Rev. do Museu de Arqueologia e Etnologia, São Paulo, *12*: 43-54, 2002.

APLICAÇÃO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS EM ARQUEOLOGIA. PRIMEIROS RESULTADOS OBTIDOS NO SAMBAQUI FLUVIAL CAPELINHA, CAJATI-SP, BRASIL

*Paula Brito-Schimmel**
*Jorge Luis Porsani***
*Levi Figuti****
*Paulo DeBlasis****

BRITO-SCHIMMEL, P., PORSANI, J.L., FIGUTI, L., DeBLASIS, P. Aplicação de métodos geofísicos em Arqueologia: primeiros resultados obtidos no sambaqui fluvial Capelinha, Cajati-SP, Brasil. *Rev. do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, *12*: 43-54, 2002.

RESUMO: A utilização de métodos geofísicos em prospecções arqueológicas é crescente e se deve à necessidade, cada vez maior, de uma investigação mais eficiente e não destrutiva. Este trabalho mostra como as prospecções geofísicas puderam auxiliar as investigações arqueológicas no Sítio Capelinha. A área prospectada é um sambaqui fluvial, muito discreto na topografia, situado em Cajati (São Paulo, Brasil). Os métodos de magnetometria e georadar (GPR) localizaram os alvos com maior potencial arqueológico, como, por exemplo, uma paleofogueira, que até o presente momento é única em todo o sítio, com pontas de flecha e restos ósseos associados e uma estrutura de escavação-preenchimento.

UNITERMOS: Métodos geofísicos – Magnetometria – Georadar - Prospecção arqueológica – Sambaquis.

Introdução

Desde muitas décadas os métodos geofísicos vêm sendo requisitados pelos arqueólogos para a realização de estudos preliminares, entre eles o mapeamento e a delimitação dos sítios. Estes estudos resultam em um melhor planejamento da investigação arqueológica e possibilitam a escavação pontual dos alvos mais promissores. Isto se torna ainda mais importante quando os alvos a serem investigados estão abaixo de estruturas como fundações de igrejas, casas, estradas, praças, entre outras que não podem ser totalmente desmontadas para promover a escavação.

Levantamentos geofísicos de alta resolução permitem a localização de alvos arqueológicos em tempo reduzido. Isto tem implicação direta na redução dos custos das pesquisas e possibilita a preservação dos sítios, que não necessitam ser amplamente escavados. A escavação extensiva de um sítio significa expor uma grande superfície à erosão, oxidação e vandalismo, implicando em

(*) Depto. de Geofísica do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo. Atualmente: Depto. de Pré-história, História Antiga e Arqueologia da Universidade de Barcelona, Espanha. bschimmel@ceipac.gh.ub.es
(**) Depto. de Geofísica do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo. porsani@iag.usp.br
(***) Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo. lfiguti@usp.br; deblasis@usp.br

maiores custos de manutenção e preservação. Os métodos geofísicos podem delimitar o sítio tridimensionalmente, possibilitando que os arqueólogos tenham completo controle da área a ser escavada. Qualquer que seja a situação, a aplicação de métodos geofísicos é uma importante ferramenta para que a gestão do patrimônio arqueológico seja mais eficaz.

Além disso, uma das áreas da arqueologia denominada *arqueologia de salvamento* ou *de resgate*, que se dedica a estudos de regiões que serão extensamente modificadas por construções de barragens, loteamentos, aberturas de estradas, gasodutos, construção de túneis, metrô etc., tem se tornado importante graças à atual legislação brasileira, que obriga um acompanhamento arqueológico destas situações. Áreas urbanas têm invadido vários sítios arqueológicos e, na maioria destes casos, o tempo disponível para seu estudo muito limitado, tornando interessante o levantamento efetivo de grandes áreas com o auxílio de métodos geofísicos.

No Brasil, um marco na aplicação de métodos geofísicos em arqueologia ocorreu nos anos 80, com o emprego de métodos elétricos e magnéticos no mapeamento de sítios de cultura cerâmica na Ilha de Marajó (Roosevelt 1989, 1991).

Recentemente, um ensaio experimental realizado por Brito *et al.* (1999) no Sambaqui Capelinha, Cajati (São Paulo, Brasil) iniciou uma série de pesquisas acadêmicas em sambaquis fluviais do Vale do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo (Alberto *et al.* 2000; Figuti *et al.* 2000; Figuti e Mendonça 2001).[1]

O presente trabalho concretiza os resultados obtidos nas primeiras campanhas realizadas no Sítio Capelinha (Fig. 1), com o objetivo de mostrar como foram aplicados os métodos geofísicos para facilitar a exploração deste sítio. Os levantamentos magnéticos foram realizados em busca de alvos arqueológicos relacionados ao uso recorrente do fogo, e diversos perfis de georadar (GPR) foram feitos com o objetivo de estudar as características do substrato onde repousa o sambaqui. Graças aos levantamentos realizados, foram encontrados uma paleofogueira, uma estrutura de escavação-preenchimento (em uma das áreas onde o sambaqui é mais espesso) e materiais associados a estas estruturas, como pontas de flecha, restos ósseos de diferentes vertebrados, entre outros. A exploração arqueológica do sambaqui Capelinha ainda não terminou e se apresentam aqui os primeiros resultados com ênfase na metodologia utilizada, que pode auxiliar o estudo de outros sítios semelhantes. Neste artigo mostramos como os métodos geofísicos podem servir como uma eficiente ferramenta para as investigações arqueológicas.

