

CAPÍTULO

2

OLHANDO
PARA O CÉU

A ABÓBADA CELESTE

Você já olhou para o céu em uma noite estrelada e sem lua? Se não o fez, deve fazê-lo, pois isso lhe valerá muito mais que todas as definições que aqui possam ser dadas a esse respeito.

Você terá a nítida impressão de estar no centro de uma imensa esfera escura, crivada de estrelas em sua face interna. Não é à toa que os antigos povos pensavam estar realmente no centro dessa esfera, idéia que permanece até hoje nas mentes da grande maioria das pessoas. Mas, para os antigos, além dessa bola estavam as coisas divinas.

Há alguns séculos o homem percebeu que isso era apenas produto de sua imaginação. O homem medianamente instruído de nossos dias sabe que não existe uma esfera celeste, nesse sentido.

Hoje sabemos que a imensidão do espaço é povoada por uma infindável multidão de corpos celestes (estrelas, com seus planetas e talvez satélites, nebulosas e outras galáxias). Esses objetos celestes podem estar tão distantes que a sua luz, para chegar até nós neste instante, esteve viajando desde tempos em que o homem não tinha a forma atual. E lembre-se de que a luz tem uma velocidade (no vácuo) de 300 000 km/s. Isso quer dizer que em cada segundo a luz caminha 300 000 km, o que equivale a mais de sete voltas ao redor da Terra em apenas um segundo.

Essas grandes distâncias que nos separam das estrelas fazem com que elas, mesmo se movendo, pareçam fixas. Daí o nome de *esfera*

celeste, ou *esfera das "estrelas fixas"*. Você pode verificar o que estamos dizendo. Procure olhar para o céu e localizar algumas constelações. Durante o verão, você pode reconhecer facilmente a grande constelação de Órion, que está sobre o Equador celeste; durante o inverno, você pode localizar a grande constelação de Escorpião.

A primeira tem a forma de um grande quadrilátero com as Três Marias quase em direção de uma diagonal. O Escorpião lembra um grande ponto de interrogação. Para localizar as constelações, use o *planisfério*, ou mapa do céu.

Depois de algumas observações, você verá que as estrelas e as constelações mantêm exatamente as mesmas posições relativas. Isso quer dizer que as estrelas e as constelações nascem e se põem, mas sem alterar as configurações formadas. Tudo se passa como se elas estivessem incrustadas na face interna de uma grande esfera, que gira com o passar das horas, como você pode facilmente notar. No intervalo de um dia, ela dá uma volta completa (um dia sideral).

MEDINDO DIREÇÕES

Embora a esfera celeste seja uma entidade puramente geométrica e abstrata, seu estudo é muito interessante e útil.

Todo o estudo que envolve a esfera celeste com suas aplicações pode ser resumido sob o nome de *Astronomia de posição*, ou *Astrometria*. Nesse caso, a esfera celeste faz o papel de paisagem de fundo. Entre outras, aqui estão algumas das aplicações do estudo da esfera celeste:

- 1) Determinação de todos os movimentos da Terra.
- 2) Determinação das coordenadas de cada lugar e, portanto, levantamento dos mapas terrestres.
- 3) Medida do tempo: em quase todos os países existem observatórios que fazem o serviço da hora, que consiste basicamente em aferir o andamento dos relógios pela passagem de determinadas estrelas em frente a um telescópio especial. Esse equipamento é geralmente conhecido como *luneta meridiana*: move-se sem sair do meridiano astronômico do lugar.
- 4) Determinação da posição ou orientação dos navegantes. Quando o homem se tornou capaz de fazer observações astronômicas mais precisas, pôde também orientar-se em alto mar. Daí a possibilidade das grandes navegações dos portugueses e espanhóis no século XV.

- 5) Determinação das posições dos planetas e, a partir delas, de suas órbitas.
- 6) Determinação das distâncias das estrelas mais próximas. Estas sofrem pequeníssimos deslocamentos anuais aparentes (*paralaxe*) em relação às mais distantes.

Essas são apenas algumas das principais aplicações do estudo da esfera celeste.

Não é interessante que você possa saber, sem sair do lugar, em que ponto da Terra você se encontra? Ou que você possa determinar a hora local ou universal (só para a Terra) olhando para o mostrador do grande relógio celeste que gira à sua frente, nas noites estreladas?

