitude (E)} \end{aligned}$$

Figura 24.2 - Relações entre a HML e a HMG (Local a Leste de Greenwich)



Portanto, teremos:

$$\text{HMG} = \text{HML} - \text{Longitude (E)}$$

Na figura 24.2B, com o **Sol médio** em uma posição qualquer, também teremos:

$$\text{HMG} = \text{HML} - \text{LONG (E)}$$

Esta fórmula, então, será usada sempre que for necessário transformar **Hora Média Local (HML)** em **Hora Média de Greenwich (HMG)**, para locais situados a **Leste de Greenwich** (isto é, locais com **Longitude E**).

Para fazer as transformações de **HML** para **HMG**, é necessário transformar a **Longitude**, normalmente expressa em **unidades de arco**, para **unidades de tempo**.

Para conversão de **arco** em **tempo**, a fim de utilizar as fórmulas que relacionam a **HML** com a **HMG**, pode ser usada a tabela **CONVERSÃO DE ARCO EM TEMPO**, mostrada na primeira **página amarela** do **Almanaque Náutico** (página I) e reproduzida na figura 19.9. O Capítulo 19 também explica, com detalhes, o uso dessa tabela, ilustrando-o, inclusive, com exemplos de conversão de **arco** em **tempo** e vice-versa.

24.3 DEFINIÇÕES

Os instantes tabulados no **Almanaque Náutico** para **nascer** e **pôr-do-Sol** e **crepúsculos** obedecem às seguintes definições.

a. Nos instantes dados nas Tábuas do **nascer** e do **pôr-do-Sol**, o seu **limbo superior** está no **horizonte visual**, para um observador no nível do mar e com o horizonte claro.

b. Nos instantes correspondentes ao início e ao fim do **crepúsculo civil**, o centro do Sol está **6° abaixo do horizonte**, isto é, a **distância zenital (z)** do Sol é igual a 96°. A intensidade de iluminação nos instantes dados para o **crepúsculo civil** (em boas condições atmosféricas e na ausência de outra iluminação) é tal que os planetas e as estrelas mais brilhantes são visíveis e o horizonte está perfeitamente delineado.

c. Nos instantes correspondentes ao início e ao fim do **crepúsculo náutico**, o centro do Sol está **12° abaixo do horizonte**, isto é, a **distância zenital (z)** do Sol é igual a 102°. Nos instantes tabulados para o **crepúsculo náutico**, o horizonte normalmente está invisível, sendo demasiadamente escuro para a observação de alturas com sextante.

Assim, o **crepúsculo civil** da manhã (matutino) inicia-se quando o centro do **Sol** está 6° abaixo do **horizonte** e termina quando o **limbo superior** do **Sol** tangencia o **horizonte visual** do observador. O **crepúsculo náutico** da manhã, por outro lado, começa quando o centro do **Sol** está 12° abaixo do **horizonte** e seu término coincide com o fim do **crepúsculo civil** da manhã (isto é, com o **nascer do Sol – limbo superior** tangenciando o **horizonte visual**).

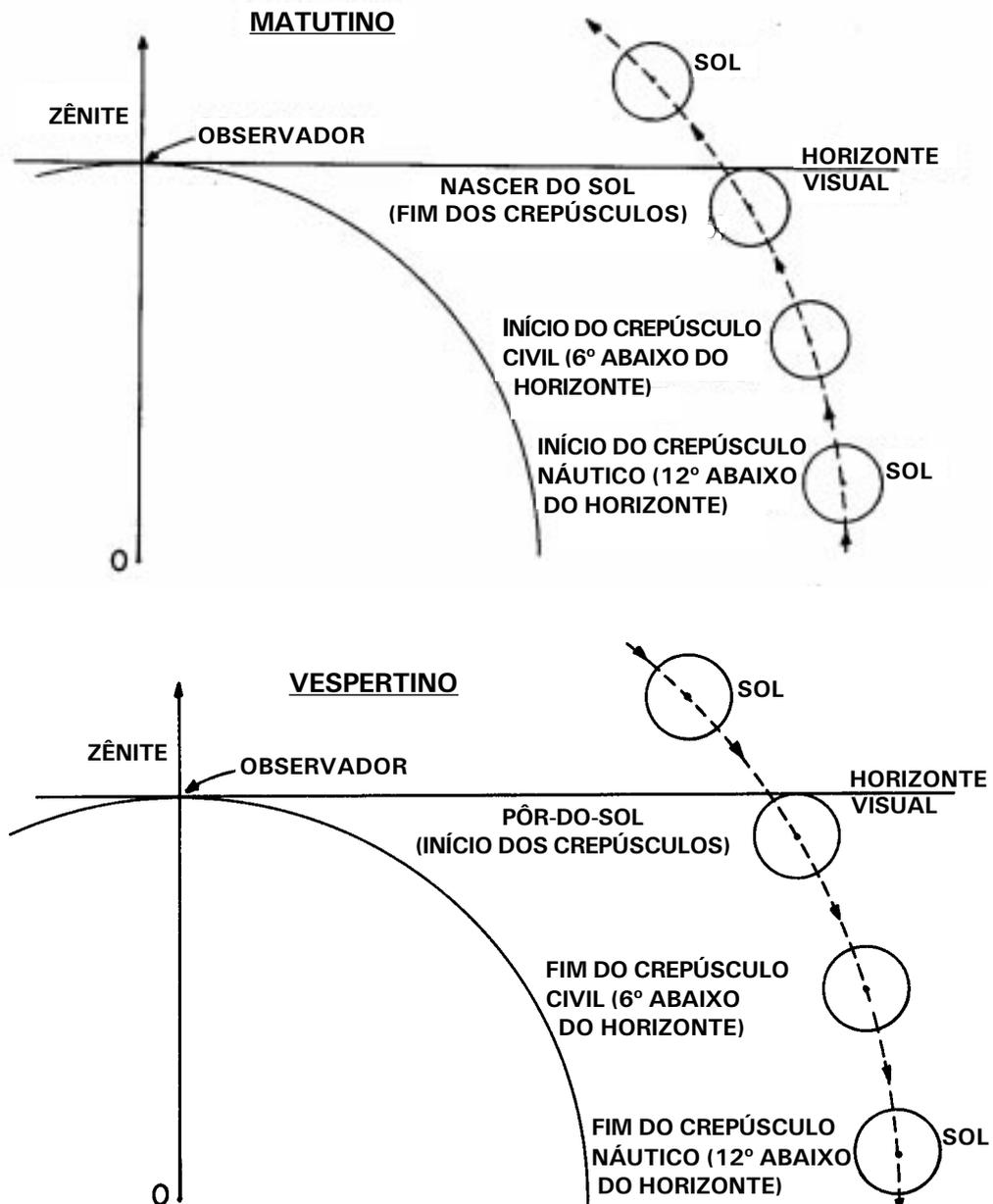
À tarde, o **crepúsculo civil** vespertino inicia-se quando o **limbo superior** do **Sol** tangencia o **horizonte visual** do observador e termina quando o centro do **Sol** está 6° abaixo do horizonte. O **crepúsculo náutico** da tarde também começa no **pôr-do-Sol** (limbo superior tangenciando o horizonte visual do observador) e seu término ocorre quando o centro do Sol está 12° abaixo do horizonte.

