

# A variabel sombra do sol

**David Buján, Ana Otero, Antón Otero**

Este traballo tén por obxectivo o dar resposta ás duas cuestiósns seguintes:

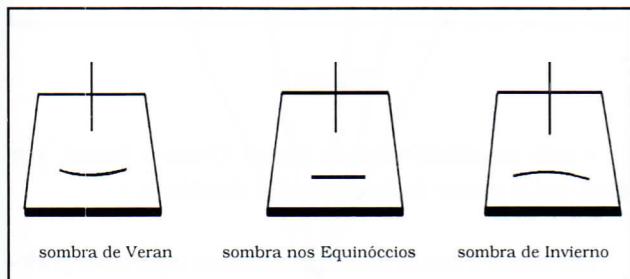
a) Por qué se produce o cambio no tipo de curvatura das sombras dun obxeto nas distintas estacións do ano?

b) As curvas descritas polos extremos das sombras son cónicas?, de que tipo?

Como case sempre que se emprende unha busca como esta as preguntas anteriores dan pé, como se verá, a introducir outras cuestiósns derivadas delas. Compre facer, ántes de empezar, unha pequena introducción ao tema que nos ocupa.

## Introducción

Cun simples *gnomon* (un pao cravado verticalmente no chan) podesse comprobar a variación na curvatura das sombras segundo as estacións:



**Figura 1. Válidas nas nosas latitudes**

Este cambio de curvatura só pode deber-se ás distintas alturas acadadas polo Sol ao longo do ano; mais, como pode por-se de manifesto este feito?

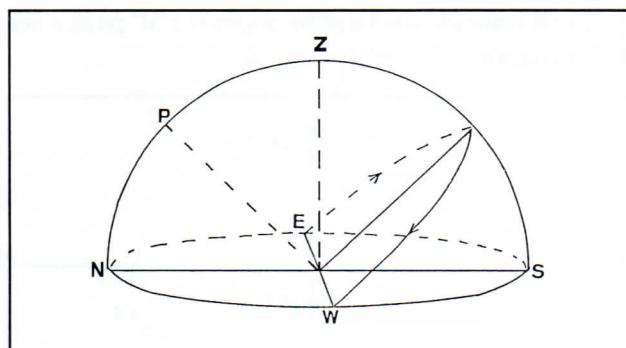
Ademais, estas curvas son as mesmas en todos os lugares da Terra?

Estas son algunas das cuestiósns suscitadas pola práctica, pola observación experimental.

## A variabel sombra do sol

E sabido que o Sol move-se polo Ecuador Celeste nos días de Equinóccio (aproximadamente os 21 de marzo e de setembro de cada ano), estando por riba do Ecuador en Primavera e Verán e sob del en Outono e Inverno.

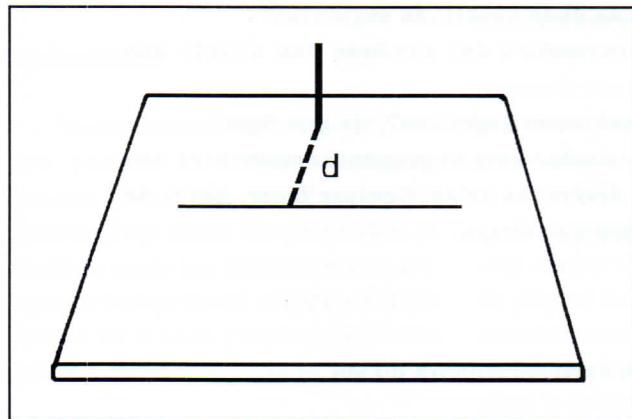
Vexamos en primeiro lugar que sucede os días de Equinóccio. Neles o Sol descrebe un Círculo Máximo no ceo: o Ecuador Celeste e, por tanto, o plano da traxectoria solar contén á Terra. O extremo da sombra está, xa que logo, no plano horizontal e no plano da traxectoria solar. A intersección destes dous planos é *unha liña recta* que marca a dirección E-W ao ser intersección do Horizonte do Lugar e do Ecuador:



**Figura 2. PN: Polo Norte Celeste. Z: Cenite. E: Este. W: Oeste. E-W: Liña de sombra.**

Isto non depende para nada da *latitude do lugar* ou, dito con outras palabras: "A sombra nos días de Equinóccio segue unha liña recta en todos os lugares da Terra".