ATIVIDADE 2.1 O GNÔMON

Esse é o nome de um dispositivo já usado na antiga Grécia e que os romanos adotaram. Com ele os povos antigos marcavam as horas do dia, desde que houvesse sol.

Consiste basicamente em uma haste vertical espetada em uma superfície horizontal e lisa. Você pode improvisar um espetando qualquer haste em um chão bem horizontal e liso. A haste, bem reta, deve ser fincada bem "em pé", o que é fácil com a ajuda de um fio de prumo (barbante e pedrinha). O gnômon é utilizado para marcar as horas do dia. Mas, nesta atividade você vai usá-lo primeiro para outra coisa: determinar os pontos cardeais do lugar e também o meridiano astronômico do lugar (MAL).

Você deve montar o seu aparelho em lugar de céu aberto, isto é, num lugar em que a luz do Sol projete a sombra da varinha pela manhã e à tarde (fig. 2.1).

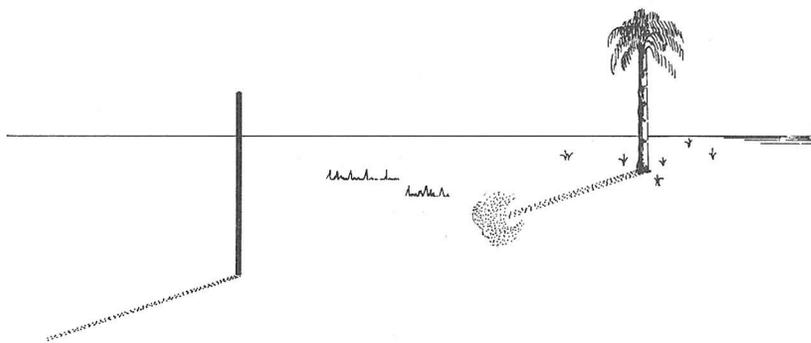


Fig. 2.1

De manhã, logo depois da saída do Sol, as sombras da haste são muito compridas. Com o passar das horas a sombra vai encurtando e, ao meio-dia solar, ela é mínima. Depois disso, ela vai novamente aumentando, até o cair da tarde.

Marque alguns pontos extremos da sombra da varinha durante a manhã.

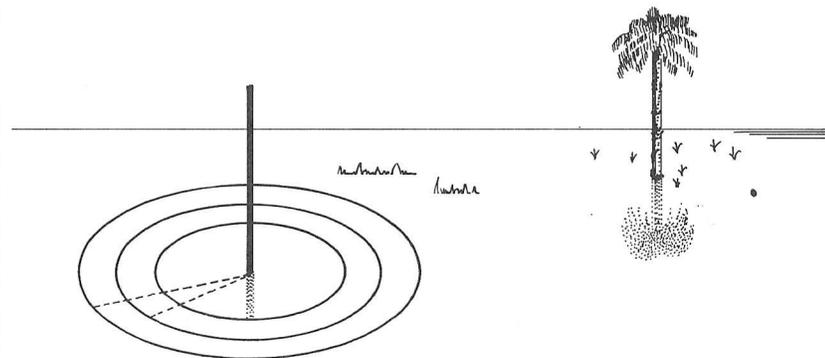


Fig. 2.2

Em cada caso, assinale o ponto e, em seguida, trace sobre o chão uma circunferência centrada no pé da haste e com raio igual ao comprimento da sombra (fig. 2.2), o que pode ser feito com o uso de um barbante amarrado ao pé da haste. Procure fazer pelo menos duas ou três observações pela manhã. Durante a tarde, a sombra irá atingir cada uma das circunferências novamente. Assinale, então, os pontos em que a sombra volta a tocar cada circunferência (você deve fazer à tarde tantas observações quantas fez pela manhã).

Agora, você dispõe de pares de raios de diferentes circunferências. Cada par de raios compreende um certo ângulo. Esses ângulos são diferentes para os diferentes pares (fig. 2.3).

