

FUNDAMENTOS DA NAVEGAÇÃO
ASTRONÔMICA

TEORIA

AUTOR: PROF. DR. FABIO GONÇALVES DOS REIS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
UNICAMP

2004

EDIÇÃO REVISADA

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	
definição da esfera celeste	01 à 02
introdução e definição do sistema de coordenadas geográficas	de 03 à 13
como medir distância no mar	de 14 à 18
posição geográfica da estrela - o -Pg-	de 19 à 20
o círculo de posição	de 21 à 23
o princípio da navegação astronômica	25

CAPÍTULO -1-	
direções no mar	de 26 à 27
o modelo da esfera celeste em alto mar	de 28 à 31
movimento da esfera celeste	de 31 à 34

CAPÍTULO -2-	
o sistema de coordenadas horizontais	de 35 à 39
a altura e o azimute e a calunga	de 40 à 42
outras maneiras de medir o azimute	de 43 à 46
conversões entre tipos de azimutes	de 47 à 48
Exercícios	49

CAPÍTULO -3-	
medida do tempo	de 50 à 55
hora verdadeira e hora média	de 56 à 59
definição do sistema de medir hora	60
hora média local e hora média de greenwich	de 61 à 62
conversão de arco em tempo	63
definição dos fusos	de 64 à 68
passagem pelo anti-meridiano de greenwich	de 70 á 71
exercícios	de 72 á 74

CAPÍTULO -4-	
sistema de coordenadas equatoriais	de 75 à 80
o almanaque náutico	de 80 à 83
planilha para obter as coordenadas equatoriais do Sol	84
calunga para o sistema	de 87 à 88
ângulo no polo -t1-	de 88 à 89
exercícios-	90

CAPÍTULO -5-	
passagem meridiana do Sol	de 91 à 93
regra do nome da distância zenital	de 94 à 98
elementos corretores da altura do Sol	de 99 à 94
determinação da hora da passagem meridiana	de 105 à 106
planilha para o cálculo da hora e coordenadas quando na passagem meridiana	de 107 à 110

exercícios	111
CAPÍTULO -6-	
reta de posição: definição e conceitos	de 112 à 120
triângulo de posição	de 121 à 131
como determinar esta reta de posição	de 132 à 135
maneira prática de traçar a reta de posição	de 136 à 140
como preparar os dados para se entrar na tábua HO-249 V.II e V.III	de 141 à 145
elementos determinativos da reta de posição	146
rotina de obtenção da reta e posição	147

CAPÍTULO -7-	
plotagem da reta de posição na folha N-7	de 148 à 154

CAPÍTULO -8-	
transporte de reta de posição	de 155 à 159

CAPÍTULO -9-	
estrelas- sistema de coordenadas equatoriais uranográficas	de 160 à 163
ascensão reta versa e declinação	164
ângulo horário de greenwich do ponto vernal e declinação das estrelas	de 165 à 170
preparo do céu	de 171 à 172
obtenção dos instantes dos crepúsculo em função da latitude	de 173 à 181
preparo do céu com a tábua HO-249 V.I	de 182 à 185
como usar o gráfico das posições das estrelas	de 186 à 187
determinação da posição no crepúsculo por meio das estrelas	de 188 à 194
rotina prática de traçar a reta de posição para as estrelas	de 195 à 198

APÊNDICE -A-	
o sextante	199
medida do ângulo vertical com o sextante	de 200 à 201
erros do sextante que podem ser corrigidos pelo observador	de 202 à 204
leitura do sextante	205

APÊNDICE -B-	
correção complementar para refração	de 206 à 207

APÊNDICE -C-	
hora de cronômetro	208

APÊNDICE -D-	
a carta de plotagem	de 209 à 211

FUNDAMENTOS DA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

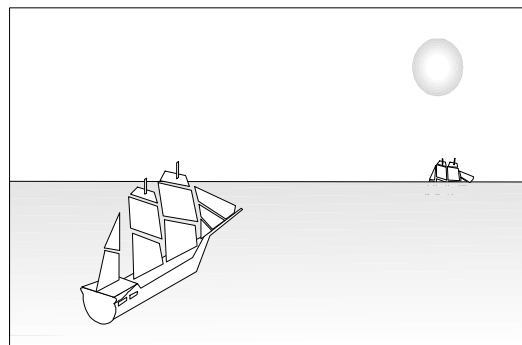
INTRODUÇÃO:

A idéia de enfrentar o desconhecido, seguindo rumos além mar, levou ao homem a descobrir por simples observação do céu, meios de determinar sua posição no globo terrestre e com isto ter meios de regressar.