Experimentalmente podemos comprobar que hai unha distancia "d" entre esa recta e a base do *gnomon*.

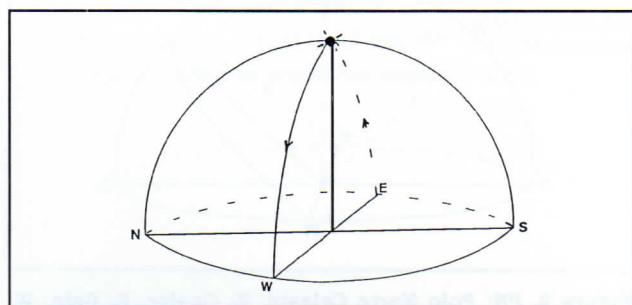


**Figura 3**

Parece natural preguntar-se se esa distáncia é a mesma en todos os lugares da Terra.

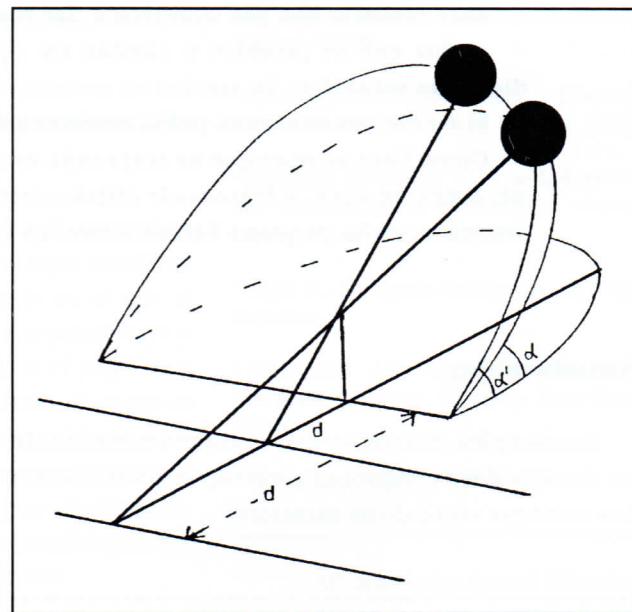
Tomemos en primeiro lugar como referencia unha *latitude* de  $90^\circ\text{N}$ . Como estamos no Polo Norte, nos días de Equinóccio o Sol está no Horizonte, así non hai sombras, ou falando en términos de Xeometría Proxectiva, a sombra percorre a Recta do Infinito.

No outro caso extremo (*latitude*  $0^\circ$ : Ecuador) nos días de Equinóccio ás 12 do mediodía o Sol pasa polo Cenite así que o extremo da sombra (inexistente nese instante) coincide coa base do *gnomon* e "d" pasa a ser 0. A situación aclarase na figura:



**Figura 4**

Agora ben, en latitudes intermedias canto maior sexa a Latitude más baixo estará o Ecuador sobre o Horizonte. Deste xeito a recta que percorren os extremos das sombras estará máis afastada da base do *gnomon* canto maior sexa a *latitude do lugar*. A situación visualiza-se na figura:



**Figura 5**

e son as *colatitudes do lugar*. Como  $d > d'$  temos que  $d' < d$ , así a maior *latitude*, maior distáncia.

Por tanto e como conclusión deste apartado podemos sinalar:

*"Os extremos da sombra do gnomon percorren unha recta nos días de Equinóccio con independéncia de latitude, mais canto maior sexa esta más se afastará esa recta da base do gnomon".*

### E os demás días?

Supoñamos agora o Sol movendose(\*) nun Paralelo Celeste distinto do Ecuador. Vexamos que o extremo da

sombra percorre traxectórias que dependen da *latitude* e da estación do ano.