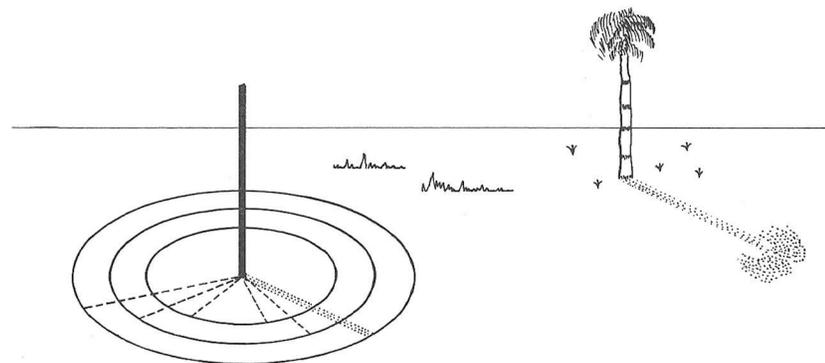


Fig. 2.3

Determine o raio bissetor, ou simplesmente a bissetriz do ângulo de cada par.

Você percebeu que todos esses ângulos têm a mesma bissetriz? Essa bissetriz comum recebe o nome de *linha meridiana* (fig. 2.4). Ela indica a direção norte-sul. A direção perpendicular a essa é fácil de determinar: a leste-oeste.

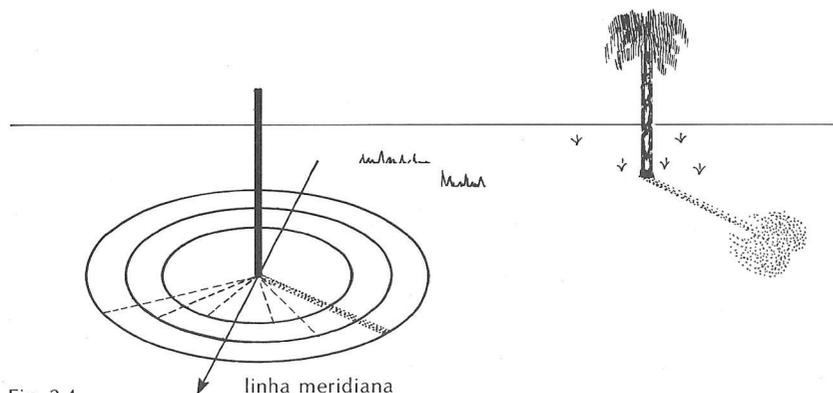


Fig. 2.4

Se você quiser deixar marcada a linha meridiana, crave sobre ela, no chão, uns pregos ou piquetes de madeira, ou qualquer outra coisa que seja permanente.

Mas, não teria sido mais simples assinalar essas direções com a bússola? Sim, seria mais fácil. Porém, o norte-sul astronômico raras vezes coincide com o norte-sul magnético. Essa diferença entre a direção do norte verdadeiro (astronômico) e a do norte magnético é chamada *declinação magnética do lugar*. A direção norte-sul magnética é imprecisa e está sujeita a grandes desvios. Você pode perceber, por exemplo, que, se colocar um pequeno ímã perto da bússola, ela alterará sua direção.

Vamos, agora, ver o que é o meridiano astronômico do lugar (MAL).

MAL é o plano vertical que passa pela linha meridiana. Se você quiser assinalar também o **MAL**, use dois fios de prumo que fiquem sobre dois pontos da linha meridiana.

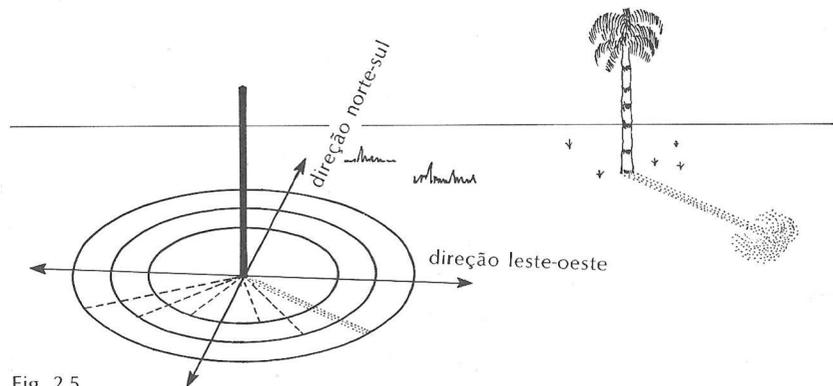


Fig. 2.5

Esse plano que você acaba de determinar é fundamental para medidas em Astronomia.