Os sambaquis fluviais

Sambaqui é um nome genérico atribuído às evidências arqueológicas deixadas por grupos caçadores/coletores/pescadores que habitaram a costa brasileira desde o Estado do Rio Grande do Sul até a Bahia; e do Maranhão até o Pará, de 5000 a 1000 anos atrás (Gaspar 1998). A palavra sambaqui é de etimologia Tupi; *tamba* significa concha e *ki*, monte (Prous 1992). Os sítios do tipo sambaqui são caracterizados por um grande acúmulo de conchas de moluscos, além de restos de fauna relacionada com a dieta alimentar de seus construtores. É muito importante ressaltar que atualmente os sambaquis vêm sendo interpretados não apenas como um acúmulo casual de restos arqueológicos, mas como resultados de um processo de construção intencional de uma estrutura, para a qual podem-se perceber múltiplos usos, onde as diversas camadas representam uma reestruturação periódica do espaço interno (Gaspar e DeBlasis 1992). Nos sambaquis são encontrados diversos artefatos (pontas de flecha, dentes perfurados, lâminas de machado de pedra polida, moedores, lascas, raspadores de conchas) ou materiais resultantes da manufatura destes artefatos (ossos cortados, lascas de quartzo). Ocorrem também sepultamentos, fornos e material queimado e, ocasionalmente, fundações reliquiares de habitações (Gaspar 1998).

Menos conhecidos e pesquisados, os sambaquis fluviais do Rio Ribeira de Iguape apresentam forma e composição concheira similar aos sambaquis costeiros, embora em dimensões menores. Geralmente se apresentam como montículos de 20 x 20 m (comprimento e largura) com menos de 2 m de espessura. Além desses aspectos, outros indícios

(1) No âmbito do projeto temático *Investigações Arqueológicas e Geofísicas dos Sambaquis Fluviais do vale do Ribeira de Iguape, Estado de São Paulo* (processo FAPESP 1999/12684-2).

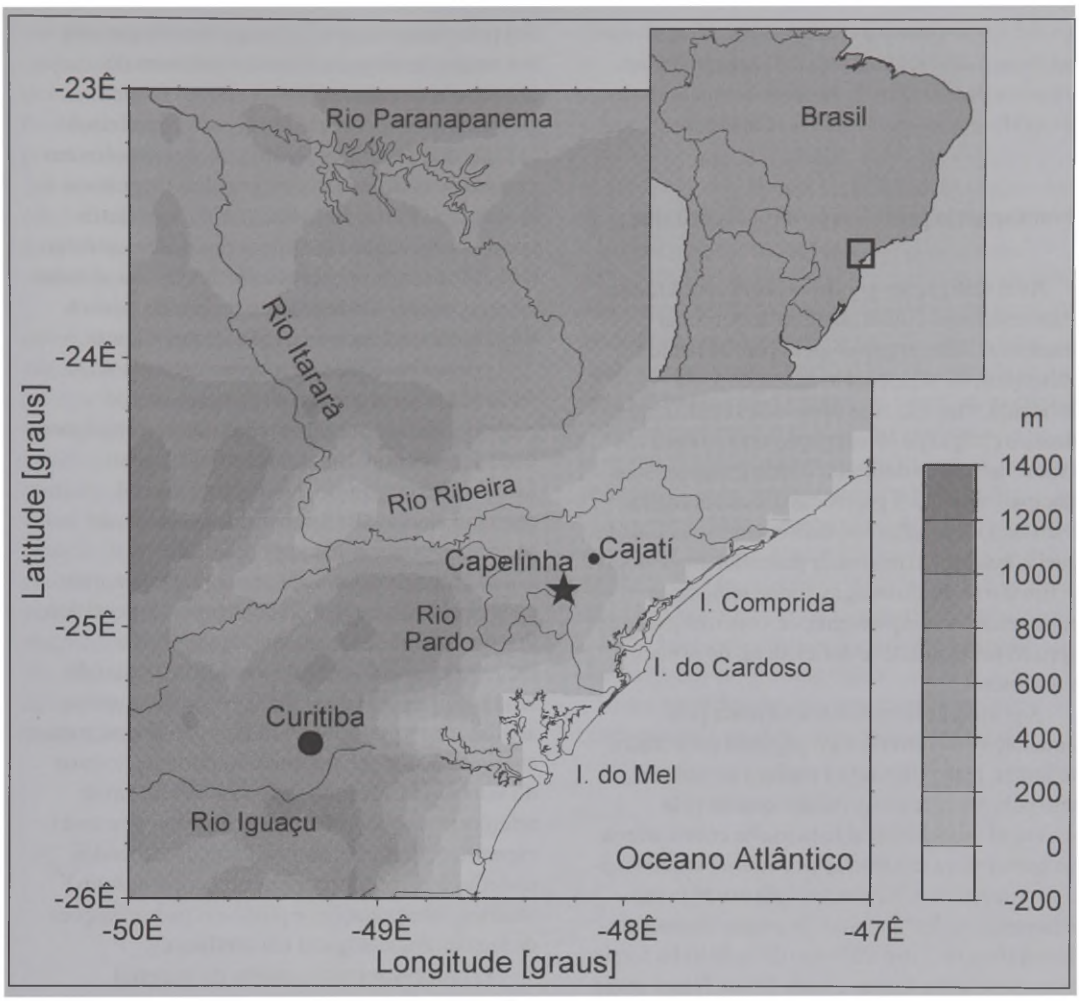

Fig. 1 – Mapa de localização do sítio arqueológico Capelinha, que se encontra no município de Cajati (São Paulo, Brasil). A estrela indica a localização do sítio.

como forma de sepultamentos, artefatos em ossos, dentes, conchas e líticos mostram grande afinidade desses sítios com os sítios costeiros, de modo que são concebidos como testemunhos da entrada de grupos do litoral, rio adentro (Barreto 1988).

