



José Laurindo Sobrinho

Grupo de Astronomia da Universidade da Madeira

Fevereiro 2014

Sistemas de coordenadas e tempo

1 – Sistema de coordenadas horizontal local

O **sistema de coordenadas horizontal local** é definido tendo por base o observador. Assim a circunferência máxima principal deste sistema é o **horizonte do local**. O ponto mais alto do céu designamos por **zénite** e o ponto que fica exatamente no lado oposto designamos por **nadir**.

À infinidade de semicircunferências máximas que são ortogonais ao horizonte chamam-se **verticais**, sendo que a **vertical do lugar** é a vertical que passa no ponto cardeal sul.

As duas coordenadas utilizadas neste sistema são o **azimute** (AZ) e a **altura** (h). O azimute é medido a partir do ponto cardeal sul (no sentido sul-oeste) e varia de 0° a 360° . A altura varia de -90° a $+90^\circ$, sendo que alturas negativas não são vistas pelo observador (supondo este ao nível do mar) – ver Figura 1.

As coordenadas dadas pelo Sistema horizontal local variam consoante a localização do observador sobre a Terra. O horizonte local não é, por exemplo, o mesmo para um observador na Madeira e para um observador na América do Sul. Mesmo que ambos estejam a observar o mesmo objeto celeste terão valores diferentes para o seu azimute e para a sua altura. Torna-se, assim, importante definir um sistema de coordenadas comum a todos os observadores.

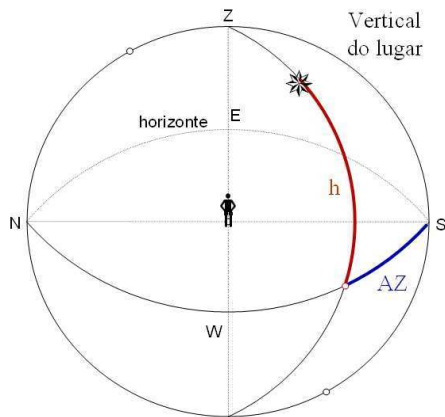


Figura 1 - O sistema horizontal local, definido pelo horizonte local (plano principal). Apresentam-se, ainda, o zénite (Z), os quatro pontos cardeais (norte, sul, oeste e este) e a definição das coordenadas azimute (AZ) e altura (h) para um qualquer objeto astronómico [http://www3.uma.pt/Investigacao/Astro/Grupo/Publicacoes/Abstracts/pub2011a.htm]

2 - Sistema de coordenadas equatorial local

A **Esfera Celeste** é, por definição, uma esfera com raio arbitrário e onde se encontram todos os astros. Na interseção do eixo de rotação da Terra com a esfera celeste temos o **polo sul celeste** (PSC) e o **polo norte celeste** (PNC); este último está muito próximo da **Estrela Polar**.

O **Equador Celeste** é o conjunto de todos os pontos à mesma distância dos PNC e PSC: diz-se uma **circunferência máxima** por ser um diâmetro da esfera. É como que um prolongamento até ao infinito do plano equatorial terrestre. A infinidade de semicircunferências máximas perpendiculares ao equador, ligando o PNC ao PSC constituem os chamados **meridianos**. O meridiano que passa pelo ponto cardinal Sul designa-se por **meridiano do lugar** (Figura 2).

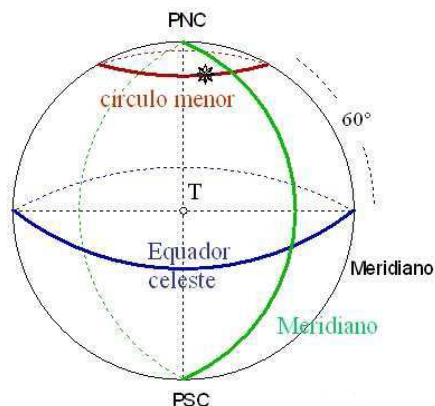


Figura 2 - Sistema de coordenadas equatorial local. Estão representados os pontos de interseção do eixo de rotação da Terra com a Esfera Celeste: PNC e PSC, um meridiano, o Equador Celeste (círculo máximo) e um círculo menor. [http://www3.uma.pt/Investigacao/Astro/Grupo/Publicacoes/Abstracts/pub2011a.htm]

Para definir um determinado ponto neste sistema são necessárias apenas duas coordenadas: o **ângulo horário** (H) e a **declinação** (δ). O ângulo horário é medido a partir do *meridiano do lugar* (que passa no ponto cardeal sul) e vai de 0h a 24h. A declinação vai de -90° a $+90^\circ$, valendo 0° sobre o equador celeste (Figura 3).

