

PROJETO



1. TÍTULO: Determinação da Hora e da Longitude (em baixas e médias Latitudes)
2. AUTORA: Terezinha de Araujo Jorge
3. INSTRUMENTO: WILD T4
4. ACESSÓRIOS: Colimador, Cronógrafo Omega, Termômetro, Barômetro, Higrômetro, Grade na Objetiva.
5. INTRODUÇÃO TEÓRICA:

Em observações meridianas, deve-se considerar o fato de que o instrumento nunca está instalado exatamente no plano definido pelo Meridiano superior local. Isso define então um Meridiano fictício e a passagem da estrela pelo Meridiano superior verdadeiro, acontece alguns segundos de tempo antes ou depois do instante da observação. A diferença entre dois instantes, o exato e o da observação, é chamada erro instrumental.

São os seguintes os erros instrumentais:

- A - Erro em Azimute
- B - Erro do Nível
- C - Erro de Colimação

Quando o eixo secundário do instrumento não coincide com o primeiro vertical, este eixo está então contido em um plano definido por um primeiro vertical fictício e o ângulo entre esses dois verticais é o erro em azimute (a). Das três constantes acima, está a única que só podemos determinar através da observação de estrelas.

Quando o eixo secundário não é horizontal, sua elevação em relação ao horizonte é chamada erro de nível e denotada por (b). Quando o extremo Oeste do eixo está mais elevado, a estrela cruza o meridiano fictício antes do verdadeiro. A simples colocação de um nível sobre o eixo secundário não determina sua inclinação (b) uma vez que os pivôs, onde se apioam os vértices do nível são diâmetros diferentes.

Por convenção, sempre que a estrela cruzar primeiro o meridiano fictício, os termos corretivos (τ_1) e (τ_2) relativos a (a) e (b) respectivamente, serão positivos.

Quanto ao erro de colimação (c), este é nulo porque para a determinação da Hora observamos estrelas com o instrumento nas duas posições E - W

Orientador: Luiz Eduardo da Silva Machado

Para a determinação do instante verdadeiro do transito da estrela pelo meridiano superior local é preciso aplicar uma correção no instante observado do transito da estrela.

Assim:

$$\text{eq.1} \dots\dots\dots \alpha = T + \Delta T + \tau_1 + \tau_2 + \tau_4$$

Onde:

α = ascensão reta da estrela

T = instante observado do transito, contado em Hora Sideral.

ΔT = estado do relógio.

$\tau_1 = a \text{ sen. } (\varphi - \delta) \text{ sec } \delta$ expresso em segundos de tempo.

$\tau_2 = b \text{ cos. } (\varphi - \delta) \text{ sec } \delta$ expresso em segundos de tempo.

$\tau_4 = - 0^s,021 \text{ cos. } \varphi \text{ sec. } \delta = -\chi \text{ sec. } \delta = \text{aberração}$

OBSERVAÇÃO:

1ª. O termo corretivo $\tau_3 = c \text{ sec } \delta$ foi eliminado da eq.1

2ª. Estaremos usando o relógio atômico como referência e portanto $\Delta T = 0$.

Substituindo-se os valores de τ_1, τ_2 e τ_4 na eq.1, e chamando

$$A = \text{sen}(\varphi - \delta) \text{ sec } \delta$$

$$B = \text{cos}(\varphi - \delta) \text{ sec } \delta$$

$$C = \text{sec } \delta$$

vem,

$$\text{eq.2} \dots\dots\dots \alpha = T + aA + bB - \chi C.$$

A eq.2 é a fórmula de Mayer já ajustada para o nosso caso, de acordo com as observações acima.

Ou então:

$$\text{eq.3} \dots\dots\dots aA + bB - \chi C - (\alpha - T) = v$$

Onde: (a) deve ser determinado através de observações de estrelas.

OBS: $-k = -\chi C$

6. SELEÇÃO DE GRUPOS DE ESTRELAS

Uma determinação de longitude deve constar, no mínimo, de seis observações de longitude das quais pelo menos duas devem ser feitas em outra noite separada das quatro anteriores.

É necessário que se conheça a latitude aproximada da estação de observação.

Seleção dos Grupos (para uma única observação de longitude)

- A - Cálculo do Tempo Sideral realtivo ao início da observação.
- B - Escolha de dois grupos com seis estrelas cada um, que deverão obedecer às seguintes condições:
 - a) De preferência, as seis estrelas devem ser igualmente divididas entre os dois hemisférios.
 - b) Para cada estrela, deve-se ter $A < 0,75$, sendo que A é a constante da Fórmula de Mayer.