A ciência da navegação, utilizando os astros, se iniciou muitos anos atrás, mas para a finalidade do nosso entendimento, vamos ao tempo em que os navegadores já sabiam que a terra era redonda, pois tinham essa comprovação com as seguintes observações:

Os navios sumiam no horizonte.

Se a terra fosse plana os navios teriam que ir ficando pequeno até sumirem.



fig,1

O céu visto de lugares diferentes eram observadas estrelas diferentes.

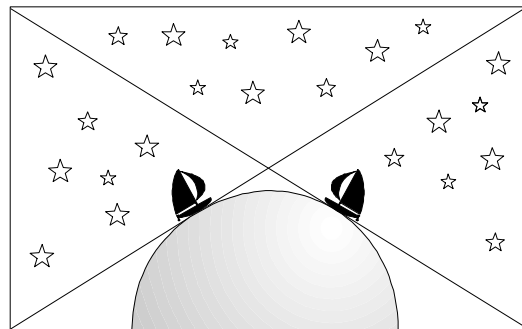


fig.2

Pela observação, os antigos, tinham a sensação de que a terra estava parada e o céu é que se movimentava. Como tudo começou no Hemisfério Norte, lá era observada uma estrela, a **Estrela Polar**, com uma característica fantástica; ela estava parada no céu e as outras giravam entorno dela.

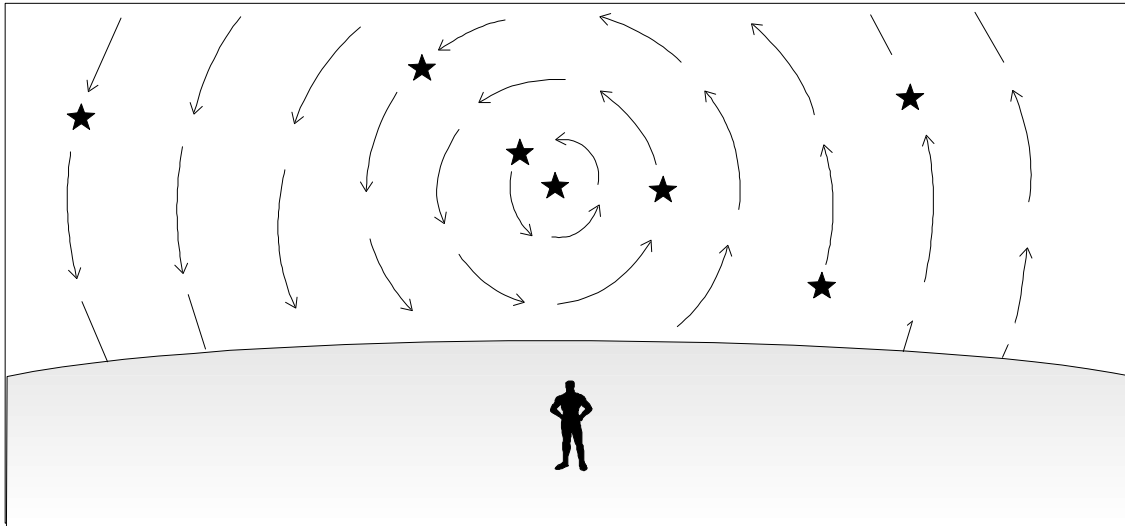


fig.3

Com esta observação, foi deduzido facilmente que o céu girava em torno de um eixo o qual passava pela estrela polar, pois isto explicava porque ela estava parada.