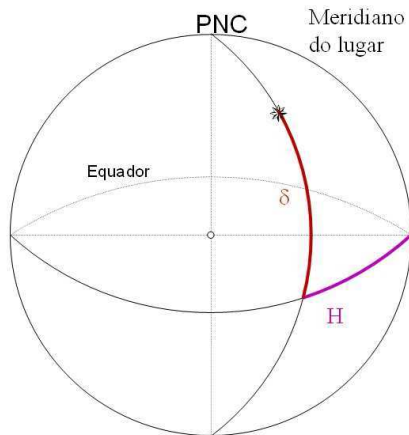


Figura 3 - O sistema equatorial local, com o Equador Celeste para plano principal, o PNC e a definição das duas coordenadas: ângulo horário (H) que depende do ponto cardeal sul e declinação (δ) [<http://www3.uma.pt/Investigacao/Astro/Grupo/Publicacoes/Abstracts/pub2011a.htm>]

Todos os astros se deslocam sobre círculos menores, paralelos ao equador celeste. O valor da declinação é constante para uma dada estrela ao passo que o ângulo horário varia ao longo do dia de 0h a 24h. Se fixarmos uma origem para o ângulo horário então teremos um sistema fixo e igual para todos os observadores terrestres.

3 - Sistema de coordenadas equatorial celeste

O plano sobre o qual se desenrola o movimento orbital da Terra ao redor do Sol designa-se por **plano da eclíptica**. Do ponto de vista de um observador sobre a superfície da Terra é o Sol que se desloca anualmente sobre a eclíptica. Devido ao ângulo de inclinação da Terra, em relação ao seu plano orbital, a eclíptica está inclinada **23.5°** em relação ao equador celeste intersectando este em apenas dois pontos designados por **equinócios** (dia igual à noite em todo o globo).

O ponto mais a norte da eclíptica designa-se por **solstício de Verão** (maior dia do ano no hemisfério norte, acima do círculo ártico o Sol está sempre acima do horizonte) e o ponto mais a sul por **solstício de Inverno** (dia mais pequeno do ano no hemisfério norte). Estes pontos coincidem com o início das estações do ano. Em particular o equinócio que ocorre por volta de 21 de Março, e marca o início da primavera, designa-se por **equinócio Vernal**.

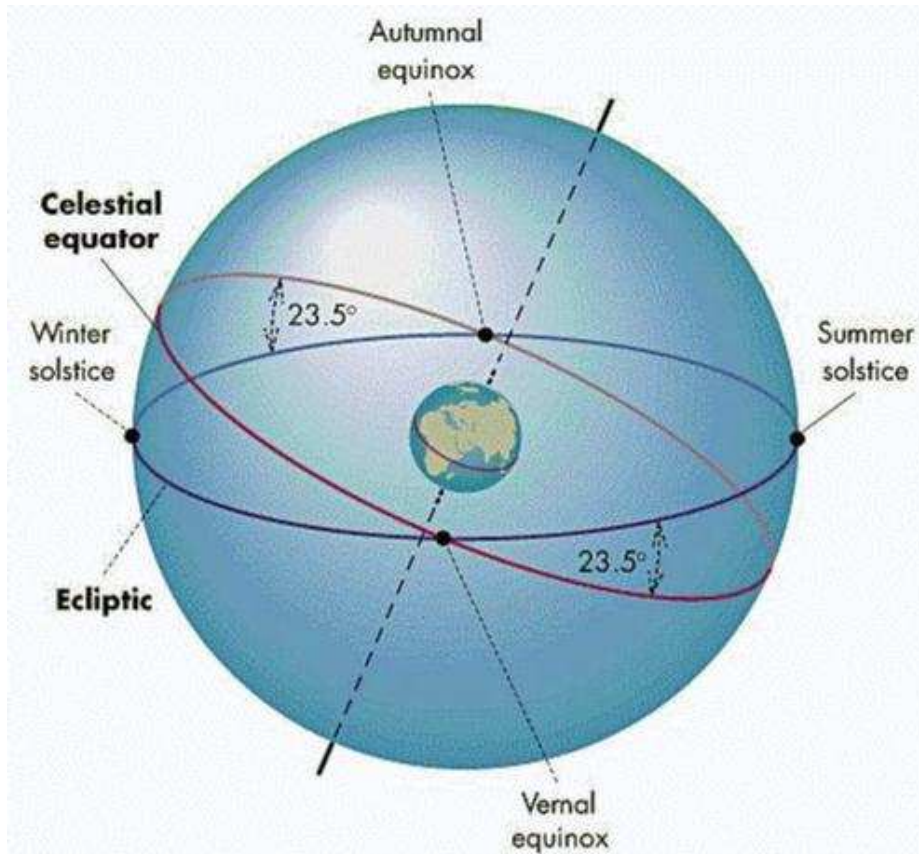


Figura 4 – Movimento aparente do Sol ao longo do ano. Está representada a eclíptica, o equador celeste, os solstícios e os equinócios com particular destaque para o ponto Vernal. [<http://spaces.imperial.edu/russell.lavery/Ast100/Lectures/Ast100Topic02.html>]

O **ponto Vernal** é o ponto no qual o Sol cruza o equador celeste marcando o início da Primavera. Por convenção é este ponto que se toma como origem para a medida do ângulo horário (H) que agora passa a chamar-se **ascensão reta** (RA).