A figura 24.3 ilustra os conceitos acima definidos.

d. Em **Astronomia**, também se usa o conceito de **crepúsculo astronômico**. O **crepúsculo astronômico da manhã** inicia-se quando o **centro do Sol** está 18° abaixo do **horizonte** e termina quando o **limbo superior do Sol** tangencia o **horizonte**, isto é, no **nascer do Sol** (fim dos crepúsculos). O **crepúsculo astronômico vespertino** começa no **pôr-do-Sol** (**limbo superior** tangenciando o **horizonte**) e termina quando o **centro do Sol** está 18° abaixo do **horizonte**. O **crepúsculo astronômico** não tem significado prático para a **Navegação Astronômica**, pois, com o **Sol** 18° abaixo do **horizonte**, o céu apresenta-se quase tão escuro quanto em qualquer outra hora da noite, sendo, assim, inadequado para observações de altura dos astros com o sextante.

e. Nos instantes tabulados no **Almanaque Náutico** para o **nascer e pôr da Lua**, o limbo superior do astro tangencia o **horizonte visual** do observador.

Figura 24.3 - Nascer e Pôr-do-Sol. Crepúsculos



24.4 CÁLCULO DO NASCER E PÔR-DO-SOL E DOS CREPÚSCULOS

Os instantes tabulados no **Almanaque Náutico** para os fenômenos acima correspondem ao dia médio entre os três dias das “**páginas diárias**” do **Almanaque**, mas podem ser usados, sem erros significativos, também para os outros dois dias de cada “**página diária**”.

Os mencionados instantes, que são calculados com a aproximação de **1 minuto de tempo**, referem-se aos fenômenos (**nascer e pôr-do-Sol e crepúsculos**) tal como ocorrem no **meridiano de Greenwich**; porém, também representam, aproximadamente, a **Hora Média Local (HML)** do fenômeno correspondente, em qualquer meridiano.

Os instantes do **nascer e pôr-do-Sol** e dos **crepúsculos (civil e náutico)** são tabulados no **Almanaque Náutico** para o intervalo de Latitudes de 60° S a 72° N. Nas áreas polares, fora destes limites, gráficos especiais devem ser usados para cálculo do **nascer e pôr-do-Sol** e dos **crepúsculos**.

Nas altas Latitudes Norte e Sul alguns destes fenômenos podem não ocorrer, o que se esclarece, no **Almanaque Náutico**, com os seguintes símbolos:

 o **Sol** permanece continuamente **acima do horizonte**;

 o **Sol** permanece continuamente **abaixo do horizonte**;

 o **crepúsculo** dura a noite inteira.

O processo para o cálculo dos instantes do **nascer e pôr-do-Sol** e dos **crepúsculos** é o seguinte.

a. Interpolar entre os valores tabulados, para a Latitude do observador, mentalmente ou usando a Tábua I da página amarela **XXXII**, no final do **Almanaque Náutico**.

b. Transformar a **HML** obtida da interpolação para **HMG** utilizando as fórmulas já vistas:

$$\text{HMG} = \text{HML} + \text{LONG (W)}$$

$$\text{HMG} = \text{HML} - \text{LONG (E)}$$

OBSERVAÇÃO:

Para usar as fórmulas acima, a Longitude deve ser expressa em **unidades de tempo**. Para transformar **arco** em **tempo**, usar a Tabela da primeira página amarela no final do **Almanaque Náutico** (página I), reproduzida na figura 19.9 (ver o Capítulo 19).

c. Transformar a **Hora Média de Greenwich (HMG)** para **Hora Legal (Hleg)** do **fuso horário** correspondente à posição do observador.

EXEMPLO:

Calcular, para um observador no Rio de Janeiro (Latitude 23° 00' S e Longitude 043° 10' W), no dia 06/11/93, os instantes, em **Hora Legal (Hleg)**, dos seguintes fenômenos:

– início do **crepúsculo civil matutino**

- **nascer do Sol**
- **pôr-do-Sol**
- fim do **crepúsculo civil vespertino**

SOLUÇÃO:

a. Transformação da Longitude de **arco** para **tempo** (usando a tábua da página amarela I, no final do **Almanaque Náutico**, reproduzida na figura 19.9):

$$\begin{array}{rcl} 043^\circ & = & 02^h \ 52^m \\ 10' & = & 00^m \ 40^s \\ \hline 043^\circ \ 10' & = & 02^h \ 52^m \ 40^s \cong 02^h \ 53^m \end{array}$$

(conforme mencionado, a aproximação para o cálculo dos fenômenos é de 1 minuto).

b. Obtenção da **HML** dos fenômenos na “página diária” do **Almanaque Náutico** correspondente à data (ver a figura 24.4), para a Latitude tabulada menor e mais próxima da Latitude do observador, e interpolação para a Latitude, usando a Tábua I da página amarela XXXII (figura 24.5), para calcular a **HML** dos fenômenos na Latitude do observador:

| 06/11/93 | INÍCIO CREP. CIVIL | NASCER DO SOL | PÔR-DO-SOL | FIM CREP. CIVIL |
|-------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| Lat. 20° S | 04 52 (d = - 17) | 05 16 (d = - 15) | 18 12 (d = + 15) | 18 35 (d = + 18) |
| DIF 03° 00' | <u>- 05</u> | <u>- 04</u> | <u>+ 04</u> | <u>+ 05</u> |
| HML | 04 47 | 05 12 | 18 16 | 18 40 |

A Tábua I serve para fazer a interpolação em Latitude da **HML** do **nascer e pôr-do-Sol** e da **Lua** e dos **crepúsculos**. Essa interpolação não é linear, de modo que, ao efetuá-la, deve-se usar sistematicamente como primeiro valor aproximado para o instante do fenômeno, aquele que corresponde à Latitude tabulada menor e mais próxima da Latitude do observador. Entra-se, então, na Tábua I, na linha superior, com o argumento mais próximo da diferença entre o instante correspondente à Latitude tabulada acima citada e a Latitude tabulada que se segue (DIFERENÇA DE HORAS PARA LATITUDES CONSECUTIVAS); e na coluna correspondente à diferença entre essas duas Latitudes (INTERVALO TABULAR), entra-se com o excesso da Latitude do observador sobre a Latitude tabulada inferior. A correção obtida é, então, aplicada ao primeiro valor de **HML** obtido do **Almanaque Náutico** para o instante do fenômeno. O sinal da correção é determinado por simples inspeção.