Entretanto, o único sítio deste tipo com datações é o sítio Capelinha, que apresentou idades ao redor de 10.000 anos AP (Collet e Loebl 1988). Essas datações foram contestadas por Barreto (1988), pela falta de contexto apresentada pelos autores. Porém, ao retomarmos as pesquisas neste sítio, obtivemos três idades próximas para amostras de carvões, conchas e ossos humanos (entre 9.000 e 8.000 anos AP). Apesar desta antigüidade, a presença de alguns vestígios de animais marinhos ainda sugere contatos (eventualmente sua origem) dos habitantes de Capelinha com os sítios costeiros do tipo sambaqui. Entretanto, tais sítios estariam hoje submersos, já que a linha da costa há 9000 anos estava a cerca de 30m abaixo da linha atual (Clapperton 1990).

Capelinha é um sítio arqueológico único no contexto regional, apresentando vestígios de três ocupações pré-coloniais conhecidas do Vale do Ribeira. A mais antiga é a dos sambaquieiros, sendo a seguinte testemunhada pela presença de restos líticos dos caçadores-coletores da Tradição Umbu, provavelmente mais recentes, com cerca de 1200

anos AP. Os traços mais recentes são os fragmentos de cerâmica dos horticultores da Tradição Itararé, com cerca de 600 anos. Estas duas últimas ocupações ainda não foram datadas no Capelinha.

Levantamento geofísico no sítio Capelinha

As investigações geofísicas aqui apresentadas foram realizadas com o objetivo de delimitar e caracterizar sítios arqueológicos parcialmente conhecidos, ou seja, cuja localização fosse conhecida, mas não suas dimensões e estruturas. O primeiro estágio de investigação teve o objetivo bastante amplo de delimitar o sítio e mapear suas principais anomalias geofísicas. Essas anomalias foram então analisadas e posteriormente selecionadas aquelas que teriam um maior potencial arqueológico. Em um segundo estágio, foram realizados levantamentos complementares, com o objetivo de suprir as necessidades e deficiências do primeiro levantamento.

A primeira etapa foi caracterizada pela demarcação do terreno com piquetes conectados por linhas, materializando a malha a ser utilizada tanto pela prospecção geofísica quanto pela escavação arqueológica. Esta malha cobriu a área que apresentava evidências de material arqueológico em superfície e foi extrapolada por toda sua vizinhança. As linhas foram dispostas com separação máxima de 2 m e ao longo de cada linha foram feitas marcações físicas a cada 0,5 m. Nessa etapa procedeu-se à limpeza do terreno, removendo objetos que impediam a movimentação de pessoas e, especialmente, objetos de ferro que poderiam causar interferências nos levantamentos magnéticos. Pelo menos, 30 kg de objetos de ferro entre peças, canos e latas foram encontrados visualmente.

As medições geofísicas foram realizadas ao longo das linhas. O espaçamento entre cada ponto de medida variou dependendo do método a ser empregado, sendo as medidas de magnetometria espassadas de 1 m e as de GPR espassadas de 0,25 m (considerando antena de 200 MHz).

Na segunda etapa, a malha inicial foi ampliada para que fossem investigadas as áreas adjacentes às anomalias que se encontravam nas bordas do primeiro levantamento, visando a continuidade dessas anomalias. Nessa mesma etapa foram retirados materiais metálicos que se encontravam em sub-superfície e que somente foram identificados pelas fortes anomalias magnéticas impressas nos mapas de magnetometria, resultantes do primeiro levantamento. Esses objetos foram retirados do solo e os perfis magnéticos refeitos.

Os dados obtidos foram pré-processados em campo, gerando mapas de anomalias magnéticas e seções de GPR (radargramas). Esses produtos permitiram avaliar a qualidade dos dados, orientar trabalhos complementares sobre feições localizadas ou recomendar a extensão da malha, de modo a traçar a continuidade de feições arqueológicas.

A escolha dos locais a serem escavados foi realizada pelos arqueólogos participantes do projeto com base nos resultados das investigações geofísicas. Foram determinadas feições mais favoráveis à escavação, tais como: material queimado (anomalia magnética), estruturas de escavação/preenchimento (GPR) etc..

A etapa de escavação arqueológica ocorreu após o primeiro estágio do levantamento geofísico. Posteriormente, levantamentos geofísicos e escavações arqueológicas foram se intercalando. Esta possibilidade de realizar escavações após a análise e interpretação dos dados geofísicos, para a averiguação desses, foi muito importante no caso do sambaqui Capelinha pelo fato de não haver referências bibliográficas para este tipo de estudo específico. Portanto, os estudos aqui realizados poderão servir como parâmetro para as futuras análises, interpretações e possíveis padronizações de feições arqueológicas em sambaquis.

O processamento e análise do material coletado nas escavações, por adotarem procedimentos científicos rigorosos, são normalmente demorados. Portanto, espera-se com o auxílio da aplicação de métodos geofísicos diminuir o volume de material coletado em uma escavação, priorizando os alvos arqueológicos a serem escavados, reduzindo o tempo e os custos das escavações.

As escavações arqueológicas foram conduzidas pelos arqueólogos e alunos do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE/USP).

Processamento dos dados e apresentação dos resultados

Inicialmente, apresentamos exemplos esquemáticos de corpos magnetizados nas três principais direções de magnetização e como essas

direções se refletem no mapa de anomalias magnéticas e no mapa do gradiente horizontal dessas mesmas anomalias. Pretendemos, assim, facilitar o entendimento dos mapas resultantes do processamento de dados magnéticos. Vale ressaltar que esses mapas nos proporcionam uma localização bidimensional das anomalias, ou seja, nos eixos x e y. A questão da profundidade não é resolvida com este tipo de processamento.