Se a *latitude do lugar* é de  $90^\circ\text{N}$  (Horizonte=Ecuador), cando o Sol está por debaixo do Horizonte (Outono e Inverno) non hai, evidentemente, nengún tipo de sombra. Na Primavera e Verán o Sol está sobre o Horizonte e movese nun círculo paralelo a el. Este círculo forma coa punta do *gnomon* unha superficie cónica da que os raios solares son as xeratrices, a intersección da prolongación dos mesmos co Horizonte produce un *novo círculo*, o formado polos extremos das sombras:

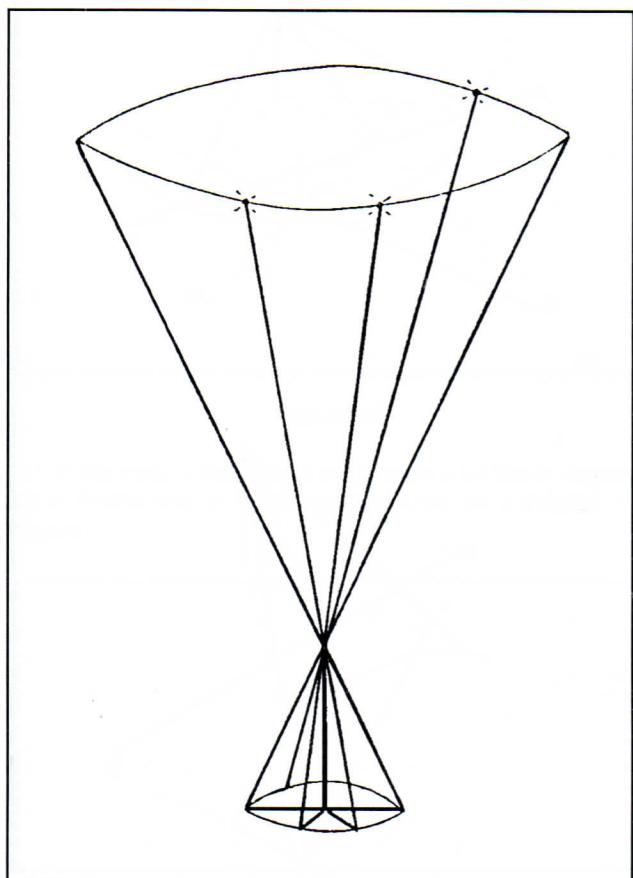


Figura 6

Situandonos por riba do Ecuador ( $0^\circ < \text{lat} < 90^\circ$ ) pode suceder duas cousas:

a) En Primavera e Verán o Sol está por riba do Ecuador. Supoñamos que o seu percorrido é o do Paralelo "FACD" da figura:

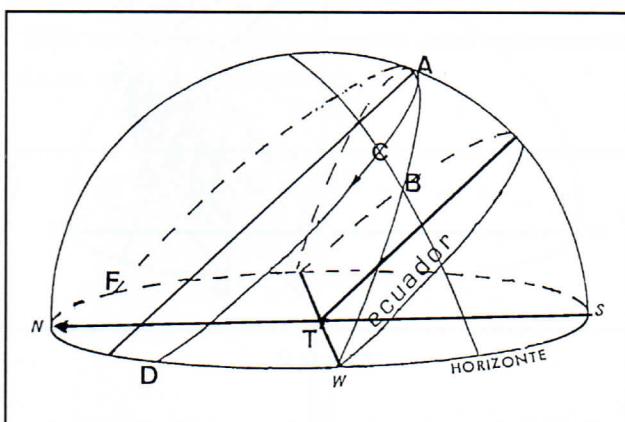


Figura 7

Sexa "EABW" o círculo máximo que interseca ao Paralelo citado en "A" (Figura 7). Se o Sol se movese por ese círculo máximo o extremo da sombra seguiría unha recta a unha determinada distancia "d" da base do *gnomon* (Figura 8). Como a traxectória apaente do Sol está por riba do círculo máximo citado os extremos das sombras deben aproximar-se máis á base do *gnomon* que a antedita recta. Portanto a traxectória será a curva (mais próxima á base do *gnomon*) da anterior Figura ("B") que só coincide coa recta no punto "A".

