CAPÍTULO 6

6. Levantamento Topográfico

No levantamento dos sítios foram realizadas três etapas:

1) *Reconhecimento da área*: entrar em contato com o proprietário para informá-lo a respeito do trabalho a ser realizado em sua propriedade. Em seguida, os sítios a serem levantados são percorridos para escolha do ponto inicial (base), que define os pontos de partida para montagem da malha do levantamento geofísico arqueológico. No ponto inicial é determinado o meridiano magnético (orientado em relação ao norte magnético – NM, com uma bússola) e, por meio de visada, determina-se um ponto auxiliar para formar a linha de referência que será utilizada para a construção da malha (Figura 6.1). O ponto base deverá estar isento de qualquer influência magnética local. Foram construídos marcos de cimento nestes dois pontos de referência para possibilitar a reconstrução das malhas no futuro, se necessário (Foto 6.1). A partir do ponto inicial também são feitas visadas para determinar a orientação dos principais vértices da poligonal de apoio (bases auxiliares). Estes pontos são necessários para o levantamento da topografia de superfície, pois não se consegue fazer todas as visadas partindo-se de uma única base no local, devido aos muitos obstáculos que existiam. Nesta fase, deverão ainda ser tomadas as seguintes providências: dispor de piquetes e estacas em quantidade suficiente, organizar a equipe de campo (balizeiros, foiceiros) para limpeza da área e colocação das linhas na malha e, finalmente, desenhar um *croqui* da área (desenho à mão livre do levantamento em papel milimetrado para manter a escala de observação e controle operacional), que servirá para as anotações de campo e auxiliará os trabalhos de escritório (Figura 6.1).

2) *Levantamento dos pontos dentro da malha*: esta fase tem início no ponto base, com a estação total fixa. A partir dele e da linha de referência são estabelecidas as demais linhas da malha, de acordo com o espaçamento que se deseja. Nos *nós* onde as linhas se cruzam são colocadas marcações que podem ser piquetes, fita crepe em linhas

estendidas com barbante ou bandeiras fixadas no chão, até o fechamento do sítio. Caso não seja possível a visualização de todos os pontos da malha, então são feitas mudanças de base. Todas as medidas feitas são armazenadas na memória do equipamento (estação total – TDM330). No *croqui* dos levantamentos são anotados os detalhes mais importantes, garantindo a correta caracterização de sua forma e dimensão.