Os corpos magnetizados apresentam dois pólos, norte e sul. Quando esses corpos, em subsuperfície, se encontram com a magnetização na posição horizontal, o que vemos no mapa de anomalias magnéticas é um par de anomalias, uma positiva e outra negativa. Este par de anomalias corresponde aos dois pólos de um único corpo, como mostra a Fig. 2a. Nesta figura, a seta indica a direção de magnetização e as linhas de contorno, em cinza e preto, indicam as anomalias negativas e positivas, respectivamente. Se a direção de magnetização está inclinada, como indicado na Fig. 2b, será também representada por um par de anomalias, porém o pólo que estiver mais próximo à superfície aparecerá com o contorno maior no mapa do que o pólo que se encontra mais afastado da superfície. Quando a magnetização tem direção vertical, apenas veremos representado no mapa o pólo que estiver mais próximo à superfície (Fig. 2c). As superfícies representadas pelos pares de anomalias ou anomalias isoladas são bem maiores do que as dimensões do corpo magnetizado. Portanto, para sabermos onde temos a maior probabilidade de encontrar estes corpos, calculamos o módulo do gradiente horizontal das anomalias magnéticas. O módulo do gradiente pode ser considerado como valor máximo da densidade das linhas de contorno. O centro do corpo magnetizado se encontrará onde o módulo do gradiente for maior, como mostram as Figs. 2d, 2e e 2f, ou seja, onde se encontra a maior densidade de linhas.

Neste trabalho, a aquisição de dados magnéticos foi efetuada por duas unidades de magnetômetros de precessão de prótons (GSM19, GEM Systems), um operando como estação móvel e o outro como estação base para corrigir o efeito da variação diurna do campo geomagnético.

As medidas obtidas em campo não são diretamente representadas pelas anomalias

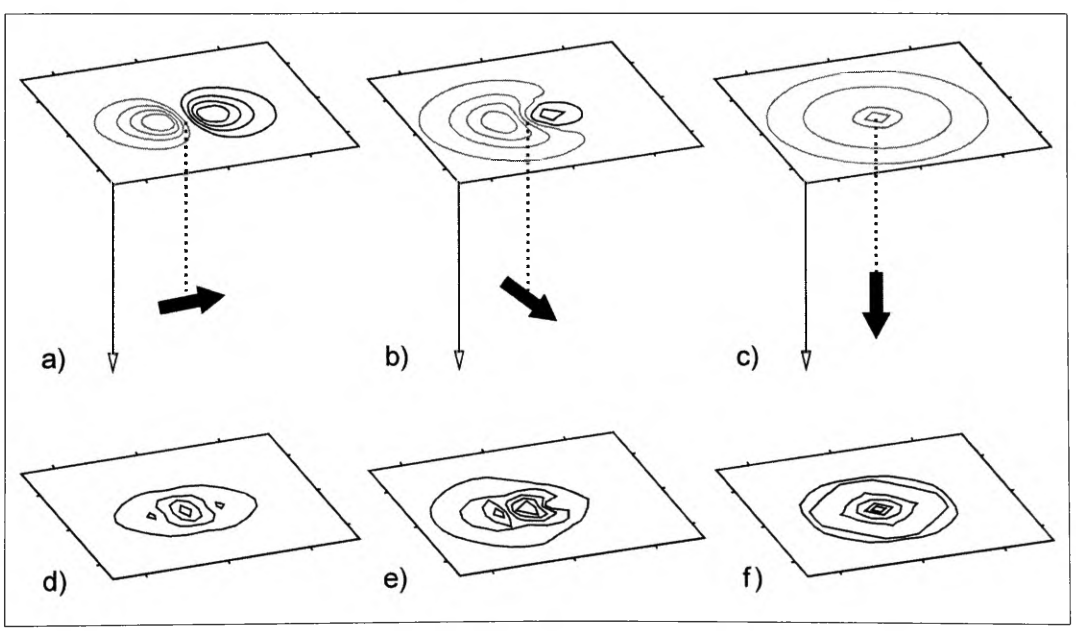

Fig. 2 – Esquema representando anomalias magnéticas de corpos com magnetização em três principais direções e os módulos dos gradientes horizontais correspondentes. a) Anomalia magnética correspondente a um corpo com magnetização horizontal em sub-superfície. b) Como 2a, porém com magnetização inclinada. c) Como 2a, porém com magnetização vertical. d), e), f) Módulos dos gradientes horizontais das anomalias das figuras 2a, 2b e 2c respectivamente.

como valores positivos e negativos, pois a superposição do valor do campo magnético da Terra é muito maior. Por isto, subtraímos de cada medida o valor médio de todas as medidas. Esta operação não altera as amplitudes relativas, mas elimina a parte constante e comum de todas as medidas e permite representá-las como anomalias positivas e negativas.

A malha utilizada para a aquisição de dados não foi uniforme em todo sítio. Para fins de apresentação gráfica dos resultados foi criada uma nova malha, menor que a malha utilizada em campo e com espaçamento uniforme de 0,2 m. Para isto utilizamos o algorítimo do "vizinho mais próximo" (nearest-neighbor). Este algorítimo utiliza a média ponderada das medidas próximas ao novo ponto da malha. A extrapolação do algorítmo é impedida porque a média ponderada só é computada quando todos os setores de um círculo, com centro no novo ponto, contêm valores.

A malha menor, tal como o uso das medidas locais ponderadas pelos valores mais próximos, suaviza a imagem. Com isto, se cria uma imagem mais agradável dos dados brutos, e sem perda da informação robusta.

Os mapas das anomalias magnéticas foram gerados após o processamento dos dados. A Fig. 3 mostra as anomalias magnéticas obtidas para o sítio Capelinha. As anomalias positivas estão representadas pelos tons quentes (vermelho) e as negativas pelos tons frios (azul). Os locais onde as medidas foram tomadas estão indicados com pequenos pontos pretos. Isto possibilita identificar as regiões de maior confiança na interpretação dos mapas. As anomalias com grandes amplitudes estão apresentadas com as cores saturadas para melhorar a visualização das anomalias com menores amplitudes e geralmente de importante potencial arqueológico. Os valores extremos são maiores que os valores representados na escala das Figs. 3 e 4.