Nos observatórios existe um telescópio (ou uma luneta) instalado na direção que você acaba de determinar. Esse aparelho se move sem sair daquele plano vertical. Isso significa que está fixo no **MAL**. No caso das horas, o **MAL** funciona como um grande ponteiro fixo (para nós, na Terra), diante do qual gira o grande mostrador esférico, o céu.

UMA GEOMETRIA PARA O CÉU

Anteriormente, citamos uma série de aplicações que resultam do estudo da esfera celeste. Entretanto, para realizar esse estudo é preciso considerar uma série de elementos geométricos: as referências sobre a esfera celeste.

Para que você não tenha que decorar, daremos aqui apenas os principais e mais imediatos. Se você estiver interessado, mais adiante veremos alguns outros.

Como já dissemos, a esfera celeste gira de leste para oeste, mantendo as posições relativas das estrelas; é como se você estivesse no centro de uma bola que gira e que tem as estrelas incrustadas em sua superfície interna.

Você logo vai perceber que as estrelas (pontos fixos na esfera celeste) descrevem arcos de circunferência de raios diferentes. E também que há um ponto que não se move. Esse ponto é um dos pólos celestes (pólo sul celeste, para quem está no hemisfério sul da Terra). No pólo sul celeste não há nenhuma estrela visível a olho nu. Bem próximo ao pólo norte celeste encontra-se uma estrela muito brilhante: a *Polaris (estrela do pólo)*. Do hemisfério sul não é possível ver essa estrela.

Em resumo, enquanto a esfera celeste gira no seu movimento diurno aparente, dois pontos permanecem fixos: os pólos celestes sul e norte, que são diametralmente opostos.

A reta imaginária que une esses dois pontos é chamada *eixo do mundo*. Como o movimento aparente da esfera celeste resulta do movimento real da Terra em sentido contrário, o eixo do mundo não é nada mais que o prolongamento do eixo da Terra. Os pólos celestes são as projeções dos pólos terrestres sobre a esfera do céu. O mesmo ocorre com o *equador celeste* e os *paralelos celestes*: estes nada mais são do que as projeções do Equador e dos paralelos terrestres sobre a esfera celeste.

Você vai, em seguida, preparar um modelo de esfera celeste, que facilitará seu trabalho e entendimento.

Pegue um balão de vidro de fundo esférico, como o da fig. 2.6 (muito usado em Química), e marque um dos pólos celestes.

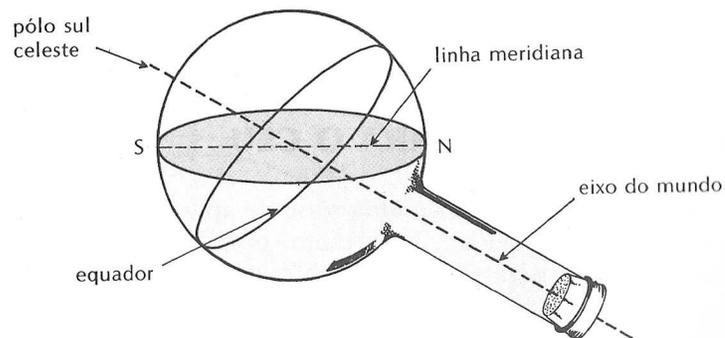


Fig. 2.6

Procure centrar o pólo através do pescoço ou gargalo do balão. Para marcar esse ponto você pode usar um lápis especial ou um batom. Depois, marque o equador, do seguinte modo: passe uma fita de papel (serpentina) ou barbante ao redor do maior diâmetro do balão; dobre esse comprimento em quatro partes e marque essa distância a partir do pólo; depois de marcar os pontos, você pode uni-los: isto é o equador celeste.

Agora você vai marcar a *eclíptica*. Ela é também um círculo máximo (como o equador), porém inclinado de $23^{\circ}30'$ em relação àquele (fig. 2.7).