No exemplo acima, para o instante do início do **crepúsculo civil matutino**, tem-se:

1. Latitude tabulada menor e mais próxima que a Latitude do observador: 20° S
2. HML do início do **crepúsculo civil matutino** para 20° S, no dia 06/11/93: 0452
3. Diferença de horas para Latitudes consecutivas: - 17 minutos
4. Intervalo tabular: 10°
5. Excesso da Latitude do observador sobre a Latitude tabulada inferior: 3°
6. Correção da Tábua I: - 5 minutos
7. **HML** do início do **crepúsculo civil matutino** na Latitude 23° S: 0447

Figura 24.4 - Página Diária do Almanaque Náutico

6, 7 e 8 DE NOVEMBRO DE 1993 (Sábado, Domingo e 2ª feira)

| TU (HMG) | SOL | | | | LUA | | | | Lot. | CREP | | SOL Nascer | LUA - Nascer | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|-------|---------------|--------------|-------|------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | AHG | | Dec. | | AHG | | v Dec. d Ph | | | Náut | Civil | | 6 | 7 | 8 | 9 | | | | | | | | | | | | | |
| | o | ' | o | ' | o | ' | o | ' | | h | m | | h | m | h | m | h | m | | | | | | | | | | | |
| SÁBADO | 00 | 184 | 05.4 | S15 | 55.1 | 286 | 17.6 | 10.1 | N16 | 23.9 | 8.1 | 57.2 | N 72 | 06 | 30 | 07 | 57 | 09 | 38 | 20 | 33 | 22 | 42 | 24 | 46 | 00 | 46 | | |
| | 01 | 199 | 05.3 | | 55.8 | 300 | 46.7 | 10.2 | 16 | 15.8 | 8.3 | 57.3 | N 70 | 06 | 23 | 07 | 40 | 09 | 02 | 20 | 59 | 22 | 55 | 24 | 50 | 24 | 50 | 00 | 50 |
| | 02 | 214 | 05.3 | | 56.6 | 315 | 15.9 | 10.1 | 16 | 07.5 | 8.3 | 57.3 | 68 | 06 | 17 | 07 | 26 | 08 | 36 | 21 | 19 | 23 | 06 | 24 | 54 | 00 | 54 | | |
| | 03 | 229 | 05.3 | | 57.3 | 329 | 45.0 | 10.1 | 15 | 59.2 | 8.4 | 57.3 | 66 | 06 | 12 | 07 | 15 | 08 | 17 | 21 | 34 | 23 | 15 | 24 | 57 | 00 | 57 | | |
| | 04 | 244 | 05.3 | | 58.1 | 344 | 14.1 | 10.2 | 15 | 50.8 | 8.5 | 57.4 | 64 | 06 | 08 | 07 | 06 | 08 | 01 | 21 | 47 | 23 | 22 | 25 | 00 | 01 | 00 | | |
| | 05 | 259 | 05.2 | | 58.8 | 358 | 43.3 | 10.2 | 15 | 42.3 | 8.6 | 57.4 | 62 | 06 | 04 | 06 | 58 | 07 | 49 | 21 | 58 | 23 | 28 | 25 | 02 | 01 | 02 | | |
| | 06 | 274 | 05.2 | S15 | 59.6 | 13 | 12.5 | 10.2 | N15 | 33.7 | 8.7 | 57.4 | 60 | 06 | 00 | 06 | 51 | 07 | 38 | 22 | 07 | 23 | 34 | 25 | 04 | 01 | 04 | | |
| | 07 | 289 | 05.2 | | 60.3 | 27 | 41.7 | 10.2 | 15 | 25.0 | 8.8 | 57.5 | N 58 | 05 | 57 | 06 | 45 | 07 | 28 | 22 | 15 | 23 | 39 | 25 | 05 | 01 | 05 | | |
| | 08 | 304 | 05.2 | | 61.1 | 42 | 10.9 | 10.2 | 15 | 16.2 | 8.8 | 57.5 | 56 | 05 | 54 | 06 | 39 | 07 | 20 | 22 | 22 | 23 | 43 | 25 | 07 | 01 | 07 | | |
| | 09 | 319 | 05.1 | | 61.8 | 56 | 40.1 | 10.3 | 15 | 07.4 | 9.0 | 57.5 | 54 | 05 | 51 | 06 | 34 | 07 | 12 | 22 | 28 | 23 | 47 | 25 | 08 | 01 | 08 | | |
| | 10 | 334 | 05.1 | | 62.6 | 71 | 09.4 | 10.2 | 14 | 58.4 | 9.1 | 57.5 | 52 | 05 | 49 | 06 | 29 | 07 | 06 | 22 | 33 | 23 | 50 | 25 | 09 | 01 | 09 | | |
| | 11 | 349 | 05.1 | | 63.3 | 85 | 38.6 | 10.3 | 14 | 49.3 | 9.1 | 57.6 | 50 | 05 | 46 | 06 | 25 | 07 | 00 | 22 | 38 | 23 | 53 | 25 | 10 | 01 | 10 | | |
| | 12 | 4 | 05.0 | S16 | 64.1 | 100 | 07.9 | 10.2 | N14 | 40.2 | 9.2 | 57.6 | 45 | 05 | 40 | 06 | 15 | 06 | 47 | 22 | 49 | 24 | 00 | 00 | 00 | 01 | 13 | | |
| | 13 | 19 | 05.0 | | 64.8 | 114 | 37.1 | 10.3 | 14 | 31.0 | 9.3 | 57.6 | N 40 | 05 | 35 | 06 | 07 | 06 | 36 | 22 | 58 | 24 | 06 | 00 | 06 | 01 | 15 | | |
| | 14 | 34 | 05.0 | | 65.5 | 129 | 06.4 | 10.3 | 14 | 21.7 | 9.4 | 57.7 | 35 | 05 | 30 | 06 | 00 | 06 | 27 | 23 | 06 | 24 | 11 | 00 | 11 | 01 | 17 | | |
| | 15 | 49 | 05.0 | | 66.3 | 143 | 35.7 | 10.4 | 14 | 12.3 | 9.5 | 57.7 | 30 | 05 | 25 | 05 | 54 | 06 | 19 | 23 | 13 | 24 | 15 | 00 | 15 | 01 | 18 | | |
| | 16 | 64 | 04.9 | | 67.0 | 158 | 05.1 | 10.3 | 14 | 02.8 | 9.6 | 57.7 | 20 | 05 | 15 | 05 | 42 | 06 | 04 | 23 | 24 | 24 | 22 | 00 | 22 | 01 | 21 | | |
| | 17 | 79 | 04.9 | | 67.8 | 172 | 34.4 | 10.3 | 13 | 53.2 | 9.7 | 57.8 | N 10 | 05 | 05 | 05 | 30 | 05 | 52 | 23 | 35 | 24 | 29 | 00 | 29 | 01 | 23 | | |
| | 18 | 94 | 04.9 | S16 | 68.5 | 187 | 03.7 | 10.4 | N13 | 43.5 | 9.7 | 57.8 | 0 | 04 | 54 | 05 | 19 | 05 | 40 | 23 | 44 | 24 | 35 | 00 | 35 | 01 | 25 | | |
| | 19 | 109 | 04.8 | | 69.3 | 201 | 33.1 | 10.3 | 13 | 33.8 | 9.8 | 57.8 | S 10 | 04 | 41 | 05 | 06 | 05 | 28 | 23 | 53 | 24 | 41 | 00 | 41 | 01 | 28 | | |
| | 20 | 124 | 04.8 | | 70.0 | 216 | 02.4 | 10.4 | 13 | 24.0 | 9.9 | 57.8 | 20 | 04 | 25 | 04 | 52 | 05 | 16 | 24 | 04 | 25 | 04 | 00 | 04 | 00 | 30 | | |
| | 21 | 139 | 04.8 | | 70.7 | 230 | 31.8 | 10.4 | 13 | 14.1 | 10.0 | 57.9 | 30 | 04 | 05 | 04 | 35 | 05 | 01 | 24 | 15 | 00 | 15 | 00 | 54 | 01 | 33 | | |