Na Fig. 3, em x = 36 m e y = 16 m, se observa claramente o exemplo de uma anomalia positiva bem próxima de uma anomalia negativa. Este par de anomalias provavelmente é causado por um só corpo, com a direção principal de

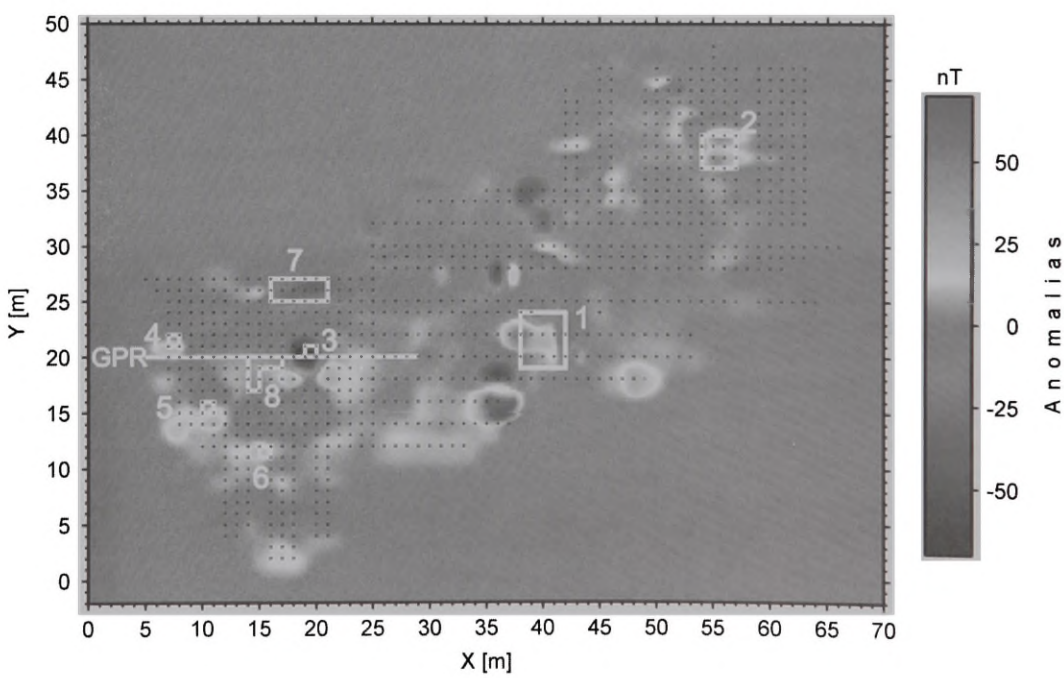

Fig. 3 – Mapa de contorno das anomalias magnéticas. Os pontos pretos indicam onde as medidas foram realizadas. Os polígonos de número 2, 3, 4, 6, 7 e 8 indicam áreas que foram escavadas, os demais ressaltam estruturas que são referidas no texto. Os tons de vermelho representam as anomalias magnéticas positivas e os azuis, as negativas.

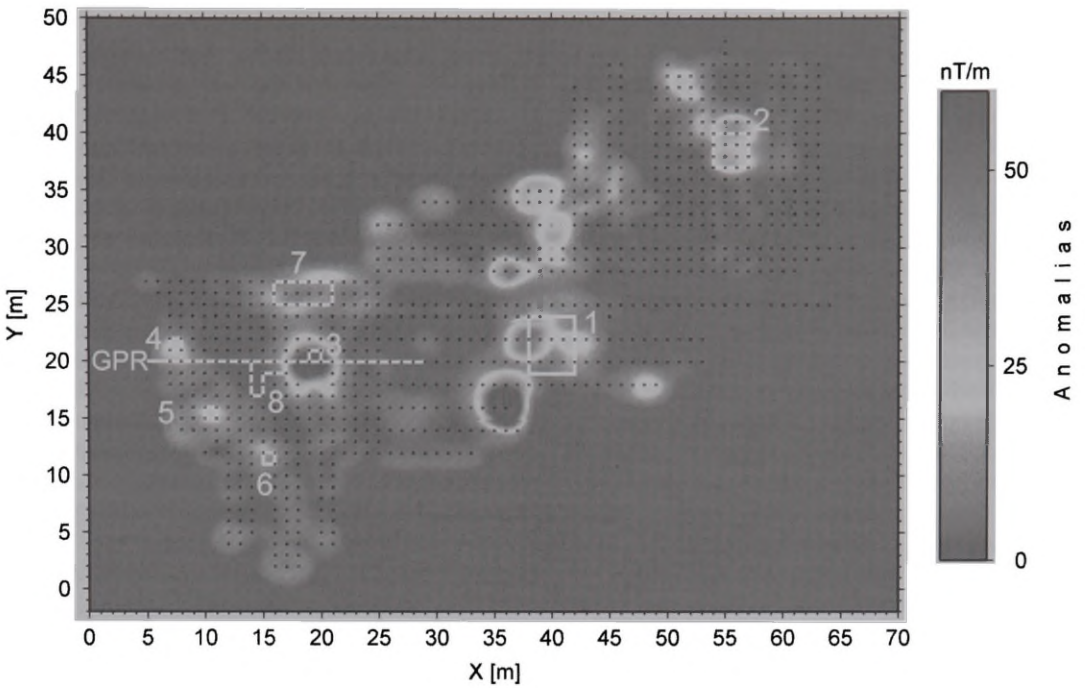

Fig. 4 – Mapa de contorno do módulo do gradiente horizontal das anomalias magnéticas da Fig. 3.

magnetização horizontal. Neste caso, o corpo se encontra onde o gradiente ou a derivada horizontal da anomalia for maior. Por isto, também é apresentado o gradiente horizontal das anomalias magnéticas (Fig. 4). No caso deste exemplo, a anomalia não apresentava um forte potencial arqueológico, tratando-se de um material mais recente, pois encontrava-se muito próxima aos escombros de uma antiga casa, identificada pelo polígono de número 1, assinalado nos mapas magnéticos.