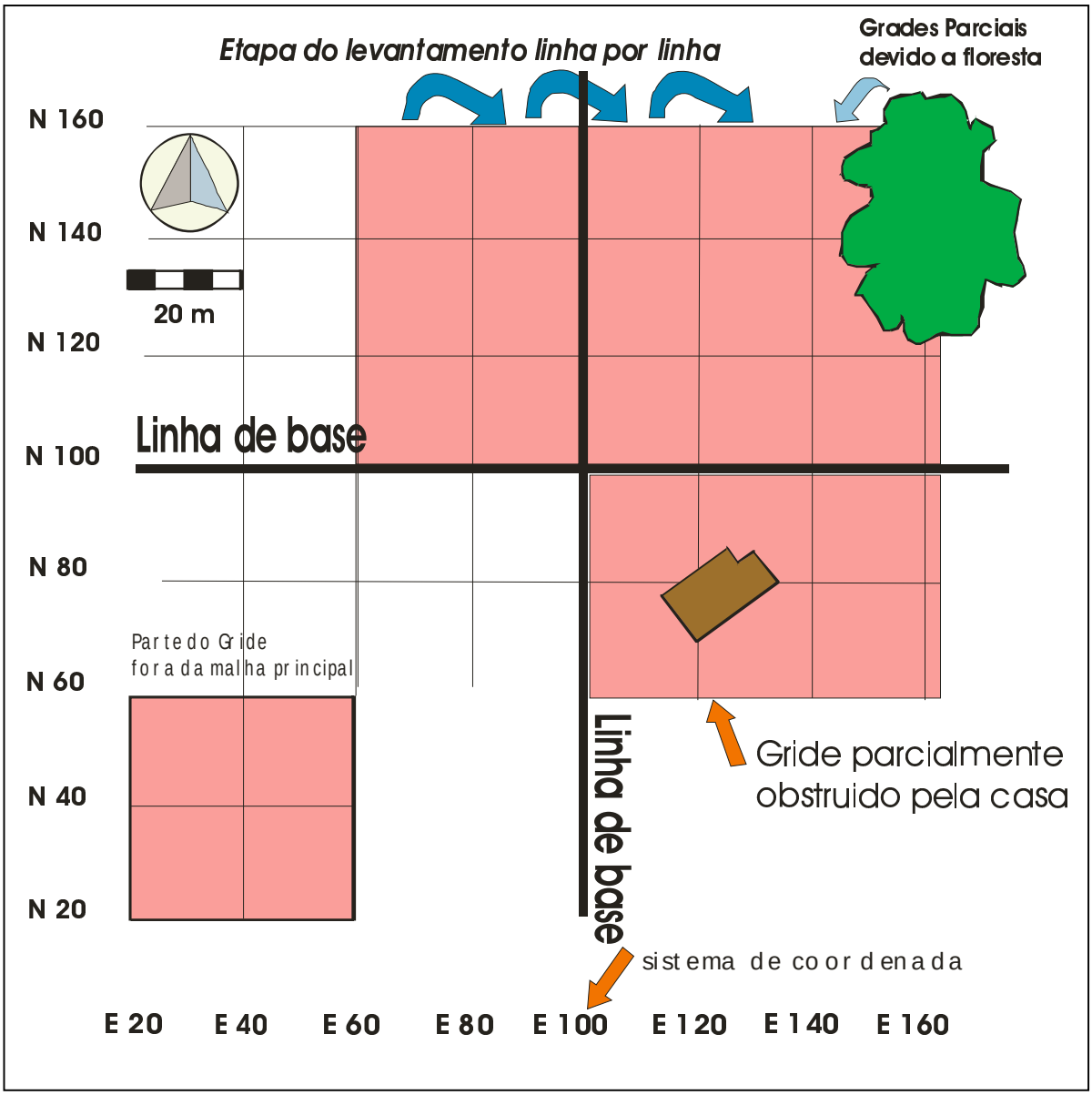

Figura 6.1. Esquema do levantamento geofísico arqueológico utilizado nos sítios, onde são criadas as linhas de base, para posterior montagem das linhas paralelas e perpendiculares.

Foto 6.1. Marcos topográficos, usados para amarração da malha topográfica no sítio, com a colocação de dois marcos se torna possível a remontagem das malhas em épocas futuras.

3) *Levantamento dos detalhes*: é a fase de fechamento dos sítios. Quando necessário, lançam-se poligonais auxiliares a partir de um dos vértices da malha para a amarração dos detalhes (sepultamentos, fogueiras, concentração de material lítico, covas de plantações, entre outros detalhes visíveis). O levantamento dos detalhes deverá ser acompanhado de *croqui* e os dados obtidos anotados em caderneta de campo.

A arqueologia, assim como a geofísica, utiliza normalmente de referências cartográficas (topografia) como base inicial de prospecção, referenciando seus dados em eixos pré-estabelecidos. Antes da realização dos levantamentos geofísicos tomou-se como necessário o levantamento topográfico, conhecendo em detalhes as áreas, torna-se possível a plotagem dos dados geofísicos e arqueológicos sobre uma malha de referência em 2D e 3D (duas e três dimensões, respectivamente).

Para construção das malhas tomou-se como referência um ponto localizado em local estratégico no sítio (sambaqui) e a partir dele foram demarcadas, com fio de nylon ou bandeiras, linhas de direções NS ou ao longo do eixo maior do sítio, espaçadas de 2 metros quadrados. Estas linhas, de comprimentos variados dependendo dos obstáculos em superfície e comportamento dos sítios, cobriam toda a área de provável ocorrência dos sambaquis (Foto 6.2).

Na arqueologia, o levantamento topográfico representa uma importante ferramenta, pois se trabalha na localização de objetos, muitas vezes, centimétricos. Com a aplicação de métodos geofísicos, esta importância torna-se ainda maior, pois, identifica com maior acurasse a localização de fontes anômalas. O levantamento topográfico de uma região requer a precisa determinação dos elementos necessários e suficientes ao desenho de sua planta. Esses elementos são as coordenadas (X,Y ou 2D) dos diversos pontos de interesse que definirão, no desenho, as posições planimétricas dos pontos topográficos levantados. Para obter a representação tridimensional (planialtimétrica ou 3D) do ponto, necessita-se de uma terceira coordenada: a cota ou altitude (h ou Z).

O levantamento topográfico constou de medições de distâncias horizontais com trena e ângulos horizontais de 90º entre as linhas espaçadas de $2m^2$. Em seguida a topografia desta área foi levantada em detalhe usando um taqueômetro digital (estação total) que também foi usado para o posicionamento dos pontos de medidas geofísicas dentro e fora das malhas regulares (Foto 6.3). A topografia dos sítios será mostrada no capitulo 9.

Foto 6.2. Posicionamento da malha sobre a área provável do sítio (Sítio Caraça). As linhas foram posicionadas no sentido N-S, espaçadas de 2m. Estas linhas possuíam tamanhos variados, dependendo dos obstáculos do terreno, casa sobre o sítio (a direita da foto).