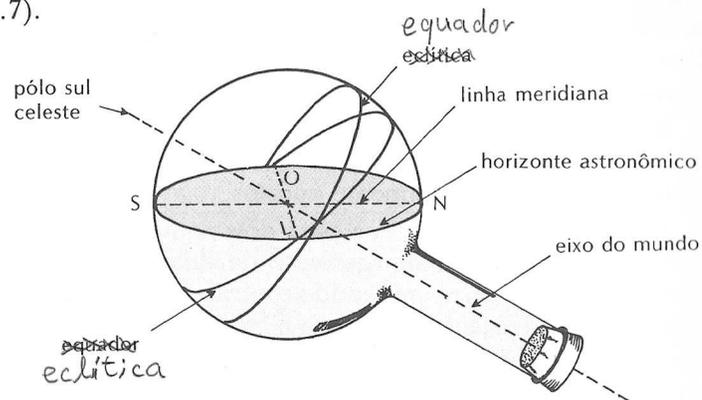


Fig. 2.7

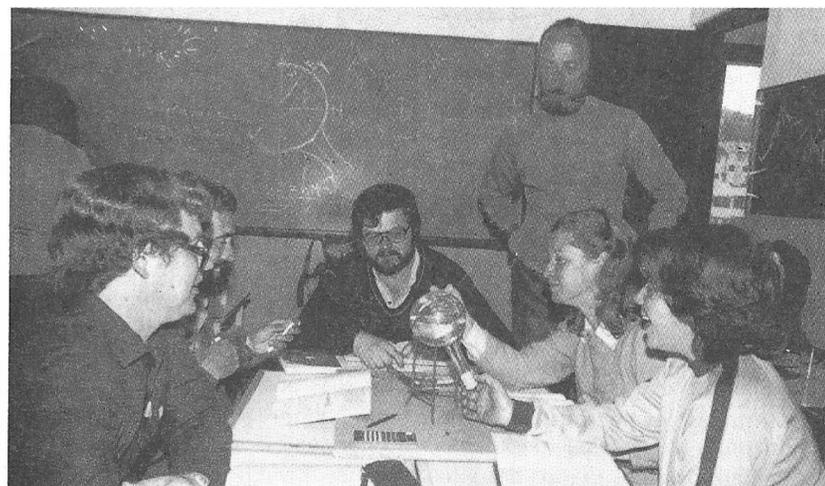
Para isso, basta se lembrar de que, em uma circunferência, os arcos são proporcionais aos ângulos.

Talvez você já saiba que a eclíptica é o caminho aparente do Sol pela esfera celeste no decorrer do ano.

Os pontos em que a eclíptica e o equador se encontram são chamados *pontos equinociais* ou *equinócios*. O ponto em que o Sol passa do hemisfério sul para o hemisfério norte é chamado *equinócio de primavera*, ou ponto γ (*gama*). O outro, diametralmente oposto ao primeiro, chama-se *equinócio de outono*, ou ponto Ω (*ômega*). O primeiro deles é o ponto de partida para a contagem de ângulos quando queremos determinar as posições de planetas ou estrelas no céu. Os pontos da eclíptica que estão mais afastados do equador chamam-se *solstícios* (de verão e de inverno). São os pontos em que o Sol está, respectivamente, mais para o sul e mais para o norte.

Depois de marcadas essas principais referências, coloque água no seu balão até que atinja o equador, estando o balão colocado verticalmente e com o pescoço para baixo. O nível da água representa o plano do horizonte astronômico enquanto você gira a esfera celeste.

Você deve se imaginar no centro da superfície da água, como se estivesse no oceano e visse o céu limitado pelo horizonte ao seu redor. Neste modelo de céu, você está sempre no centro do “horizonte”, isto é, no centro da superfície da água, que é também o centro da esfera celeste.



Curso de treinamento para professores de Física no Colégio Estadual de Teresópolis (RJ), com o uso do “planetário de pobre”.

ATIVIDADE 2.2 O MOVIMENTO DIURNO APARENTE DAS ESTRELAS

Agora, que você já tem montada sua esfera celeste, você pode simular com ela os movimentos do céu.

Para maior facilidade, procure um meio ou dispositivo com o qual você possa girar o balão, mantendo fixa a direção do eixo. Pode ser algum tipo de suporte usado nos laboratórios de Química ou um tripé.

Você já deve ter olhado para o céu em noite estrelada (se não, olhe na primeira oportunidade) e visto um grande número de estrelas, espalhadas por todo o céu.

Marque sobre sua esfera celeste uma série de "estrelas". Distribua essas estrelas (pontos com o lápis ou batom) por toda a superfície do balão. Não importa se os pontos correspondem a estrelas reais. O céu tem tantas estrelas que em qualquer ponto em que você faça uma mancha haverá uma estrela.