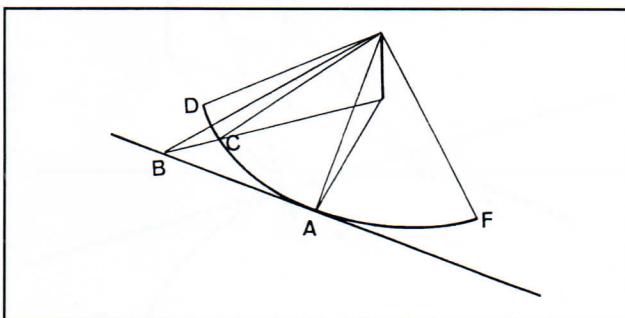


Figura 8

(\*) En todo este traballo supon-se ao Sol xirando en circulos arredor da Terra.

**b)** No Outono e Inverno o Sol está por debaixo do Ecuador e o seu percorrido é como o do Paralelo "FACD" da figura:

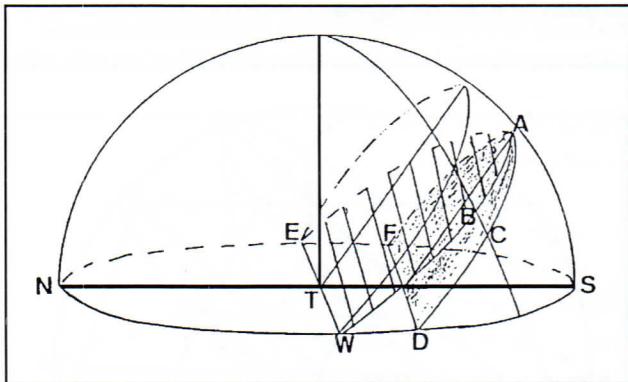


Figura 9

Se o Sol estive-se movendo-se no círculo máximo "EABW" que ten en común co anterior o punto "A", o percorrido dos extremos das sombras sería unha liña recta. Como o Paralelo "FACD" está más baixo que o citado círculo máximo a sombra debe estar *máis lonxana da base do gnomon* que esa recta, feito representado na seguinte figura:

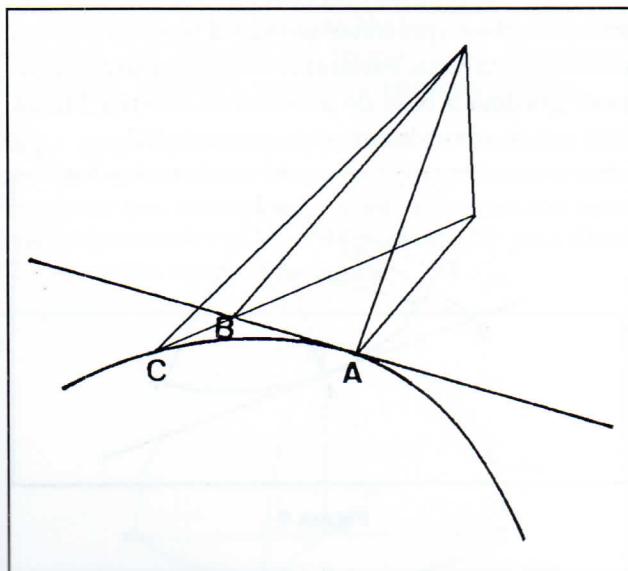


Figura 10

Como casos particulares podemos estudar os seguintes:

1) Nas nosas latitudes na Primavera e Verán a sombra corta á liña E-W dado que o Sol sae polo Nordeste e pon-se polo Noroeste.

No Outono e Inverno a sombra pola contra non chega cortar á liña E-W como se indica nas figuras:

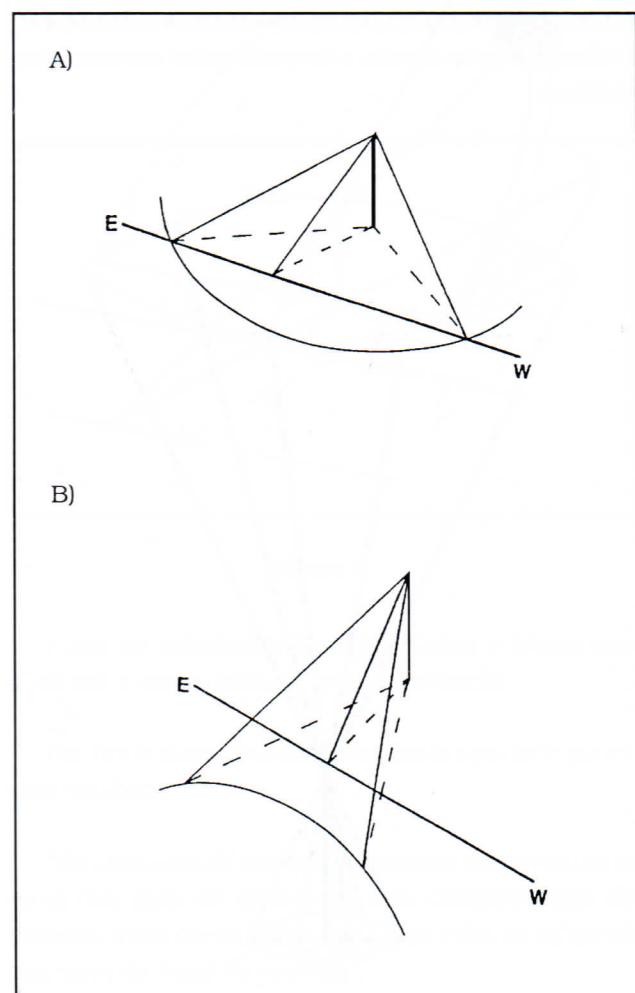
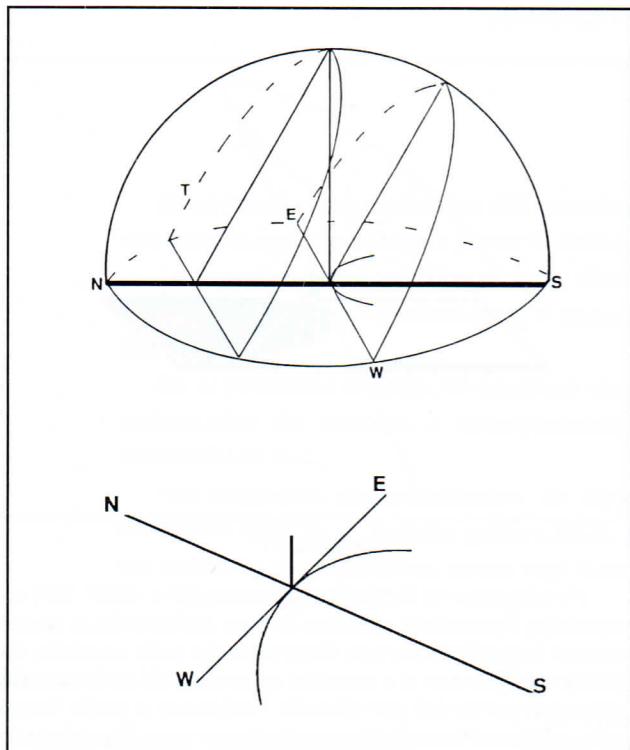


Figura 11

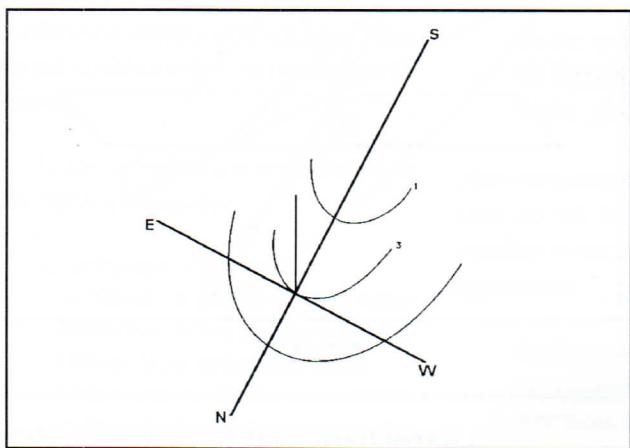
2) Se a *latitude* é de  $23^{\circ} 27'N$  (Trópico de Cáncer), o dia do Solsticio de Verán o Sol está no Cenite a mediodía e nese momento o *gnomon* non produce

sombra. Agás nese instante, como o Sol está na semiesfera definida polas direccións "ENW", a sombra está no semiplano horizontal "ESW".