O polígono de número 2 assinala uma anomalia magnética coincidente com um baixo topográfico. Inicialmente foi levantada a possibilidade de este local estar associado a uma casa subterrânea, porém esta hipótese não foi confirmada após as escavações.

A forte anomalia magnética localizada no polígono de número 3 foi causada pela presença de material de ferro residual, que somente foi localizado pelo levantamento magnético, já que se encontrava em sub-superfície. As anomalias magnéticas representadas pelos polígonos 4, 5 e 6 são coincidentes com o limite basal do sambaqui, na sua porção W-SW. Devido a esta localização peculiar, levantou-se a hipótese de que essas anomalias estivessem intimamente ligadas à construção do sambaqui.

Uma anomalia bem mais discreta, porém de grande importância, está assinalada pelo polígono de número 7, que após ser escavada, nos revelou uma paleofogueira bem estruturada. As demais anomalias magnéticas que aparecem no mapa não foram assinaladas por se tratarem de interferências culturais, visivelmente perceptíveis em campo e, sendo assim, não apresentavam nenhum potencial arqueológico.

Nota-se que a Fig. 4 mostra aumentos do gradiente nas margens da malha. Isto é causado pelo fato que não permitimos uma extrapolação para regiões onde não temos controle do campo magnético, pela ausência de medidas.

Os dados de GPR foram adquiridos com o sistema GEORADAR (RAMAC, MALA), com antenas de 200 MHz. As séries temporais foram transformadas para profundidade utilizando o valor de velocidade v = 0,07 m/ns e utilizou-se um filtro de passa banda com platô entre 35 e 245 Hz. A linha nas Figs. 3 e 4 mostra a localização do perfil de GPR.

A Fig. 5 nos mostra os resultados obtidos após o processamento dos dados de georadar. Os horizontes em preto representam os refletores das ondas eletromagnéticas do GPR. A primeira linha em preto é típica de perfis de GPR e não tem significado geológico, sendo apenas a identificação da chegada da onda aérea (onda que viaja diretamente do transmissor ao receptor do GPR). A segunda linha, em torno de 0,5 m de profundidade, apresenta-se contínua em sua maior parte, sendo interrompida no intervalo compreendido entre as distâncias de 14 e 18 m, que nas Figs. 3 e 4 correspondem ao polígono nº 8. Este trecho é caracterizado pela ausência de refletores. Entre o metro 18 e o metro 20, observa-se claramente que o refletor apresenta-se inclinado. Exatamente onde se observam essas ausências de refletores é onde o perfil de GPR passa sobre uma espessa camada de conchas que compõem o sambaqui. A profundidade atingida pelo refletor inclinado é claramente visível até 1,25 m, coincidindo perfeitamente com a espessura do sambaqui neste setor, que varia entre 1 m e 1,5 m. Esta inclinação do refletor sugere, então, uma estrutura de escavação/preenchimento (natural ou antrópica) que serve de base para o acúmulo de conchas.

Análise e discussão dos resultados

Os primeiros resultados obtidos com a aplicação de métodos geofísicos no sítio arqueológico Capelinha foram bastante satisfatórios. As anomalias apresentadas nos levantamentos de magnetometria e GPR proporcionaram bons resultados.

A experiência nos mostrou a importância de se fazer a limpeza prévia do terreno, retirando todo tipo de material metálico que pudesse ser localizado visualmente, para que a área fique livre de interferências magnéticas. Estas interferências podem prejudicar completamente o levantamento magnético, pois as anomalias resultantes destes materiais, tais como latas, cercas, canos de ferro e ferro residual em geral, possuem valores muito altos, da ordem de 1000 nT, quando comparados com as anomalias resultantes de alvos arqueológicos, que são da ordem de 5 a 100 nT. Conseqüentemente, valores tão altos podem mascarar anomalias com potencial arqueológico.

Originalmente, no primeiro levantamento magnético realizado, foi detectada a presença de

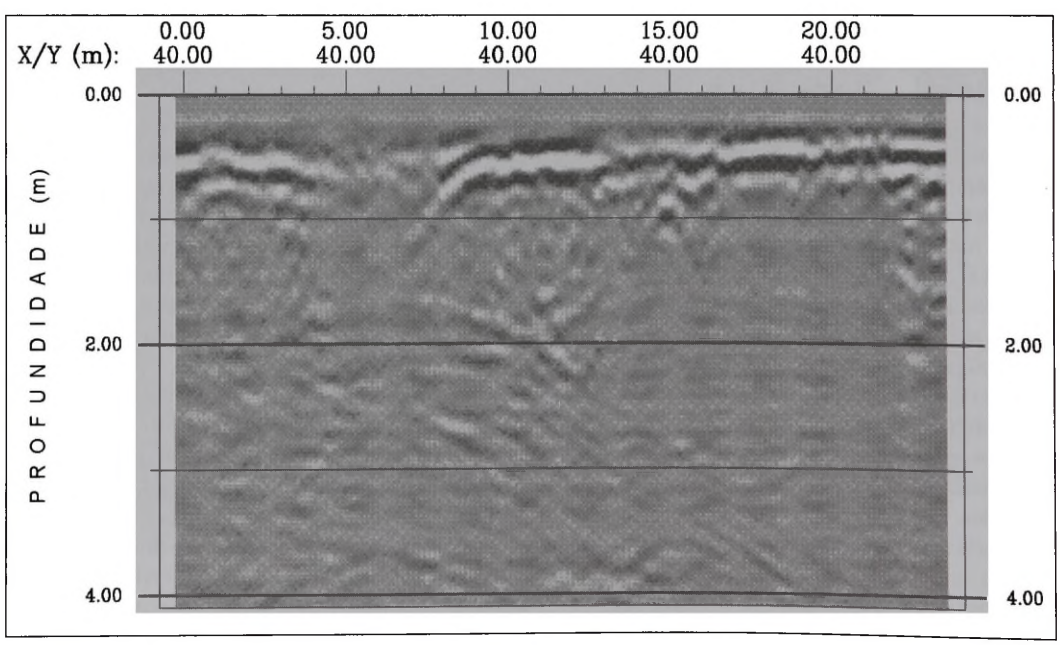

Fig. 5 – Radargrama. Perfil de GPR realizado com antena de 200 MHz, cuja posição em campo está assinalada nas Figs. 3 e 4 em y = 20 m.