Assim,

$$A = \text{sen}(\psi - \delta) \text{sec} \delta < 0.75$$

e considerando

$$\text{sen}(a-b) = \text{sen} a \cos b - \text{sen} b \cos a$$

$$\text{sen}(-\theta) = -\text{sen} \theta$$

$$\cos(-\theta) = \cos \theta$$

$$\psi = -22^\circ 54'$$

então

$$\delta > -51^\circ 02'$$

Devido aos efeitos da refração, deve-se apenas observar estrelas que estejam dentro da faixa $-67^\circ 54' < \delta < 22^\circ 06'$ o que nos leva a concluir que a segunda condição a que a estrela deve obedecer é

$$-51^\circ 02' < \delta < 22^\circ 06'$$

- c) O maior número de estrelas por hora deverá ter a soma algébrica dos fatores A menor 1.
- d) A soma dos dois grupos também deve ser menor que 1 (deve ser a menor possível).
- e) O intervalo de ascensão reta entre duas estrelas consecutivas deve ser de cerca de cinco minutos para permitir a calagem, leitura do nível, inversão.
- f) Na escolha das seis estrelas deve-se assegurar que pelo menos um fator azimutal A (Fórmula de Mayer) tenha sinal contrário dos outros cinco. Caso contrário não se pode calcular a constante (a) pelo método explicado em Determinações Complementares.

7 - TÉCNICA DE OBSERVAÇÃO

7.1 - FORMULÁRIO DE CONSTANTES

NOME	A	B	C	K	ℓ	Obs
♀ Canis Ma.	.193	1.004	1.022	-.020		
E Canis Ma.	.120	1.136	1.143	-.022		
γ Canis Ma.	.132	1.030	1.038	-.020		
δ Monocerotis	.382	.924	1.000	-.019		
π Puppis	.306	1.215	1.253	-.024		
η Canis Ma.	.127	1.139	1.146	-.022		
						SOMA DO GRUPO: -.25
δ Leonis	.736	.775	1.069	-.021		
δ Crateris	.148	1.023	1.034	-.020		
δ Crateris	.098	1.044	1.049	-.020		
ξ Hydrae	.120	1.162	1.176	-.023		
υ Leonis	.378	.926	1.000	-.019		
ν Virginis	.497	.876	1.007	-.019		
						SOMA DO GRUPO: .167
						SOMA DOS GRUPOS: .193
μ Centauri	.451	1.276	1.353	-.026		
η Bootis	.692	.791	1.055	-.020		
τ Virginis	.416	.910	1.000	-.019		
π Hydrae	.072	1.116	1.118	-.022		
X Virginis	.224	.991	1.016	-.020		
λ Virginis	.172	1.013	1.027	-.020		
						SOMA DO GRUPO: -.98
log Virginis	.421	.908	1.001	-.019		
α ¹ Librae	.127	1.032	1.040	-.020		
β Lupi	.471	1.284	1.368	-.026		
δ Librae	.044	1.104	1.105	-.021		
X ¹ Lupi	.652	1.363	1.514	-.029		
β Librae	.238	.925	1.013	-.020		
						SOMA DO GRUPO: .387
						SOMA DOS GRUPOS: .600
δ Scorpii	.007	1.083	1.083	-.021		
β Scorpii p	.059	1.061	1.062	-.021		
δ Ophiuchi	.331	.946	1.002	-.019		
γ ² Normae	.713	1.387	1.559	-.030		
ω Herculis	.620	.824	1.031	-.020		
β Herculis	.753	.768	1.075	-.021		
						SOMA DO GRUPO: .105