Agora, faça girar o balão ao redor do eixo do mundo, isto é, ao redor do eixo do balão (direção do gargalo), tendo o cuidado de manter fixa a direção desse eixo (fig. 2.8). A inclinação do eixo em relação ao horizonte deve ser igual à latitude geográfica do lugar em que você está (se você não souber, consulte qualquer mapa). Assim, você está simulando o movimento diurno aparente do céu no lugar onde mora ou em qualquer outro lugar cujo céu você queira representar.

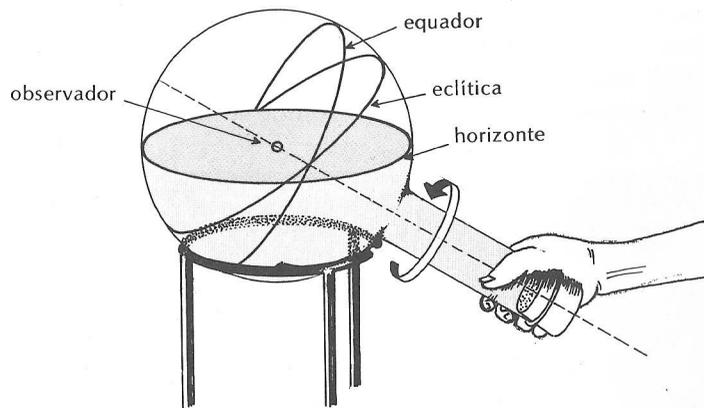


Fig. 2.8

Observe atentamente o movimento de rotação de sua esfera celeste e responda:

- 1) Enquanto o céu gira, as estrelas mantêm suas posições relativas?
- 2) As estrelas levam todas o mesmo tempo desde o nascer (aparecer no horizonte) até o ocaso (desaparecer no horizonte)?
- 3) Compare os arcos diários descritos por duas estrelas. São eles iguais?
- 4) Todas as estrelas são visíveis do lugar em que você está (não considerando a luz do Sol)?

- 5) Existem estrelas que estão sempre visíveis, isto é, sempre acima do horizonte enquanto o céu gira? *Explique.*
- 6) Em que lugar deve estar um observador para que possa ver todas as estrelas enquanto o céu gira?
- 7) Há algum lugar em que o observador não vê nem o nascimento nem o ocaso das estrelas? Qual?
- 8) Que região do céu esse observador tem sempre visível (um hemisfério, ou mais, ou menos que um hemisfério)?
- 9) Há, para esse observador, estrelas que nunca são visíveis? De que região do céu?

MARCANDO LUGARES NO CÉU

Você já reparou como são localizados os pontos sobre a superfície da Terra? Qualquer lugar fica determinado por um par de números: as suas coordenadas.

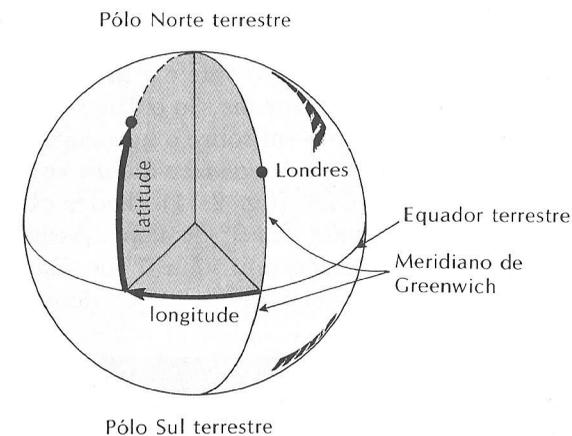


Fig. 2.9

Sempre que queremos localizar algum ponto sobre qualquer esfera, devemos usar um par de coordenadas.

Essas coordenadas podem ser dadas em distâncias ou, mais comumente, em ângulos. No caso de pontos sobre a Terra, elas se chamam *latitude* e *longitude* terrestres. Essas coordenadas são contadas a partir de planos, chamados planos fundamentais, que geralmente são perpendiculares entre si. Na Terra, os planos fundamentais são o Equador terrestre e o meridiano que passa pelo observatório de Greenwich, perto de Londres.

No caso de pontos celestes, o processo é semelhante. Apenas os planos fundamentais são outros. As coordenadas também têm no-