| | 22 | 154 | 04.7 | | 71.5 | 245 | 01.2 | 10.4 | 13 | 04.1 | 10.1 | 57.9 | 35 | 03 | 52 | 04 | 25 | 04 | 52 | 24 | 22 | 00 | 22 | 00 | 58 | 01 | 34 | | |
| | 23 | 169 | 04.7 | | 72.2 | 259 | 30.6 | 10.4 | 12 | 54.0 | 10.1 | 57.9 | 40 | 03 | 36 | 04 | 13 | 04 | 42 | 24 | 29 | 00 | 29 | 01 | 03 | 01 | 36 | | |
| 00 | 184 | 04.7 | S16 | 73.0 | 274 | 00.0 | 10.4 | N12 | 43.9 | 10.2 | 58.0 | 45 | 03 | 17 | 03 | 58 | 04 | 31 | 00 | 04 | 00 | 38 | 01 | 09 | 01 | 38 | | | |
| 01 | 199 | 04.6 | | 73.7 | 288 | 29.4 | 10.4 | 12 | 33.7 | 10.3 | 58.0 | S 50 | 02 | 51 | 03 | 39 | 04 | 16 | 00 | 18 | 00 | 48 | 01 | 15 | 01 | 40 | | | |
| 02 | 214 | 04.6 | | 74.4 | 302 | 58.8 | 10.4 | 12 | 23.4 | 10.4 | 58.0 | 52 | 02 | 38 | 03 | 30 | 04 | 10 | 00 | 25 | 00 | 53 | 01 | 18 | 01 | 41 | | | |
| 03 | 229 | 04.6 | | 75.1 | 317 | 28.2 | 10.5 | 12 | 13.0 | 10.5 | 58.1 | 54 | 02 | 22 | 03 | 20 | 04 | 02 | 00 | 32 | 00 | 58 | 01 | 21 | 01 | 43 | | | |
| 04 | 244 | 04.5 | | 75.9 | 331 | 57.7 | 10.4 | 12 | 02.5 | 10.5 | 58.1 | 56 | 02 | 04 | 03 | 08 | 03 | 54 | 00 | 40 | 01 | 04 | 01 | 25 | 01 | 44 | | | |
| 05 | 259 | 04.5 | | 76.7 | 346 | 27.1 | 10.5 | 11 | 52.0 | 10.6 | 58.1 | S 58 | 01 | 40 | 02 | 55 | 03 | 45 | 00 | 49 | 01 | 11 | 01 | 29 | 01 | 46 | | | |
| 06 | 274 | 04.5 | S16 | 77.4 | 0 | 56.6 | 10.4 | N11 | 41.4 | 10.7 | 58.1 | S 60 | 01 | 05 | 02 | 39 | 03 | 34 | 01 | 00 | 01 | 18 | 01 | 34 | 01 | 47 | | | |
| 07 | 289 | 04.4 | | 78.1 | 15 | 26.0 | 10.5 | 11 | 30.7 | 10.8 | 58.2 | Lot. | SOL | CREP | | LUA - Pôr | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | 304 | 04.4 | | 78.9 | 29 | 55.5 | 10.5 | 11 | 19.9 | 10.8 | 58.2 | Pôr | | Civil | Náut | 6 | 7 | 8 | 9 | | | | | | | | | | |
| 09 | 319 | 04.4 | | 79.6 | 44 | 25.0 | 10.5 | 11 | 09.1 | 10.9 | 58.2 | o | h | h | h | h | h | h | h | h | h | h | h | h | h | h | | | |
| 10 | 334 | 04.3 | | 80.3 | 58 | 54.5 | 10.5 | 10 | 58.2 | 11.0 | 58.3 | 72 | 13 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | | | |
| 11 | 349 | 04.3 | | 81.1 | 73 | 24.0 | 10.4 | 10 | 47.2 | 11.0 | 58.3 | N 70 | 14 | 24 | 15 | 46 | 17 | 03 | 14 | 20 | 14 | 09 | 14 | 00 | 13 | 52 | | | |
| 12 | 4 | 04.3 | S16 | 81.8 | 87 | 53.4 | 10.5 | N10 | 36.2 | 11.1 | 58.3 | 68 | 14 | 50 | 16 | 00 | 17 | 09 | 13 | 59 | 13 | 57 | 13 | 54 | 13 | 52 | | | |
| 13 | 19 | 04.2 | | 82.5 | 102 | 22.9 | 10.5 | 10 | 25.1 | 11.2 | 58.4 | 66 | 15 | 09 | 16 | 11 | 17 | 14 | 13 | 42 | 13 | 47 | 13 | 49 | 13 | 52 | | | |
| 14 | 34 | 04.2 | | 83.3 | 116 | 52.4 | 10.5 | 10 | 13.9 | 11.2 | 58.4 | 64 | 15 | 25 | 16 | 20 | 17 | 18 | 13 | 29 | 13 | 38 | 13 | 45 | 13 | 51 | | | |
| 15 | 49 | 04.1 | | 84.0 | 131 | 21.9 | 10.6 | 10 | 02.7 | 11.4 | 58.4 | 62 | 15 | 38 | 16 | 29 | 17 | 22 | 13 | 17 | 13 | 30 | 13 | 41 | 13 | 51 | | | |
| 16 | 64 | 04.1 | | 84.7 | 145 | 51.5 | 10.5 | 9 | 51.3 | 11.3 | 58.5 | 60 | 15 | 49 | 16 | 36 | 17 | 26 | 13 | 07 | 13 | 24 | 13 | 38 | 13 | 51 | | | |
| 17 | 79 | 04.1 | | 85.5 | 160 | 21.0 | 10.5 | 9 | 40.0 | 11.5 | 58.5 | N 58 | 15 | 59 | 16 | 42 | 17 | 29 | 12 | 58 | 13 | 18 | 13 | 35 | 13 | 51 | | | |
| 18 | 94 | 04.0 | S16 | 86.2 | 174 | 50.5 | 10.5 | N 9 | 28.5 | 11.5 | 58.5 | 56 | 16 | 07 | 16 | 48 | 17 | 32 | 12 | 51 | 13 | 13 | 13 | 32 | 13 | 51 | | | |
| 19 | 109 | 04.0 | | 86.9 | 189 | 20.0 | 10.5 | 9 | 17.0 | 11.5 | 58.6 | 54 | 16 | 14 | 16 | 53 | 17 | 35 | 12 | 44 | 13 | 08 | 13 | 30 | 13 | 51 | | | |
| 20 | 124 | 03.9 | | 87.6 | 203 | 49.5 | 10.5 | 9 | 05.5 | 11.7 | 58.6 | 52 | 16 | 21 | 16 | 58 | 17 | 38 | 12 | 38 | 13 | 04 | 13 | 28 | 13 | 51 | | | |
| 21 | 139 | 03.9 | | 88.3 | 218 | 19.0 | 10.5 | 8 | 53.8 | 11.7 | 58.6 | 50 | 16 | 27 | 17 | 02 | 17 | 40 | 12 | 32 | 13 | 00 | 13 | 26 | 13 | 51 | | | |
| 22 | 154 | 03.9 | | 89.0 | 232 | 48.5 | 10.5 | 8 | 42.1 | 11.7 | 58.6 | 45 | 16 | 40 | 17 | 11 | 17 | 46 | 12 | 20 | 12 | 52 | 13 | 22 | 13 | 51 | | | |
| 23 | 169 | 03.8 | | 89.7 | 247 | 18.0 | 10.5 | 8 | 30.4 | 11.8 | 58.7 | N 40 | 16 | 51 | 17 | 20 | 17 | 52 | 12 | 10 | 12 | 45 | 13 | 18 | 13 | 51 | | | |
| 00 | 184 | 03.8 | S16 | 90.4 | 261 | 47.5 | 10.5 | N 8 | 18.6 | 11.9 | 58.7 | 35 | 17 | 09 | 17 | 27 | 17 | 57 | 12 | 01 | 12 | 39 | 13 | 15 | 13 | 50 | | | |
| 01 | 199 | 03.7 | | 91.1 | 276 | 17.0 | 10.5 | 8 | 06.7 | 11.9 | 58.7 | 30 | 17 | 09 | 17 | 34 | 18 | 02 | 11 | 53 | 12 | 33 | 13 | 12 | 13 | 50 | | | |
| 02 | 214 | 03.7 | | 91.8 | 290 | 46.5 | 10.5 | 7 | 54.8 | 12.0 | 58.8 | 20 | 17 | 23 | 17 | 46 | 18 | 12 | 11 | 40 | 12 | 24 | 13 | 07 | | | | | |