NOME	A	B	C	K	L	OBS
δ Sagittarii	.139	1.144	1.153	-.022		
α Telescopii	.564	1.324	1.439	-.028		
ζ Coronae A.	.450	1.276	1.353	-.026		
δ Scuti	-.242	.923	1.013	-.020		
η Herculis	-.691	.794	1.052	-.020		
ϵ Sagittarii	.067	1.114	1.116	-.022		
						SOMA DO GRUPO: .227
						SOMA DOS GRUPOS: .770
δ Sagittarii	.039	1.102	1.103	-.021		
β Sagittae	-.678	.799	1.048	-.020		
γ Aquilae	-.561	.849	1.017	-.020		
Altair	-.532	.861	1.012	-.020		
β Aquilae	-.492	.878	1.006	-.019		
ζ Sagittarii	.264	1.197	1.226	-.024		
						SOMA DO GRUPO: 1.960
α Equulei	-.472	.826	1.004	-.019		
ι Capricorni	-.109	1.040	1.045	-.020		
θ Aquarii	-.297	.960	1.005	-.019		
ζ Aquarii	-.260	.976	1.010	-.020		
ϵ Pegasi	-.540	.854	1.015	-.020		
γ Geminis	.317	1.220	1.260	-.024		
						SOMA DO GRUPO: 1.369
						SOMA DOS GRUPOS: 3.329
α Geminis	.602	1.340	1.469	-.028		
ζ Aquarii	-.261	.975	1.010	-.020		
β Pegasi	-.586	.838	1.023	-.020		
δ Geminis	.489	1.292	1.381	-.027		
η Aquarii	-.385	.923	1.000	-.019		
ϵ Piscis Aus	.084	1.121	1.124	-.022		
						SOMA DO GRUPO: .057
Fomalhaut	.137	1.144	1.152	-.022		
α Pegasi	-.637	.816	1.036	-.020		
β Aquarii	-.030	1.073	1.073	-.021		
ψ Aquarii	-.289	.963	1.006	-.019		
γ Sculptoris	.202	1.171	1.188	-.023		
γ Aquarii	-.050	1.065	1.066	-.021		
						SOMA DO GRUPO: .665
						SOMA DOS GRUPOS: .722

NOME	A	B	C	k	l	OBS
δ Pegasus	-.637	.817	1.036	-.020		
ζ Ceti	-.244	.983	1.012	-.020		
α Phoenicis	.453	1.316	1.425	-.028		
λ^1 Phoenicis	.668	1.368	1.522	-.029		
β Ceti	-.088	1.048	1.052	-.020		
δ Piscium	-.510	.870	1.009	-.020		
δ Ceti	-.386	.923	1.000	-.019		
π Ceti	-.160	1.018	1.030	-.020		
β Formicis	.198	1.169	1.186	-.023		
η Eridani	-.243	.983	1.012	-.020		
α Ceti	-.454	.894	1.002	-.019		
δ Arietis	-.718	.782	1.062	-.021		

SOMA DO GRUPO = -.358

SOMA DO GRUPO = 1.763

SOMA DOS GRUPOS = 2.421

U.F.R.J.
C.C.M.N.
O.V.

LAT: -22° 54'
LAT: -22° 53' 52"

7.2 PROGRAMA DE CALAGENS P/ DETERMINAÇÃO DA HORA

TEODOLITO WILD T-4

E S T R E L A

N O M E	MAG	ESP	AR		DEC		N/S	ZENITAL		O B S
			h	m	°	'		° W ,	° E ,	
θ Canis Ma.	4.25	K2	06	53	-12	00	N	349 06	10 54	GRU
ε Canis Ma.	1.63	B1	06	58	-28	56	S	06 02	353 58	8
δ Canis Ma.	4.07	B5	07	03	-15	36	N	352 42	07 18	
δ Monocerotis	4.09	A0	07	10	-0	27	N	337 33	22 27	①
π Puppis	2.74	K5	07	16	-37	03	S	14 09	345 51	
η Canis Ma.	2.43	B0p	07	23	-29	15	S	06 21	353 39	
δ Leonis	2.58	A3	11	13	+20	39	N	316 27	43 33	9
δ Crateris	3.82	K0	11	18	-14	39	N	351 45	08 15	GRU
γ Crateris	4.14	A5	11	24	-17	33	N	354 39	05 21	00
ε Hydrae	3.72	G5	11	32	-31	43	S	08 49	351 11	②
ν Leonis	4.47	K0	11	36	0	41	N	336 25	23 35	
ν Virginis	4.20	M0	11	45	+06	40	N	330 26	29 34	
μ Centauri	3.32	B2p	13	42	-42	21	S	19 27	340 33	GRU
η Boötis	2.80	G0	13	53	+12	31	N	318 35	41 25	GRU
ζ Virginis	4.34	A2	14	00	+01	40	N	335 26	24 34	00
π Hydrae	3.48	K0	14	05	-26	34	S	03 40	356 20	③
χ Virginis	4.31	K0	14	11	-10	10	N	347 16	12 44	
λ Virginis	4.60	A2	14	18	-13	15	N	350 21	09 39	
σ ⁹ Virginis	3.76	A0	14	45	+02	00	N	335 06	24 54	④
α ¹ Librae	5.33	F5	14	49	-15	54	N	353 00	07 00	GRU
β Lupi	2.81	B2p	14	57	-43	02	S	20 08	339 52	00
δ Librae	3.41	M3	15	03	-25	11	S	02 17	357 43	⑤
χ ¹ Lupi	4.14	B9	15	10	-48	39	S	25 45	334 15	
ε Librae	2.74	B2	15	16	-09	18	N	346 24	13 36	

U.F.R.J.
C.C.M.N.
O.V.