Assim, para definir um determinado ponto no sistema equatorial celeste são necessárias apenas duas coordenadas: a **ascensão reta** (RA) e a **declinação** (δ). A ascensão reta mede-se a partir do ponto Vernal e vai de 0h a 24h. A declinação vai de -90° a $+90^\circ$, valendo 0° sobre o equador celeste.

4 - Relação entre sistemas de coordenadas

Para um observador situado sobre um dos polos terrestres os sistemas horizontal local e equatorial celeste coincidem. O horizonte local desse observador coincide com o equador celeste.

Para um observador localizado sobre o equador da Terra o sistema horizontal local faz um ângulo de 90° com o sistema equatorial celeste. Para esse observador, de facto, o horizonte local é perpendicular ao equador celeste.

O ângulo entre os dois sistemas é dado por $90^\circ - \text{latitude do lugar}$. Assim para um observador localizado na Madeira o sistema horizontal local faz um ângulo de cerca de $90^\circ - 32^\circ = 58^\circ$ com o sistema equatorial celeste.

Um qualquer astro (assinalado) tem as coordenadas (AZ, h) e ou (AR, δ) , consoante o sistema de coordenadas escolhido. É possível converter as coordenadas de um sistema nas de outro, graças à trigonometria esférica (Figura 5)

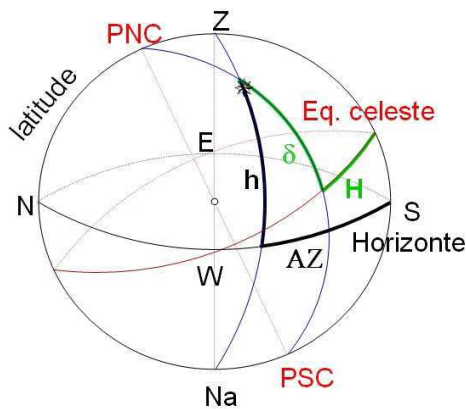


Figura 5 – Relação entre o sistema horizontal local e o sistema equatorial local.

[<http://www3.uma.pt/Investigacao/Astro/Grupo/Publicacoes/Abstracts/pub2011a.htm>]

5 - Tempo

Os relógios comuns têm como referência a posição do Sol. Os **relógios siderais** têm como ponto de referência a posição do ponto Vernal, ou seja, o ponto de referência para a medição da ascensão reta de um objeto.

Um **dia sideral** corresponde ao intervalo de tempo entre duas passagens consecutivas do ponto Vernal pelo meridiano do local (meridiano que passa pelo zénite e pelos pontos cardeais Sul e Norte para um observador local).

Um **dia solar**, por sua vez, corresponde ao intervalo de tempo entre duas passagens sucessivas do Sol pelo meridiano do local. Devido ao movimento de translação da Terra um dia solar é cerca de 4 minutos mais longo do que um dia sideral pois a Terra avança cerca de 1° todos os dias.

$$1 \text{ dia sideral} = 23\text{h } 56\text{m } 4.091\text{s}$$

$$1 \text{ dia solar} = 24\text{h}$$

Os dois tipos de relógios funcionam a ritmos diferentes uma vez que baseiam-se em referências diferentes. Em particular no dia 21 de março um relógio sideral assinala 24h ao meio-dia: momento da passagem do meridiano do local pelo ponto Vernal.

Qualquer objeto celeste cruza o meridiano local no momento em que o tempo sideral é igual à ascensão reta do objeto. Esta é a razão pela qual a ascensão reta é medida em horas, minutos e segundos e não simplesmente em graus.

Exemplo: Queremos observar Spica. Esta estrela tem, para a época 2000, as coordenadas: RA = 13h 25m 11.6s e Dec= -11°9'41". Qual a melhor hora para o fazer?

Será quando ela passa no meridiano local (situação em que está mais alta no horizonte). Isso acontece quando o tempo sideral for de 13h25m aproximadamente. Resta converter este tempo sideral para o tempo dado por um relógio solar.