**Figura 12**

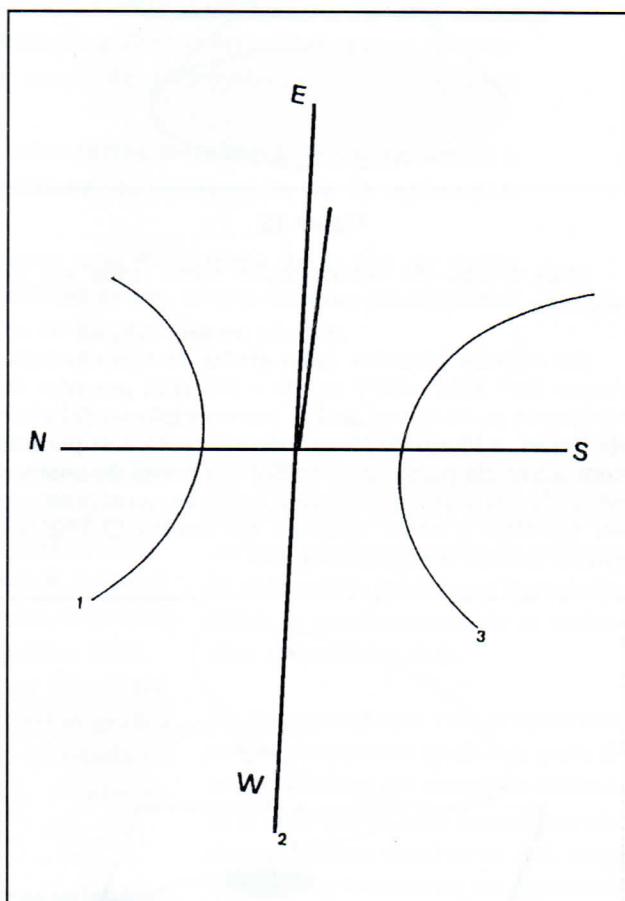
3) Na zona subtropical e segundo a Latitude durante a Primavera e Verán produce-se as sombras da figura:



**Figura 13**

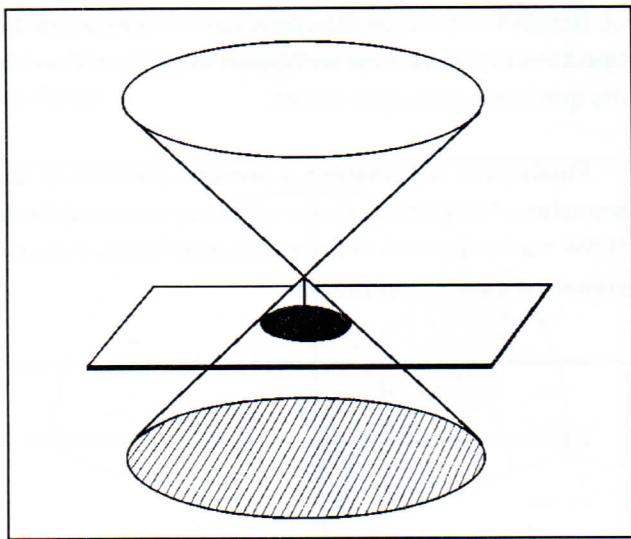
Sendo do tipo 1) os días próximos ao Solsticio e do tipo 2) os días próximos ao Eqinóccio; do tipo 3) son o día que o Sol pasa polo Cenite.

Finalmente no Ecuador a sombra produce-se no semiplano "ENW" no Inverno e Outono eno semiplano "ESW" na Primavera e Verán sendo unha recta como xa vimos, os días de Equinóccio.