Foto 6.3. Levantamento topográfico com estação total. Sobre a malha estendida na superfície foram tomadas as medidas (coordenadas X,Y,Z) possibilitando a montagem de um mapa planimétrico para a área. Sítio Estreito, município de Adrianópolis/PR.

A estação total (TDM330 – Nikon) foi estacionada em pontos fixos (bases) escolhidos de forma que se pudesse obter o maior número de visadas do local. Para a orientação do levantamento e posterior desenho da planta, foi determinada a meridiana verdadeira ou magnética (NM) com bússola. Na maioria dos sítios, as malhas foram orientadas com o norte magnético (NM) ou ao longo do eixo maior da estrutura observada em superfície. Em escritório, efetuou-se o ajuste analítico de todas as medidas. O cálculo das coordenadas foi obtido através de programa elaborado em Matlab com o qual foram confeccionadas as figuras de dados topográficos, programa no anexo 07.

A utilização de métodos de levantamento e instrumentos de medida apropriados que atendam aos objetivos do trabalho são fatores que devem ser observados na execução dos levantamentos de sítios arqueológicos cujas formas, dimensões e disposições dos detalhes deverão estar fielmente representadas em planta. É de suma importância determinar os pontos notáveis que irão definir a planimetria do terreno, bem como daqueles que permitirão representar o relevo.

6.1. Estação total

Objetivando oferecer maior nitidez e alcance às visadas, os instrumentos de medição de ângulos são dotados de luneta. As estações possuem dispositivos para medir opticamente as distâncias através de emissão de raios infravermelhos com/sem utilização de prismas de reflexão. Da estação é emitido um feixe de raios infravermelhos que reflete em um prisma colocado sobre a superfície que se deseja medir, o raio ao incidir no prisma é enviado novamente para a estação ao fazer este processo por três vezes é então feita a gravação da distância junto da posição X,Y. Existem restrições, particularmente quanto à precisão na utilização do equipamento sem o prisma, pois muitas superfícies não são suficientemente reflexivas (COMASTRI, 1992). Essencialmente, a estação total consta das seguintes partes, esquematizadas na (Foto 6.4).

- *Base* - provida de três parafusos niveladores denominados *parafusos calantes,* contendo um limbo;
- *Limbo* - disco circular destinado à medida de ângulos de forma eletrônica e graduação do H destinado à leitura dos ângulos horizontais. Em torno do eixo YY' giram os montantes da luneta LL' e o limbo horizontal H. O eixo YY' é denominado de eixo vertical

de rotação ou *eixo principal*. O eixo XX' é denominado de eixo horizontal ou *eixo secundário*.

Para a leitura dos ângulos horizontais, é usado a *Alidade* (X) que é a parte móvel da estação; é o órgão de visada do instrumento, permitindo obter a direção da linha de visada do instrumento. Para a leitura dos ângulos verticais a luneta LL' (Y) gira em torno do eixo horizontal XX', levando em seu movimento índices de leitura SS'; podem-se apreciar as frações da divisão do círculo vertical V. Guia de operação (Anexo 08).

Foto 6.4. Estação Total eletrônica com infravermelho para medição de distância com ou sem prisma. Medição de distância sem prisma (com o Laser ativado): 2 a 100m e com 1 prisma: 2 a 5.000m. Medição com o distanciômetro infravermelho: alcance c/ 01 prisma = 2 a 2.000m.

As diferentes partes que compõem uma estação total podem variar de acordo com o fabricante, porém os órgãos principais são estes esquematizados. A *luneta* da estação é constituída de um tubo em cujas extremidades se situam a *objetiva* e a *ocular*. A objetiva é um sistema de lentes com a função de fornecer a imagem do objeto visado e a ocular é uma lente cuja função é aumentar as dimensões do objeto. Na extremidade da ocular estão alojados os *retículos*, formados por dois fios ortogonais: o *colimador*[6] (fio vertical) e o *nivelador* (fio horizontal).

Outras peças componentes da estação: parafusos de pressão, parafusos micrométricos ou de chamada, bastão ou fio de prumo, prumo ótico, nível esférico para calagem grosseira, nível de bolha para calagem de precisão.