Figura 24.5 - Interpolação das Horas do Nascer e Pôr-do-Sol e da Lua e dos Crepúsculos

TÁBUAS PARA INTERPOLAÇÃO DAS HORAS DO NASCER DO SOL, DO NASCER DA LUA, ETC.

TÁBUA I — PARA A LATITUDE

| Intervalo Tabular | | | Diferença de horas para latitudes consecutivas | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----|------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 10° | 5° | 2° | 5 ^m | 10 ^m | 15 ^m | 20 ^m | 25 ^m | 30 ^m | 35 ^m | 40 ^m | 45 ^m | 50 ^m | 55 ^m | 60 ^m | 1 ^h 05 ^m | 1 ^h 10 ^m | 1 ^h 15 ^m | 1 ^h 20 ^m |
| ° | ' | '' | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | h | m | h | m |
| 0 | 30 | 0 15 | 0 | 06 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 02 | 0 | 02 |
| 1 | 00 | 0 30 | 0 | 12 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 05 | 05 | 05 | 05 |
| 1 | 30 | 0 45 | 0 | 18 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 07 | 07 | 07 | 07 |
| 2 | 00 | 1 00 | 0 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 2 | 30 | 1 15 | 0 | 30 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 12 | 13 | 13 | 13 |
| 3 | 00 | 1 30 | 0 | 36 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 15 | 15 | 16 | 16 |
| 3 | 30 | 1 45 | 0 | 42 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 18 | 18 | 19 | 19 |
| 4 | 00 | 2 00 | 0 | 48 | 2 | 4 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 14 | 15 | 16 | 20 | 21 | 22 | 22 |
| 4 | 30 | 2 15 | 0 | 54 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 16 | 18 | 19 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 5 | 00 | 2 30 | 1 | 00 | 2 | 5 | 7 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 5 | 30 | 2 45 | 1 | 06 | 3 | 5 | 8 | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 29 | 30 | 31 | 32 |
| 6 | 00 | 3 00 | 1 | 12 | 3 | 6 | 9 | 12 | 14 | 17 | 20 | 22 | 24 | 26 | 32 | 33 | 34 | 36 |
| 6 | 30 | 3 15 | 1 | 18 | 3 | 6 | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 24 | 26 | 29 | 36 | 37 | 38 | 40 |
| 7 | 00 | 3 30 | 1 | 24 | 3 | 7 | 10 | 14 | 17 | 20 | 23 | 26 | 29 | 31 | 39 | 41 | 42 | 44 |
| 7 | 30 | 3 45 | 1 | 30 | 4 | 7 | 11 | 15 | 18 | 22 | 25 | 28 | 31 | 34 | 43 | 44 | 46 | 48 |
| 8 | 00 | 4 00 | 1 | 36 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 23 | 27 | 30 | 34 | 37 | 47 | 48 | 51 | 53 |
| 8 | 30 | 4 15 | 1 | 42 | 4 | 8 | 13 | 17 | 21 | 25 | 29 | 33 | 36 | 40 | 51 | 53 | 56 | 58 |
| 9 | 00 | 4 30 | 1 | 48 | 4 | 9 | 13 | 18 | 22 | 27 | 31 | 35 | 39 | 43 | 55 | 58 | 1 01 | 1 04 |
| 9 | 30 | 4 45 | 1 | 54 | 5 | 9 | 14 | 19 | 24 | 28 | 33 | 38 | 42 | 47 | 1 00 | 1 04 | 1 08 | 1 12 |
| 10 | 00 | 5 00 | 2 | 00 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 1 05 | 1 10 | 1 15 | 1 20 |

A Tábua I serve para fazer a interpolação em latitude da TML do nascer do Sol e da Lua, do crepúsculo etc. Cumpra ter em vista que essa interpolação não é linear, de modo que, ao efetuá-la, deve-se usar, sistematicamente, como primeiro valor aproximado para o instante do fenômeno, aquele que corresponde à mais próxima latitude tabular inferior à latitude dada. Entra-se, então, na Tábua (linha superior) com o argumento mais próximo da diferença entre o instante correspondente à latitude tabular acima mencionada e a latitude tabular seguinte; e, na coluna correspondente à diferença entre essas duas latitudes tabulares, entra-se com o excesso da latitude dada sobre a mais próxima latitude tabular inferior. A correção assim obtida é, então, aplicada ao primeiro valor aproximado para o instante do fenômeno, já obtido das páginas diárias. Determina-se o sinal dessa correção por simples inspeção.