-LAT: -22° 54'
LAT: -22° 53' 52''

PROGRAMA DE CALAGENS P/ DETERMINAÇÃO DA HORA

TEODOLITO WILD T-4

E S T R E L A

N O M E	MAG	ESP	AR		DEC		N/S	ZENITAL		O B S		
			h	m	°	'		° W	° E			
δ Scorpiu	2.54	B0	15	59	-22	33	N	359	39	0	21	Grupo A
β Scorpiu p	2.90	B1	16	04	-19	44	N	356	50	03	10	
γ Ophiuchi	3.03	M0	16	13	-03	32	N	340	44	19	16	
η ² Normae	4.14	K0	16	18	-50	06	S	27	12	332	42	
ω Herculis	4.53	A0p	16	24	+14	05	N	323	01	36	59	
β Herculis	2.21	K0	16	29	+21	33	N	315	33	41	27	
δ Sagitariu	2.24	K0	18	19	-29	50	S	06	56	353	04	Grupo B
α Telescopii	3.76	B3	18	25	-45	59	S	23	05	336	55	
γ Coronae A	4.69	G5	18	32	-42	20	S	19	26	310	34	
δ Sauti	4.74 var.	F0	18	41	-09	04	N	346	10	13	50	
111 Herculis	4.37	A3	18	46	+32	09	N	312	57	41	03	
ε Sagitariu	2.14	B3	18	54	-26	20	S	03	26	356	34	
ε ² Sagitariu	4.66	B9	19	35	-24	56	S	02	02	357	52	Grupo C
θ Sagitae	4.45	K0	19	40	+17	25	N	319	41	40	19	
α Aquilae	2.80	K2	19	45	+10	33	N	326	33	33	27	
Altair	0.89	A5	19	49	+02	42	N	322	12	31	42	
β Aquilae	3.90	K0	19	54	+06	21	N	330	45	29	15	
γ ¹ Sagitariu	4.39	B3	19	52	-35	21	S	12	27	347	33	
α Equulei	4.14	F2 A3	21	14	+05	09	N	331	57	22	03	Grupo D
λ Capricorni	4.30	K0	21	21	-16	56	N	354	02	05	52	
β Aquarii	3.07	G0	21	30	-05	41	N	342	47	17	13	
γ Aquarii	4.72	A5	21	36	-07	52	N	345	04	14	56	
ε Pegasi	2.54	K0	21	43	+09	46	N	327	20	32	40	
δ Gravis	3.16	B2	21	52	-37	29	S	14	35	345	25	

7.3 - TÉCNICA OPERACIONAL

A - Escolher e anotar uma posição para a ocular (E ou W). Deve-se alternar a posição da ocular (E,W) para o início da observação de cada estrela (para a primeira estrela em geral a leste).

B - Obrigar o círculo de calagem a ler a distância zenital correspondente à estrela que será observada.

C - Centralizar a bolha do nível de calagem.

OBS: Para a observação com a ocular do outro lado do meridiano (W ou E), por a distância zenital correspondente a esta posição no círculo de calagem antes de inverter o instrumento, de modo que ao se fazer a inversão, a calagem seja imediata bastando apenas centralizar a bolha.

D - Gira-se o micrômetro (ainda desligado do cronógrafo) até que o fio móvel externo coincida com o fio fixo porque esta é a posição ideal para se esperar a entrada da estrela no campo visual do Teodolito.

ESTRELAS ACIMA DO POLO:

a) Ocular a oeste (W) - coincidir o fio 15 com o fixo. As estrelas aparecem na parte de baixo.

b) Ocular a Leste (E) - coincidir o fio 5 com o fixo. As estrelas aparecem na parte de cima.

ESTRELAS ABAIXO DO POLO: - Não serão observadas.

E - Se a estrela, ao entrar no campo, não estiver "correndo" entre os dois fios centrais, gire o diferencial em distância zenital.

F - Ligar o cronógrafo.

G - Seguir a estrela girando o micrômetro durante vinte tops consecutivos registrados no cronógrafo antes de inverter o instrumento e vinte após a inversão (o que constitui uma observação completa).

OBS: Quando se ouvir o vigésimo top, para-se de girar o micrômetro deixando, assim, o fio fixo onde estiver.