uma forte anomalia associada a material metálico parcialmente enterrado, que foi então retirado e o levantamento refeito. Após o novo processamento notou-se que se repetia, no mesmo local, uma forte anomalia indicando que ainda havia a presença de material metálico, que desta vez não estava visível em superfície. A localização desses objetos residuais de ferro em sub-superfície foi pontual. Esse material está representado pela forte anomalia presente no mapa de contorno da Fig. 3, polígono nº 3. A Fig. 6 mostra o local escavado correspondente a essa anomalia magnética. Entre os objetos, foram encontrados restos de ferramentas e antigos materiais utilizados na construção civil (Fig. 7).

Um resultado muito importante decorrente da magnetometria (polígono nº7, Fig. 3) foi a localização de uma paleofogueira muito bem estruturada como mostra a Fig. 8. Essa paleofogueira estava a 20 cm da superfície, com aproximadamente 40 cm de largura e 2 m de comprimento. A detecção dessa paleofogueira foi possível devido a sua magnetização remanescente. Este tipo de magnetização é causada pelo campo magnético terrestre congelado nos minerais ferro-magnéticos presentes nos fragmentos de rocha que compunham a fogueira durante a queima. A importância da localização de uma paleofogueira para a arqueologia é muito grande. Em torno do fogo, muitos fatos importantes aconteciam, desde os cotidianos como

Fig. 6 – Local onde foi detectada a presença de material de ferro em sub-superfície.

Fig. 7 – Exemplos do material de ferro residual encontrado na Fig. 6, anteriormente utilizado na construção civil.

o cozimento de alimentos até fatos extraordinários como os rituais. Através das evidências deixadas em decorrência desses acontecimentos, como por exemplo restos alimentares, utensílios, adornos etc., podem ser estabelecidos parâmetros que permitem uma abordagem das características funcionais da sociedade ali assentada e uma estimativa da duração do assentamento.

(polígonos 4, 5 e 6), foram realizadas sondagens nos polígonos 4 e 6. No polígono 4 foi constatado que o pacote de conchas era pouco espesso e não foi observada nenhuma particularidade. Porém a sondagem realizada no polígono 6 constatou que a camada de conchas tinha cerca de 1 m de espessura e, em sua metade inferior, observaram-se grandes seixos de rochas do tipo basalto/diabásio

Fig. 8 – Paleofogueira localizada pelo levantamento magnético (polígono nº 7, Fig. 3) a 20 cm da superfície, com dimensões de 2 m de comprimento por 40 cm de largura.

Associados a essa paleofogueira foram encontrados diversos vestígios arqueológicos como artefatos confeccionados com dentes de animais, pontas de projéteis relativos a Tradição Umbu, lascas e estilhas, restos ósseos de diferentes vertebrados e fragmentos de cerâmica da Tradição Itararé.

A anomalia magnética assinalada pelo polígono de número 2, que coincide com um baixo topográfico, foi posteriormente escavada. O local apresentava grandes quantidades de material lítico associado à Tradição Umbu, mas nenhuma evidência arqueológica que pudesse ser associada a uma casa subterrânea, sendo esta hipótese descartada.

Em relação às três anomalias magnéticas coincidentes com o limite basal do sambaqui no contato da camada de conchas com a terra. Aparentemente, essas pedras foram dispostas de modo a escorar o acúmulo de carapaças inteiras de *megalobulimus*, mas pouca área do sambaqui foi escavada para sustentar esta hipótese.

O resultado mais importante do método de GPR foi a evidência de uma estrutura de escavação/preenchimento que pode ser notada na Fig. 5. Exatamente onde nota-se a ausência dos refletores é onde o perfil de GPR passa sobre a maior espessura de conchas que compõem o sambaqui. A inclinação do refletor sugere uma estrutura de escavação/preenchimento (natural ou antrópica) que serve de base para o acúmulo de conchas. Para conhecer qual o processo que originou essa

estrutura será necessário que ela seja escavada e então observada e investigada. Se ela for concordante com a topografia, provavelmente deve ter origem num processo de ravinamento e se for discordante da topografia, sugere que tenha sido escavada com fins próprios para a construção do sambaqui. Caso a segunda hipótese se confirme, teremos um importante elemento para respaldar a teoria de construção intencional dos sambaquis.

Juntamente com os levantamentos magnético e GPR foi realizado um levantamento de espectrometria gama. O método de espectrometria gama, cujos resultados não serão apresentados neste artigo, foi o responsável pela delimitação do sítio, pois os sambaquis fluviais se apresentam bastante discretos na topografia dificultando sua delimitação visual. Permitiu também a identificação dos locais de maior espessura do sambaqui, onde foi encontrado o primeiro sepultamento (polígono nº 8, Figs. 3 e 4) e indicar bolsões de conchas que não estavam fisicamente ligados a este. Posteriormente, um desses bolsões foi escavado pela equipe de arqueólogos do MAE/USP e nele um segundo sepultamento foi encontrado. Isto mostra que os métodos geofísicos podem ser uma ferramenta eficiente na arqueologia.

Conclusões

Nossa experiência no sambaqui Capelinha mostrou a importância de se usar a magnetometria para localizar materiais de ferro residuais, que podem estar em sub-superfície e, conseqüentemente, não ser visíveis durante a limpeza prévia do terreno. Esses objetos chegam a gerar anomalias de até 1000 nT, que impedem o reconhecimento de anomalias geradas por material arqueológico, cuja magnitude é menor que 100 nT. Caso existam, tais objetos devem ser removidos e o levantamento magnético refeito, pois a eficácia dos resultados depende diretamente da qualidade dos dados.