TÁBUA II - PARA A LONGITUDE

| Long Este ou Oeste | Diferença entre os instantes para uma data e a precedente (para longitude E) ou para uma data e a seguinte (para longitude W) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|----|----|------------------|----|----|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|---|
| | 10 ^m | 20 ^m | 30 ^m | 40 ^m | 50 ^m | 60 ^m | 1 ^h + | | | 1 ^h + | | | 2 ^h 10 ^m | 2 ^h 20 ^m | 2 ^h 30 ^m | 2 ^h 40 ^m | 2 ^h 50 ^m | 3 ^h 00 ^m | | |
| ° | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 04 | 04 | 04 | 04 | 05 | 05 | 05 | |
| 20 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 07 | 08 | 08 | 09 | 09 | 10 | 10 | |
| 30 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 15 | |
| 40 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 20 | |
| 50 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 17 | 0 18 | 0 19 | 0 21 | 0 22 | 0 24 | 0 25 | 0 25 | |
| 60 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 | 17 | 18 | 20 | 22 | 23 | 25 | 27 | 28 | 30 | 30 | |
| 70 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 31 | 33 | 35 | 35 | |
| 80 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 29 | 31 | 33 | 36 | 38 | 40 | 40 | |
| 90 | 2 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 17 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 32 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | 45 | |
| 100 | 3 | 6 | 8 | 11 | 14 | 17 | 19 | 22 | 25 | 28 | 31 | 33 | 0 36 | 0 39 | 0 42 | 0 44 | 0 47 | 0 50 | 0 50 | |
| 110 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 31 | 34 | 37 | 40 | 43 | 46 | 49 | 0 52 | 0 55 | 0 55 | |
| 120 | 3 | 7 | 10 | 13 | 17 | 20 | 23 | 27 | 30 | 33 | 37 | 40 | 43 | 47 | 50 | 53 | 0 57 | 1 00 | 1 00 | |
| 130 | 4 | 7 | 11 | 14 | 18 | 22 | 25 | 29 | 32 | 36 | 40 | 43 | 47 | 51 | 54 | 0 58 | 1 01 | 1 05 | 1 05 | |
| 140 | 4 | 8 | 12 | 16 | 19 | 23 | 27 | 31 | 35 | 39 | 43 | 47 | 51 | 54 | 0 58 | 1 02 | 1 06 | 1 10 | 1 10 | |
| 150 | 4 | 8 | 13 | 17 | 21 | 25 | 29 | 33 | 38 | 42 | 46 | 50 | 0 54 | 0 58 | 1 03 | 1 07 | 1 11 | 1 15 | 1 15 | |
| 160 | 4 | 9 | 13 | 18 | 22 | 27 | 31 | 36 | 40 | 44 | 49 | 53 | 0 58 | 1 02 | 1 07 | 1 11 | 1 16 | 1 20 | 1 20 | |
| 170 | 5 | 9 | 14 | 19 | 24 | 28 | 33 | 38 | 42 | 47 | 52 | 57 | 1 01 | 1 06 | 1 11 | 1 16 | 1 20 | 1 25 | 1 25 | |
| 180 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 1 05 | 1 10 | 1 15 | 1 20 | 1 25 | 1 30 | 1 30 | |

A Tábua II serve para fazer a interpolação em longitude da TML do nascer e do pôr da Lua e da TML da passagem meridiana da Lua. Entra-se na tábua com a longitude e com a diferença entre o instante correspondente ao dia dado e o correspondente ao dia anterior ou ao dia seguinte, conforme a longitude seja E ou W. A correção assim obtida é, em geral, aditiva para longitudes W e subtrativa para longitudes E, exceto se, como às vezes acontece, no dia seguinte ao dia dado o fenômeno ocorre mais cedo e não mais tarde.

c. Transformar a **HML** dos fenômenos em **HMG**, somando a **Longitude** (em unidades de tempo), pois sabemos que:

$$HMG = HML + LONG (W)$$

| 06/11/93 | INÍCIO CREP. CIVIL | NASCER DO SOL | PÔR-DO-SOL | FIM CREP. CIVIL |
|----------|--------------------|----------------|----------------|-----------------|
| HML | 04 47 | 05 12 | 18 16 | 18 40 |
| LONG | <u>02 53</u> W | <u>02 53</u> W | <u>02 53</u> W | <u>02 53</u> W |
| HMG | 07 40 | 08 05 | 21 09 | 21 33 |

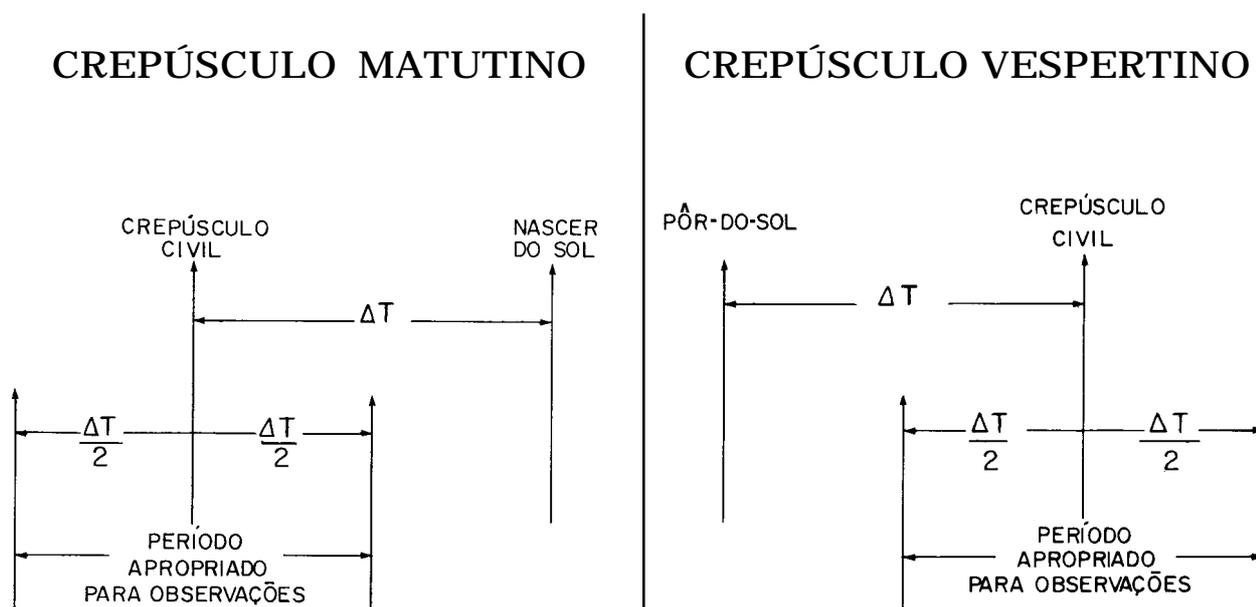
d. Transformar a **HMG** dos fenômenos em **Hleg**, subtraindo o **fuso horário** do Rio de Janeiro (fuso = + 3^h P), pois sabemos que $Hleg = HMG - FUSO$ (para Long W).

| 06/11/93 | INÍCIO CREP. CIVIL | NASCER DO SOL | PÔR-DO-SOL | FIM CREP. CIVIL |
|----------|--------------------|---------------|------------|-----------------|
| HMG | 07 40 | 08 05 | 21 09 | 21 33 |
| FUSO | <u>03</u> | <u>03</u> | <u>03</u> | <u>03</u> |
| Hleg | 04 40 | 05 05 | 18 09 | 18 33 |

24.5 PERÍODO CONVENIENTE PARA AS OBSERVAÇÕES COM O SEXTANTE

Nos **crepúsculos matutino e vespertino**, o período conveniente para observações de alturas com o sextante tem uma duração aproximadamente igual à diferença entre as horas do início (ou fim) do **crepúsculo civil** e o **nascer** ou o **pôr-do-Sol**. O meio deste período de observação coincide com a hora do início (ou fim) do **crepúsculo civil**, conforme ilustrado na figura 24.6.

Figura 24.6 - Períodos Convenientes para Observações de Alturas nos Crepúsculos



EXEMPLOS:

1. Calcular o **período apropriado para observações com o sextante no crepúsculo matutino** e no **crepúsculo vespertino**, no dia 27/09/93, para um observador situado na posição Latitude 14° 40' S e Longitude 038° 12' W.