H - Ler e anotar as extremidades da bôlha do nível dependurado.

I - Marcar no círculo de calagem a distância zenital correspondente à ocular na outra posição (W ou E).

J - Girar a alidade de 180°. Quando a luz do círculo externo apagar, coincidir as escalas do micrômetro de leitura azimutal em 180° 00' 00''.

K - Centralizar a bolha de calagem.

L - Esperar que a estrela fique sobre o fio fixo e continuar a segui-la até que ela saia do campo útil do Teodolito.

M - Anotar a leitura das extremidades da bolha.

Observação — Redução da Posição Média a Posição Aparente pelo método dos Números Independentes.

$$\alpha = \alpha_0 + f + f' + \tau\mu + \frac{1}{15} g \operatorname{sen}(G + \alpha_0) \tan \delta_0 + \frac{1}{15} h \operatorname{sen}(H + \alpha_0) \operatorname{sec} \delta_0$$

$$\delta = \delta_0 + \tau\mu' + g \cos(G + \alpha_0) + h \cos(H + \alpha_0) \operatorname{sen} \delta_0 + i \cos \delta_0$$

onde:

(α, δ) : coordenadas aparentes da estrela,
 (α_0, δ_0) : coordenadas médias da estrela; e os outros termos são referentes a nutação, precessão, abração e movimento próprio catalogados na tabela para NÚMEROS INDEPENDENTES DO AMERICAN EPHEMERIS.

Para o formulário de redução só nos interessa (α) e portanto, como temos (α_0) , (f) , (f') e $(\tau\mu)$ basta fazer o seguinte

$\operatorname{colog} 15$:
 $\operatorname{log} g$:
 $\operatorname{log} \operatorname{sen}(G + \alpha_0)$:
 $\operatorname{log} \tan \delta_0$:

 $\operatorname{log} (1)$:

$\operatorname{colog} 15$:
 $\operatorname{log} h$:
 $\operatorname{log} \operatorname{sen}(H + \alpha_0)$:
 $\operatorname{log} \operatorname{sec} \delta_0$:

 $\operatorname{log} (2)$:

	h	min	s
α_0 :
f :		
f' :		
$\tau\mu$:		
(1):		
(2):		
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
α :	h	min	s

Note que para usar esta fórmula é necessário interpolar os Números da tabela de Números Independentes do American Ephemeris, o que implica em saber com exatidão a fração do G.C. (Tempo Civil de Greenwich) em que estamos trabalhando.

ESTACAO:

OBSERVADOR:

DATA:

GRUPO:

ESTRELA

α -T

δt

A

Aa

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

MEIA =

9 - Determinações Complementares:

9.1 - Determinação do erro de azimute:

Para cada grupo de seis estrelas devem ser formadas, a partir de seis equações de observação do tipo $\delta t + Aa - d = v$, duas equações

$$n \delta t + [+A] a - [+d] = 0$$

$$n' \delta t + [-A] a - [-d] = 0$$

Onde: o símbolo $[]$ representa o somatório,

$[+d]$ e $[-d]$ representam as somas das correções cronométricas, $(\alpha - T)$, para as esquações cujos (A) sejam positivos e negativos, respectivamente.

O cálculo de (a) é simples, bastando igualar os coeficientes de (δt) e subtrair uma equação da outra.

Caso interesse, poderemos ainda calcular (δt) substituindo o valor de (a) em uma das equações acima.

9.2 - DETERMINAÇÃO DA LONGITUDE GEOGRÁFICA LOCAL.

O cálculo da longitude baseia-se na diferença de hora entre a estação de observação e o meridiano de Greenwich, porém envolve cálculos e resoluções de equações normais. Estas equações não serão expostas aqui neste projeto.

10. - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAGAS, Cel. Carlos Braga - Manual de Astronomia (3ª parte - determinações de 1ª Ordem), Oficinas Gráficas da DSG - Ministério da Guerra - Brasil - 1958.

CHAUVENET, William - Manual Of Spherical And Practical Astronomy - (Vol. II, Theory and Use of Astronomical Instruments. Method of Least Squares) - J.B. Lippincott and Co., Philadelphia, 1863.

HOSKINSON, Albert J. and Duerksen, J.A. - Manual Of Geodetic Astronomy (Determination Of Longitude, Latitude and Azimuth - United States Government Printing Office, Washington, 1952 Reprint.

Rio de Janeiro, 20 de novembro de 1975.

TEREZINHA DE ARAÚJO JONGE.