O céu seria então o uma grande esfera concêntrica (com o mesmo centro) ao globo terrestre

A ESFERA CELESTE

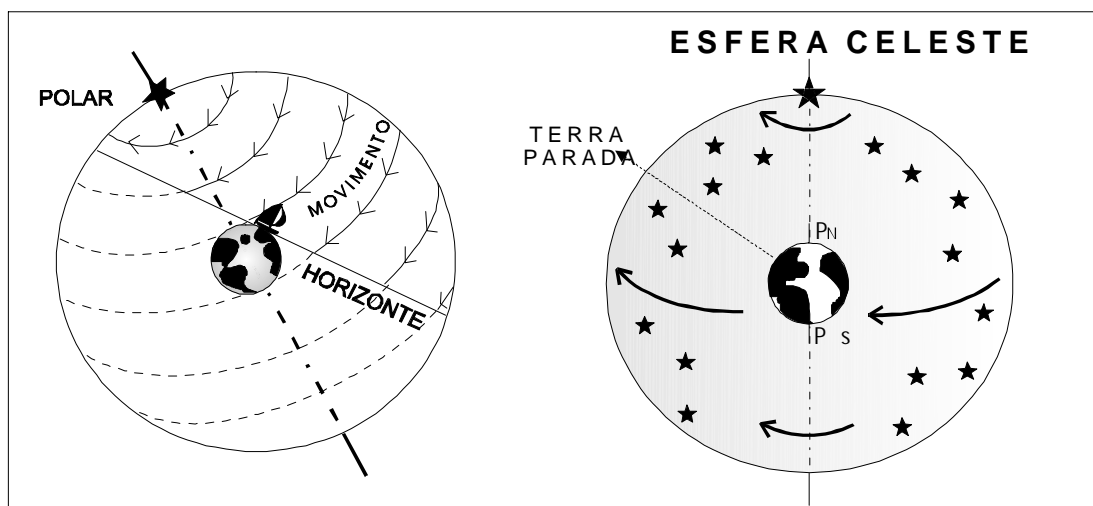


fig.4

O eixo de rotação do céu cruzava a superfície da terra em dois pontos, que viriam a ser chamados de :

POLO NORTE (P_N) (o mais perto da estrela polar)

POLO SUL (P_S).

O problema da determinação da posição no Globo Terrestre

Vamos projetar o equador terrestre na esfera celeste.

Vamos projetar o Meridiano de Greenwich na esfera celeste.

Definimos **Meridiano Celeste**, como o círculo máximo na esfera celeste que contém os pólos celestes.

Definimos **Equador Celeste**, ao círculo máximo na esfera celeste que a divide em dois Hemisférios
.- NORTE E SUL-

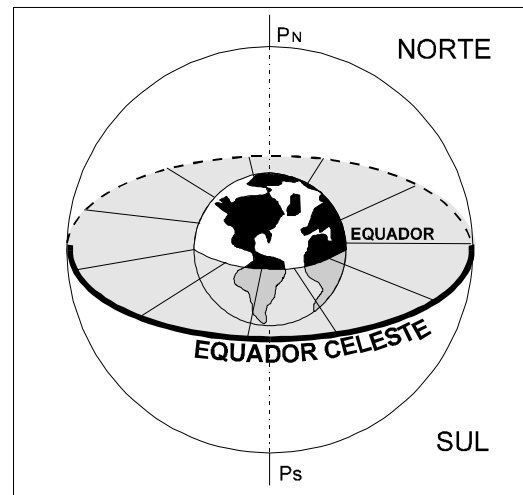


fig.4.2

Meridiano Superior do Observador

É o semi círculo máximo que vai do polo elevado ao polo abaixado passando pelo Zênite.

Meridiano Inferior do Observador

É o semi círculo máximo que vai do polo elevado ao polo abaixado passando pelo Nadir.