SOLUÇÃO:

a. Transformação da Longitude do observador para unidades de tempo:

$$\begin{array}{rcl} 038^\circ & = & 02^h \ 32^m \\ 12' & = & 00^m \ 48^s \end{array}$$

Long: 038° 12' W = 02^h 32^m 48^s \cong 02^h 33^m W (como visto, a aproximação para o cálculo dos fenômenos é de 1 minuto inteiro).

b. Cálculo dos fenômenos (obter os dados do **Almanaque Náutico** na figura 23.4):

| 27/09/93 | CREP. CIVIL MATUTINO | NASCER DO SOL | PÔR-DO-SOL | CREP. CIVIL VESPERTINO |
|-----------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| LAT 10° S | 05 26 (d = - 2) | 05 47 (d = - 1) | 17 56 (d = + 1) | 18 17 (d = + 2) |
| CORR LAT | <u>- 01</u> | <u>00</u> | <u>00</u> | <u>+ 1</u> |
| HML | 05 25 | 05 47 | 17 56 | 18 18 |
| LONG | <u>02 33 W</u> | <u>02 33 W</u> | <u>02 33 W</u> | <u>02 33 W</u> |
| HMG | 07 58 | 08 20 | 20 29 | 20 51 |
| FUSO | <u>03</u> | <u>03</u> | <u>03</u> | <u>03</u> |
| Hleg | 04 58 | 05 20 | 17 29 | 17 51 |

c. Determinação dos períodos apropriados para observação:

- Crepúsculo Matutino

$$\text{NASCER DO SOL} = 05 \ 20$$

$$\text{CREP CIVIL} = 04 \ 58$$

$$\Delta T = 22^m$$

$$\Delta T/2 = 11^m$$

$$\text{CREP CIVIL} = 04 \ 58$$

$$- \Delta T/2 = - 11$$

$$\text{INÍCIO OBS} = 04 \ 47$$

$$\text{CREP CIVIL} = 04 \ 58$$

$$+ \Delta T/2 = + 11$$

$$\text{FIM OBS} = 05 \ 09$$

Período de observação: de 0447 a 0509.

- Crepúsculo Vespertino

$$\text{CREP CIVIL} = 17 \ 51$$

$$\text{PÔR-DO-SOL} = 17 \ 29$$

$$\Delta T = 22^m$$

$$\Delta T/2 = 11^m$$

$$\begin{array}{r} \text{CREP CIVIL} = 17\ 51 \\ - \Delta T/2 = -\ 11 \\ \hline \text{INICIO OBS} = 17\ 40 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{CREP CIVIL} = 17\ 51 \\ + \Delta T/2 = +\ 11 \\ \hline \text{FIM OBS} = 18\ 02 \end{array}$$

Período de observação: de 1740 a 1802.

2. Com os dados do exemplo do item 24.4, determinar o **período apropriado para observações com o sextante no crepúsculo matutino** e no **crepúsculo vespertino**.

SOLUÇÃO:

a. O exemplo do item 24.4 nos fornece os seguintes instantes, em **Hora Legal (Hleg)**, para os fenômenos de interesse:

- Início do Crepúsculo Civil Matutino: Hleg = 0440P
- Nascer do Sol: Hleg = 0505P
- Pôr-do-Sol: Hleg = 1809P
- Fim do Crepúsculo Civil Vespertino: Hleg = 1833P

b. Determinação dos períodos apropriados para observação:

- Crepúsculo Matutino

$$\begin{array}{r} \text{NASCER DO SOL} = 05\ 05 \\ \text{CREP CIVIL} = 04\ 40 \\ \hline \Delta T = 25^m \\ \Delta T/2 \cong 12^m \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{CREP CIVIL} = 04\ 40 \\ - \Delta T/2 = -\ 12 \\ \hline \text{INÍCIO OBS} = 04\ 28 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{CREP CIVIL} = 04\ 40 \\ + \Delta T/2 = +\ 12 \\ \hline \text{FIM OBS} = 04\ 52 \end{array}$$

Período de observação: de 0428 a 0452.

- Crepúsculo Vespertino

$$\begin{array}{r} \text{CREP CIVIL} = 18\ 33 \\ \text{PÔR-DO-SOL} = 18\ 09 \\ \hline \Delta T = 24^m \\ \Delta T/2 = 12^m \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{CREP CIVIL} = 18\ 33 \\ - \Delta T/2 = -\ 12 \\ \hline \text{INÍCIO OBS} = 18\ 21 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{CREP CIVIL} = 18\ 33 \\ + \Delta T/2 = +\ 12 \\ \hline \text{FIM OBS} = 18\ 45 \end{array}$$

Período de observação: de 1821 a 1845.

24.6 CÁLCULO DO NASCER E PÔR-DO-SOL E DOS CREPÚSCULOS PARA UM NAVIO EM MOVIMENTO

Para determinação da hora do **nascer** ou **pôr-do-Sol** e dos **crepúsculos** para um navio em movimento, é necessário fazer a previsão da posição em que o navio estará, na hora em que ocorrerão os fenômenos em questão. Para isto, utiliza-se o seguinte método.

a. Entre no **Almanaque Náutico**, na “página diária” correspondente à data, com a **Latitude tabulada** mais próxima de sua **Latitude estimada atual**, e obtenha (sem qualquer interpolação) a **Hora Média Local (HML)** do fenômeno de interesse.

b. Em seguida, plote uma **posição estimada** para a **HML** obtida (considerando, portanto, a **HML** como **Hora Legal**); anote, então, os valores das **Latitude** e **Longitude** desta posição.

c. Usando esta posição, determine a **Hora Legal (Hleg)** do fenômeno de interesse, empregando o processo anteriormente explicado, isto é:

I – obtenha a **HML** do fenômeno, interpolando para **Latitude** (mentalmente, ou usando a Tábua I da página amarela XXXII, no fim do **Almanaque Náutico**, reproduzida na figura 24.5);

II – transforme a **HML** em **HMG**, aplicando a **Longitude** (expressa em unidades de tempo); e

III – converta a **HMG** em **Hora Legal (Hleg)**, aplicando o **fuso horário** apropriado.

EXEMPLO:

No dia 08/11/93, a posição do navio às Hleg = 1200 é Latitude 11° 30' S e Longitude 032° 00' W, Rumo Verdadeiro 180°, Velocidade 15 nós. Sabendo-se que o rumo e a velocidade permanecerão constantes, calcular a **Hora Legal** do **pôr-do-Sol** e do fim do **crepúsculo civil vespertino**.