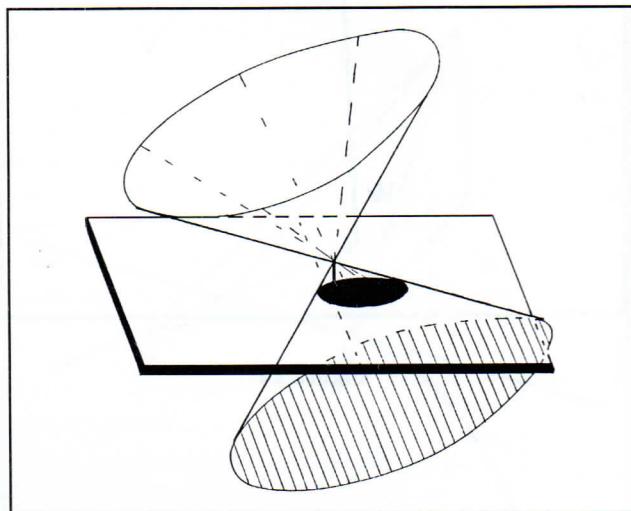
**Figura 14**

A respeito do tipo de curvas descrito polas sombras, no anterior vimos xa un caso. Nefeito, no Polo Norte na Primavera e Verán as sombras descreben *CIRCULOS*:

**Figura 15**

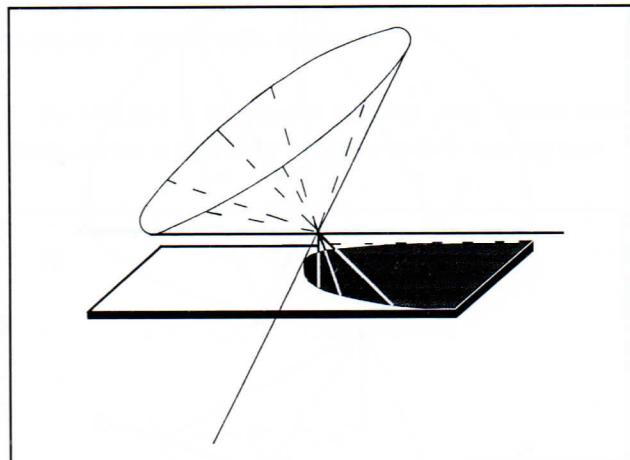
Mais o tipo de cónica varia como imos ver de seguido.

En lugares situados máis arriba do Círculo Polar Artico ( $66^{\circ} 33' < \text{lat} < 90^{\circ}$ ) cando o Sol está por riba do Horizonte as 24 horas do día, por exemplo no Solsticio de Verán, o Plano do Horizonte interseca á superficie cónica xerada polos raios do Sol coa punta do *gnomon* segundo un plano que corta a todas as xeratrices sen ser paralelo á base. Trata-se así dunha *ELIPSE* segundo mostra a seguinte figura:

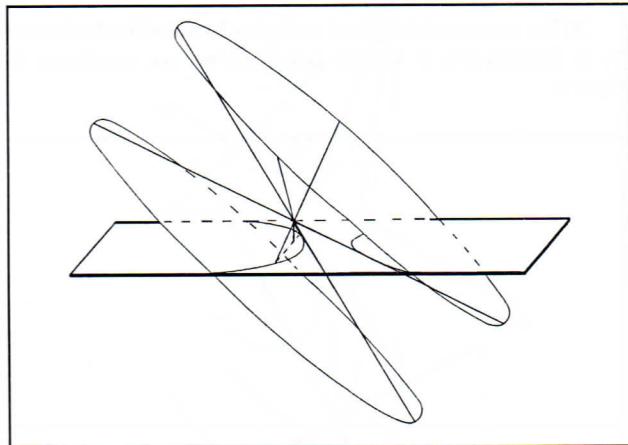
**Figura 16**

Válida para latitudes comprendidas entre  $66^{\circ} 33'$ e  $90^{\circ}$ .

Cando o Sol se move tanxencialmente ao Horizonte sendo visibel as 24 horas do día (por exemplo: no Círculo Polar Artico o dia do Solsticio de Verán) a cónica descrita polos extremos das sombras será unha *PARABOLA*:

**Figura 17**

Finalmente en latitudes menores ( $0^{\circ} < \text{lat} < 66^{\circ} 33'$ ) as sombras describen cónicas do tipo *HIPERBOLA*. Neste caso a superficie cónica determinada polo extremo da punta do *gnomon* e o camiño aparente do Sol, camiño que está parte del por riba do Horizonte e parte baixo este, corta ao Plano do Horizonte duas veces describendo nas catro estacións do ano as duas ramas dunha *HIPERBOLA*.

**Figura 18**

**David Bujón/Ana Otero/Antón Otero**  
I.B. de Cambre/I.B. de Adormideras/I.B. de Monelas.  
A Coruña