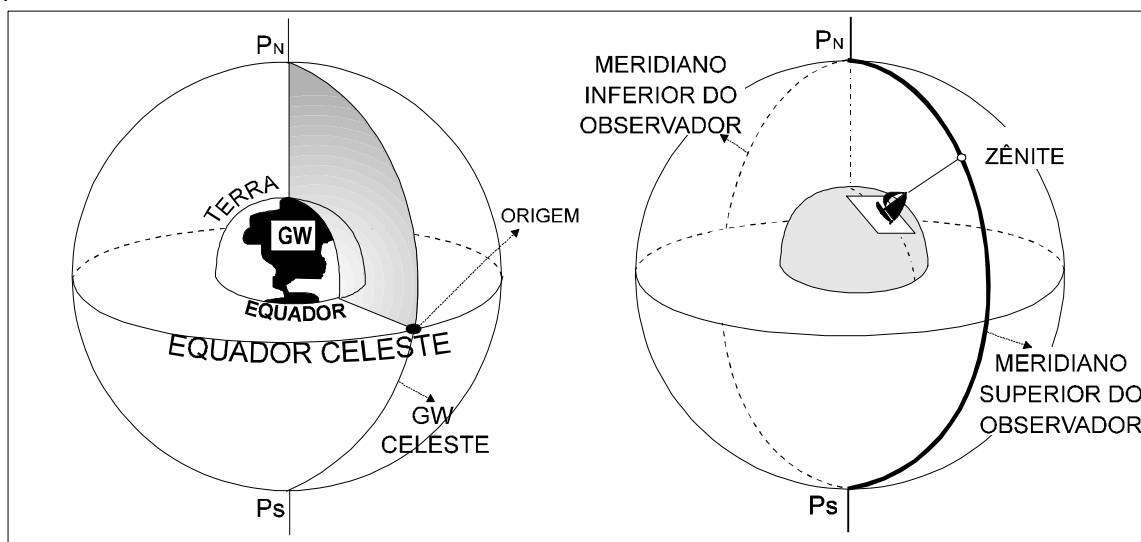


fig.4.3

Obtido o sistema de referência, vamos colocar um astro na esfera celeste.

Traçamos um meridiano que passa por cima do astro, o chamamos de **MERIDIANO do ASTRO**.

Note que o meridiano do Astro não está parado pois o astro está se movimentando com a esfera celeste.

A este meridiano do astro que se move chamamos de **CÍRCULO HORÁRIO do ASTRO**.

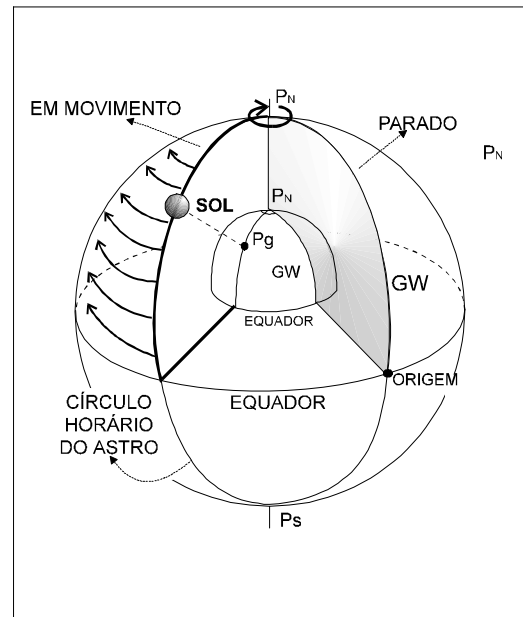


fig.4.4

Observações:

- ☆ O Meridiano de Greenwich na esfera celeste está parado em relação a Terra.
- ☆ O Círculo horário do Astro esta em movimento em relação a Terra.

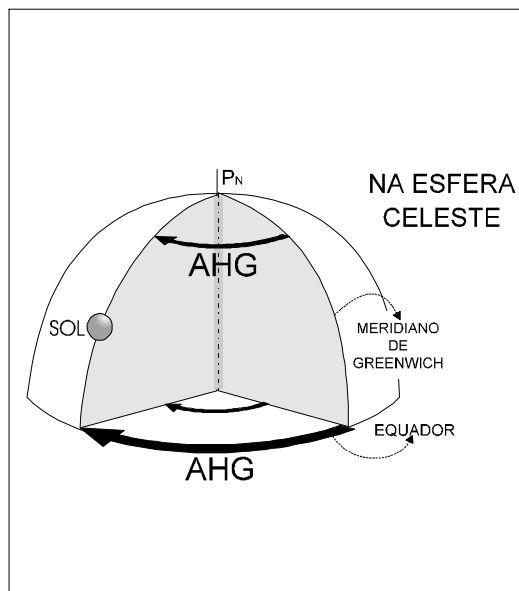


fig.4.5

Tomamos como Origem a interseção do equador celeste com o Meridiano de Greenwich celeste.