6.2. Componentes de uma estação

No intuito de se ter uma visão geral do funcionamento de uma estação, apresentam-se a seguir seus elementos componentes, bem como suas funções (COMASTRI 1992):

- *Elementos de visada*: fornece imagem direta do objeto.
- *Elementos de leitura de ângulos*: com mesma curvatura da visada e graduado de modo eletrônico para permitir avaliações de frações de uma divisão do limbo.
- *Elementos de sustentação*: tripé telescópico e parafuso de fixação, plataforma ou prato do tripé.
- *Elementos de manobra*: parafusos calantes ou niveladores, para estabelecer a estação na horizontal. Estes parafusos são: do movimento geral, que fixa o limbo à base, e parafuso do movimento particular ou parafuso do limbo, que imobiliza o movimento da alidade e do limbo.
- *Elementos de ajuste*: parafusos de chamada do limbo horizontal, do limbo vertical e do movimento geral. Os elementos de ajuste são elementos indispensáveis para a obtenção de uma coincidência perfeita da linha de colimação[6] com o objeto visado.
- *Elementos acessórios*: três níveis de bolha de ar destinados ao nivelamento do aparelho; fio de prumo e prumo óptico; lupas ou microscópios; dispositivo de pontaria tipo alça e massa de mira; uma bússola acessório constituída de uma caixa de latão, normalmente de

[6] Colimador - 1. Tornar paralelo a determinada linha ou direção. 2. Mirar, visar, observar.

forma cilíndrica, e uma agulha imantada suspensa em seu centro, adaptada ao limbo das estações para permitir a orientação segundo a direção do meridiano magnético.

6.3. Programa para modelagem digital de terrenos

Utilizamos principalmente programas feitos em *MatLab*, o *software GeoOffice*, foi utilizado apenas para transferência dos dados para o computador. O programa elaborado em MatLab foi projetado para realizar modelagens de vários tipos, pois o mesmo possui funções (comandos) pré-programados que possibilita visualizações de várias formas. A flexibilidade do programa permite integrar informações de diversas fontes e utilizar uma variedade de técnicas de modelagem. Suas funções incluem o desenho de contornos, geração temática de modelos, visualização de superfície, edição de dados, análises de cursos d'água e análises volumétricas. Outros softwares também foram usados posteriormente para acabamentos nas figuras, tais como: CorelDraw, Surfer, PowerPoint, Image Expert, Pathfinder Office, GS 512 entre outros.

6.4. Amarração dos pontos com GPS

Os avanços tecnológicos da informática e da eletrônica vieram revolucionar o modo de praticar a topografia. Primeiro, com o aparecimento dos instrumentos eletrônicos de medição de distancias e, mais recentemente, com os receptores GPS. O GPS (*Global Positioning System*) é um sistema de radionavegação baseado em satélites, desenvolvido e controlado pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da América (U.S.DoD), que permite a qualquer usuário saber a sua localização, velocidade e tempo, 24 horas por dia, sob quaisquer condições atmosféricas (com redução na qualidade do sinal, dependendo da condição) e em qualquer ponto do globo terrestre.

Sua acurácia métrica permite utilizá-lo para determinar ângulos, distâncias, áreas, coordenar pontos, efetuar levantamentos, em detalhe. Os fundamentos do GPS baseiam-se na determinação da distância entre um ponto, o receptor, a outros de referência, os satélites. Sabendo a distância que separa o ponto receptor de 3 ou mais pontos de referência triangulados pode-se determinar a posição relativa através da intersecção de 3 circunferências cujos raios são as distancias medidas entre o receptor e os satélites. Na realidade, são necessários no mínimo 4 satélites para determinar a posição corretamente.

Cada satélite transmite um sinal que é recebido pelo receptor. Este, por sua vez, mede o tempo que os sinais demoram a chegar até ele. Multiplicando o tempo medido pela velocidade do sinal (velocidade da luz), obtêm-se a distância receptor-satélite (distância = velocidade x tempo).

Cada sítio foi localizado com sua respectiva coordenada geográfica, onde se utilizou um receptor **GPS GeoExplorer 3 System**, fabricado pela Trimble, capaz de rastrear e utilizar até 12 satélites para calcular o posicionamento. Este aparelho permite leitura em coordenadas geográficas (modo usado neste levantamento) ou UTM (*Universal Transverse Mercator Coordenates*), utilizando os *datums* (dado de correção regional) de **Córrego Alegre** ou **WGS84**, apresentando uma precisão de 1 a 5 metros RMS[7]. (Foto 6.5).

Foto 6.5. Modelo ilustrativo do receptor **GeoExplorer 3 System**, marca Trimble

[7] . (*Root-Mean-Square value*), valor da raiz media quadrada.

1. Valor médio de um numero (n) de valores (x1, x2, x3, ...) equivalente para a raiz quadrada da soma das raízes, dividido pelo número (n) que é o número total de valores. Isto é igual a $\{\sqrt{(x_1^2+x_2^2+x_3^2...)/n}\}$.

2. Um valor médio de medidas que variam continuamente, como uma corrente elétrica alternada, são obtidas várias amostras de valores parecidos em um intervalo de tempo, e divididos pelo número total.