SOLUÇÃO:

a. Entra-se no Almanaque Náutico, na “página diária” correspondente à data de 08/11/93 (figura 24.4), com a Latitude de 10° S (Latitude tabulada menor e mais próxima da Latitude da posição de 1200 horas), obtendo:

| | | |
|-----------|-------------|-----------------------------|
| 08/11/93 | PÔR-DO-SOL | CREPÚSCULO CIVIL VESPERTINO |
| LAT 10° S | HML = 17 59 | HML = 18 21 |

b. Em seguida, obtém-se uma **posição estimada** para a HML fornecida pelo Almanaque Náutico. No caso, tem-se um intervalo de tempo de 6 horas (decorrido desde a posição de 1200 horas) e uma velocidade de 15 nós. Portanto, a distância percorrida será de 90 milhas, no rumo 180°, o que corresponde a um acréscimo para o Sul de 01° 30' na Latitude. Assim, a **posição estimada** de 1800 será Latitude 13° 00' S e Longitude 032° 00' W.

c. Então, determina-se a **Hleg** dos fenômenos de interesse, para essa posição, isto é:

| 08/11/93 | PÔR-DO-SOL | CREPÚSCULO CIVIL VESPERTINO |
|-----------------|------------------|-----------------------------|
| LAT 10° S | 17 59 (d = + 13) | 18 21 (d = + 14) |
| DIF PARA 3° | + 04 | + 04 |
| LAT 13° S – HML | 18 03 | 18 25 |
| LONG | 02 08 W | 02 08 W |
| HMG | 20 11 | 20 33 |
| FUSO | - 02 | - 02 |
| Hleg | 18 11 | 18 33 |

Nesse caso, o resultado obtido permite constatar que houve uma diferença de 12 minutos entre a hora em que estimamos estar o navio por ocasião do **pôr-do-Sol** (1759) e a Hora Legal determinada para o fenômeno (1811). Caso se deseje refinar o cálculo, plota-se uma nova **posição estimada** para a hora determinada (1811) e recalcula-se o fenômeno para essa posição. Este segundo cálculo, entretanto, não é normalmente necessário em **Navegação Astronômica**, exceto quando se deseja grande precisão e quando o rumo do navio tem uma forte componente E–W, de modo a produzir uma **Diferença de Longitude** ($\Delta \lambda$) significativa entre as duas posições. No exemplo acima, não haveria qualquer diferença na Hora Legal dos fenômenos, pois o navio está no Rumo 180° (componente E–W nula).

24.7 PREVISÃO DO NASCER E PÔR DA LUA

Raramente é necessário conhecer o instante preciso do **nascer** ou **pôr** da **Lua**. Um rápido exame das tabelas proporciona, em geral, indicação suficiente sobre os instantes do **nascer** e do **pôr** da **Lua** e informação sobre se a **Lua** poderá ou não ser observada para fins de navegação. Entretanto, sob determinadas circunstâncias, pode ser necessário para o navegante conhecer os instantes precisos do **nascer** e do **pôr** da **Lua**, para permitir, por exemplo, o estudo das vantagens e das desvantagens de uma aterragem em trechos da costa onde o fator visibilidade seja essencial à segurança do navio. Além disso, o conhecimento antecipado das horas desses fenômenos é útil, não só porque permite saber se a **Lua** poderá ou não ser observada durante os crepúsculos, como, também, para prever os períodos noturnos em que se terá **horizonte** iluminado para fins de observação de **estrelas** e **planetas**.

Ademais, o cálculo dos instantes do **nascer** e **pôr** da **Lua** reveste-se de especial importância no planejamento de operações navais, para permitir, por exemplo, tirar proveito dos efeitos de silhuetamento de alvos. O **Almanaque Náutico** permite determinar os fenômenos em pauta com precisão, para qualquer local na superfície da Terra.

O cálculo dos instantes do **nascer** e **pôr** da **Lua** é mais complexo do que a previsão destes fenômenos para o caso do **Sol**, pois as razões de variação do **Ângulo Horário em Greenwich (AHG)** e, em menor grau, da **Declinação (Dec)** da **Lua** não são constantes.

Para o caso do **Sol**, vimos que as “páginas diárias” do **Almanaque Náutico** apresentam os instantes do **nascer** e **pôr** e dos **crepúsculos** para o **dia médio** de cada página e que tais dados podem ser usados, com boa aproximação, também para os outros dois dias da página. Além disso, vimos que os instantes tabulados correspondem às **HML** de ocorrência dos fenômenos em **Greenwich**, mas que podem ser considerados como as **HML** dos fenômenos em **qualquer meridiano**.

Entretanto, para o caso da **Lua**, em virtude das irregularidades do seu movimento, tais aproximações não podem ser aceitas.

Assim, no **Almanaque Náutico**, as previsões da **HML** do **nascer** e **pôr** da **Lua** no meridiano de Greenwich são dadas para cada dia, e não apenas para o dia médio de cada página. Além disso, por conveniência (para facilitar a interpolação), são também fornecidas, em cada “página diária”, as informações para o primeiro dia da página seguinte.

Em virtude da razão de variação do **AHG** da **Lua** ser tão irregular, as horas dadas no **Almanaque Náutico** (**HML** do **nascer** e **pôr** da **Lua** no **meridiano de Greenwich**) não podem ser consideradas as **HML** dos fenômenos em outros meridianos. Então, após interpolar para a **Latitude**, é também necessário interpolar para a **Longitude** do local.

Como vimos, o **movimento aparente** da **Lua** (e de todos os outros astros) em torno da Terra processa-se de **Leste** para **Oeste**. Desta forma, para um local situado a **Oeste de Greenwich (Longitude W)**, a **interpolação para a Longitude** é feita entre o dia de interesse e o dia que se segue, pois a **Lua nasce** ou se **põe** em **Greenwich** antes da ocorrência desses fenômenos em qualquer local de **Longitude Oeste**.

Por outro lado, para os locais situados a **Leste de Greenwich (Longitude E)** a **interpolação para Longitude** é feita entre o dia de interesse e o dia anterior, porque o **nascer** e o **pôr** da **Lua** em **Greenwich** dar-se-ão depois da ocorrência desses fenômenos em qualquer local de **Longitude Leste**.

A **interpolação para a Longitude** é feita com o auxílio da Tábua II da página amarela XXXII, no final do **Almanaque Náutico**, reproduzida na figura 24.5.

EXEMPLO:

Calcular os instantes (em **Hora Legal**) do **nascer** e **pôr** da **Lua**, em 07/11/93, na posição Latitude 47° 10' S e Longitude 078° 31' W.

SOLUÇÃO:

| | NASCER DA LUA | | PÔR DA LUA | |
|----------|------------------|-----------------|--|-----------------|
| | 07/11/93 | 08/11/93 | 07/11/93 | 08/11/93 |
| 45° S | 00 38 (d = + 10) | 01 09 (d = + 6) | 11 23 (d = - 9) | 12 34 (d = - 4) |
| TÁBUA I | + 04 | + 02 | - 04 | - 02 |
| 47° 10'S | 00 42 (d = + 29) | 01 11 | 11 19 (d = + 01 ^h 13 ^m) | 12 32 |
| TÁBUA II | + 07 | | + 16 | |
| HML | 00 49 | | 11 35 | |
| LONG | 05 14 W | | 05 14 W | |
| HMG | 06 03 | | 16 49 | |
| FUSO | 05 (R) | | 05 (R) | |
| Hleg | 01 03 | | 11 49 | |

No **Almanaque Náutico**, também para a **Lua** os seguintes símbolos são usados para indicar as condições em que, nas altas Latitudes, alguns dos fenômenos não ocorrem:

a **Lua** permanece continuamente **acima do horizonte**;

a **Lua** permanece continuamente **abaixo do horizonte**.