Ao ângulo formado no equador começando na Origem indo até o círculo horário do astro no sentido horário, é chamado de

ÂNGULO HORÁRIO DE GREENWICH - AHG-

Note que o AHG é o mesmo ângulo que a Longitude do Ponto Geográfico (Pg) na Terra, tomado num certo instante.

Por isso alguns mais desavisados chamam o AHG de Longitude Celeste.

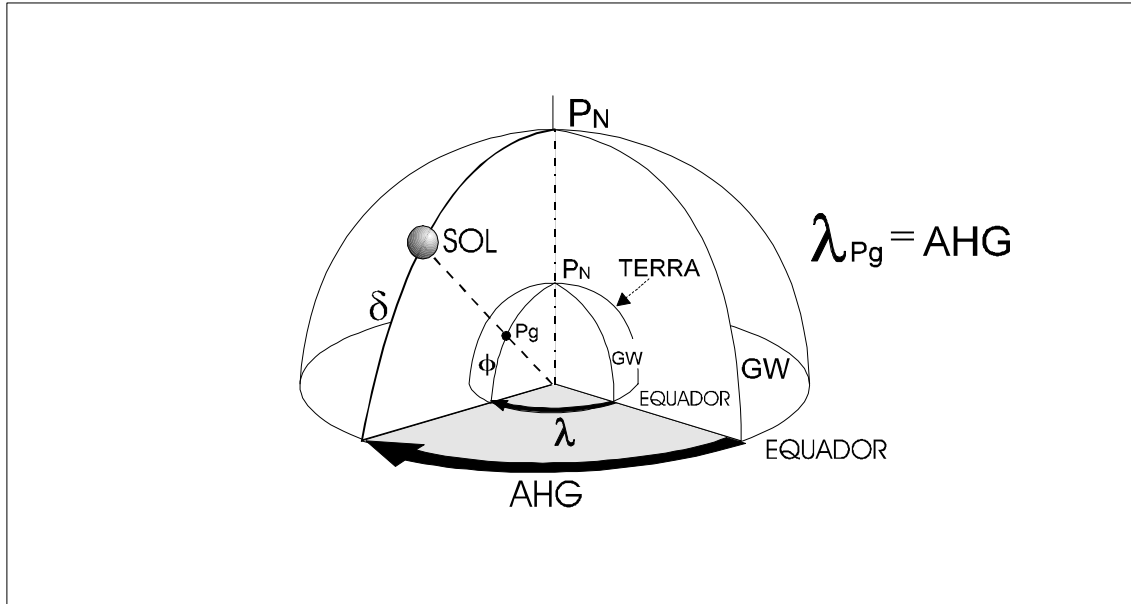


fig.4.6

O Ângulo Horário de Greenwich vai até o Círculo Horário do Astro.
A partir deste ponto do Equador Celeste, indo em direção ao astro sobre o Círculo Horário do Astro, formamos um ângulo que é chamado de

DECLINAÇÃO -d-

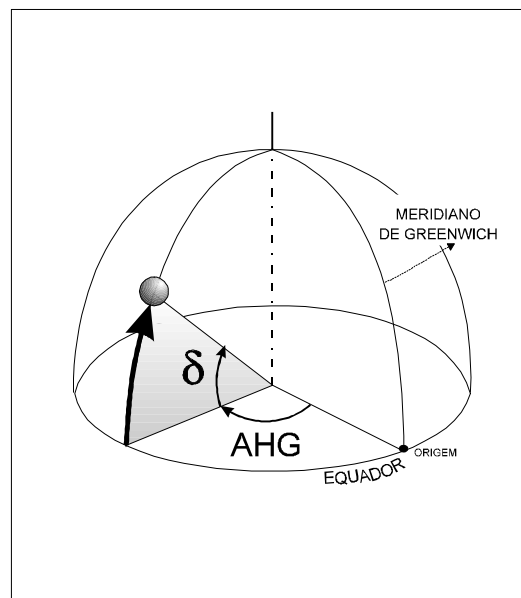


fig.4.7

ÂNGULO HORÁRIO DE GREENWICH - AHG -

É o ângulo formado no polo elevado pelo Meridiano de Greenwich e pelo círculo horário do astro.

Contado a partir do Meridiano de Greenwich para o círculo horário no sentido horário, ou seja de Leste para Oeste, de $0^\circ \Rightarrow 360^\circ$.

Sua notação é AHG.

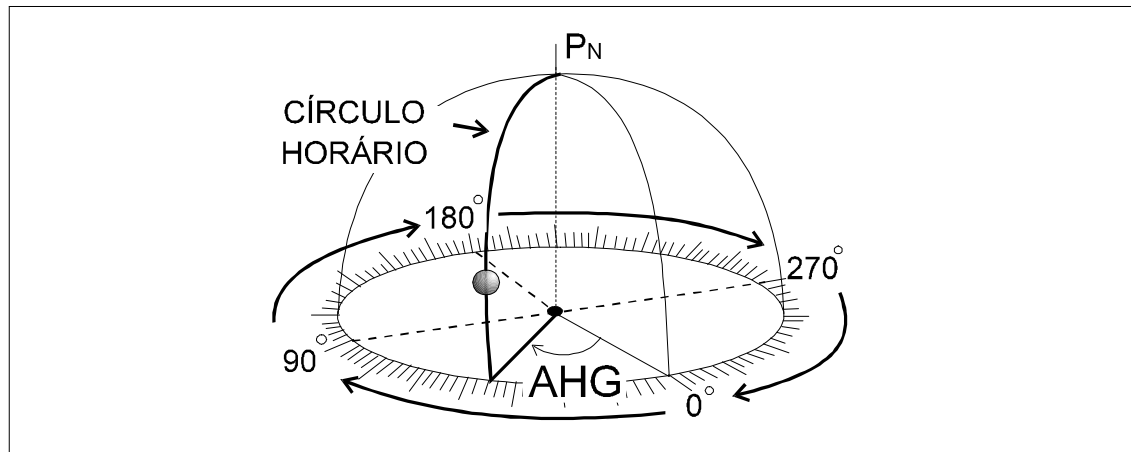


fig.4.10

Criamos um sistema de referência que é dado em cada instante, isto é, é necessário saber a hora da observação.

Se estamos em alto mar observando o sol. Num determinado instante, sendo no relógio uma Hora Média de Greenwich (HMG) obtenho as coordenadas horizontais; a Altura e o Azimute do sol.

Como é dada a hora da observação, o HMG posso utiliza-la para obter a posição do Sol na esfera celeste, isto é, obter as coordenadas equatoriais horárias.

A publicação que faz esta mágica é o **ALMANAQUE NÁUTICO**.

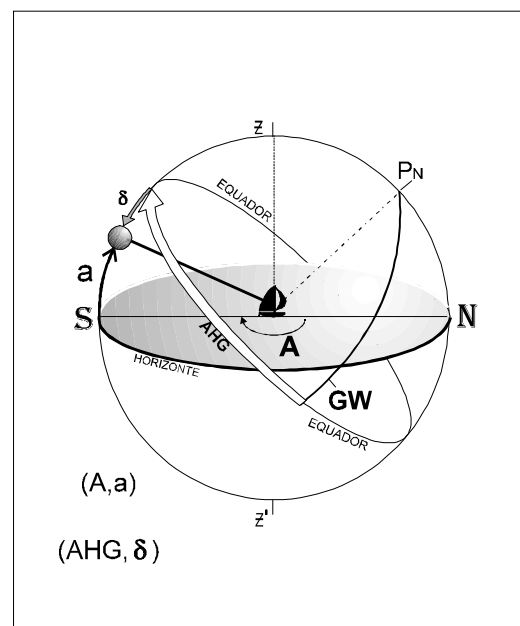


fig.4.11

QUEM FAZ A LIGAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE COORDENADAS HORIZONTAIS E EQUATORIAIS É A HORA MÉDIA DE GREENWICH.