A paleofogueira encontrada através do levantamento magnético, até o presente momento, é única em todo o sítio A localização de uma paleofogueira é uma importante chave para a interpretação de sítios arqueológicos, porque ela reúne em seu entorno diversos tipos de artefatos, restos alimentares etc... que são evidências das características e costumes da população que ali existiu.

A estrutura de escavação/preenchimento identificada pelo levantamento de GPR é um importante elemento para a interpretação deste sítio. Caso seja confirmado que a estrutura é resultado de uma ação antrópica, servirá para reforçar a hipótese da construção intencional dos sambaquis.

Os dois únicos sepultamentos encontrados até o presente momento, no sambaqui Capelinha, foram resultados de escavações arqueológicas em pontos sugeridos pelos resultados das investigações geofísicas.

O trabalho demonstrou a importância da aplicação dos métodos geofísicos em sítios arqueológicos, já que esses possibilitam a identificação dos alvos mais promissores para a escavação. Além disso, a localização desses alvos tem grandes implicações, entre elas, permitir que o tempo de escavação do sítio seja reduzido. Isto implica diretamente na redução dos custos da pesquisa e na preservação do sítio, evitando que o mesmo fique exposto à superfícies de erosão, oxidação e vandalismo, além de reduzir a quantidade de material coletado. Tudo isto contribui para uma gestão do patrimônio arqueológico mais eficaz.

Os resultados destes levantamentos geofísicos possibilitaram que, ao final das investigações, tivéssemos o sítio arqueológico delimitado e seus alvos mais promissores a escavação identificados.

Agradecimentos

A M. Schimmel pelas importantes contribuições e grande incentivo e a C. Mendonça, por apoiar minhas idéias dentro desta linha de pesquisa. A todos os alunos de arqueologia e geofísica que participaram dos trabalhos de campo. A realização deste trabalho foi possível devido ao financiamento da FAPESP (Projeto de Doutorado nº 99/12441-2/ Temático 1999/12684-2).

BRITO-SCHIMMEL, P., PORSANI, J.L., FIGUTI, L., DeBLASIS, P. Aplicação de métodos geofísicos em Arqueologia: primeiros resultados obtidos no sambaqui fluvial Capelinha, Cajati-SP, Brasil. *Rev. do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, *12*: 43-54, 2002.

BRITO-SCHIMMEL, P., PORSANI, J.L., FIGUTI, L., DeBLASIS, P. Geophysical methods applied in Archaeology: first results from Capelinha fluvial sambaqui, Cajati-SP, Brazil. *Rev. do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, *12*: 43-54, 2002.

ABSTRACT: The increasing application of geophysical methods in archaeological prospecting is due to the need of efficient and non-destructive investigations. This work shows how geophysical prospecting could aid archaeological investigations in the Capelinha site, located at Cajati (São Paulo, Brazil). This site is a fluvial sambaqui with a very discreet surface topography response. Magnetometry and georadar (GPR) were used to identify the main archaeological targets. An important result is the localization of a paleobonfire that, at the moment, is unique at the site, with arrow heads, bones, among other materials associated and an excavation-fill structure.

UNITERMS: Geophysical methods – Magnetometry – Georadar – Archaeological survey – Shellmounds.

Referências bibliográficas

ALBERTO, J.J.A.; HIODO, F.Y.; ROCHA, E.B.; MENDONÇA, C.A.; PORSANI, J.L.; BRITO, P.M.A.
2000 Geophysical prospecting technique to deline fluvial prehistoric shell deposits (sambaqui) in archaeological site of Miracatu-SP: 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, August 6-7, A3-2.

BARRETO, C.N.G.B.
1988 A ocupação pré-colonial do vale do Ribeira de Iguape, SP: os sítios concheiros do médio curso. Dissertação de Mestrado, FFLCH-USP.

BRITO, P.M.A.; MENDONÇA, C.A.; PORSANI, J.L.
1999 Investigações geofísicas no Sambaqui Capelinha, Cajati-SP. X Reunião Científica da Sociedade de Arqueologia Brasileira, 19 a 24 setembro de 1999, Recife, PE.

CLAPPERTON, C.M.
1990 Quaternary glaciations in the Southern Hemisphere. *Quaternary Science.Reviews, 9* (2-3): 121-304.

COLLET, G.C.; LOEBL, E.
1988 Informações sobre os sambaquis fluviais do Estado de São Paulo. *Anuário de Staden* (Estudos Brasileiros), *36*. Fundação Martius (Inst. Hans Staden), São Paulo.

FIGUTI, L.; MENDONÇA, C.A.; De BLASIS, P.
2000 A aplicação de métodos geofísicos nos sambaquis fluviais do Vale do Ribeira de Iguape, São Paulo, Brasil: II Reunião de Teoria Arqueológica da América do Sul.

FIGUTI, L.; MENDONÇA, C.A.
2001 Geophysical and archaeological investigations of an inland Brazilian shellmound. Poster in: De Blasis, P. & Gaspar, M.D. Settlement evolution and site formation patterns among the Sambaqui Moundbuilders from southern Brazil. Poster symposium at the 66th Annual Meeting of the Society for American Archaeology. New Orleans, April 18-22.

GASPAR, M.D.
1998 Considerations of the sambaquis of the Brazilian coast. *Antiquity, 72* (277): 592-615 SEP.

GASPAR, M.D.; De BLASIS, P.
1992 Construção de sambaquis. *Anais da VI Reunião Científica da Sociedade de Arqueologia Brasileira*, Rio de Janeiro, 2: 811-820.

PROUS, A.
1992 *Arqueologia Brasileira*. Brasília: Universidade de Brasília Editores.

ROOSEVELT, A.C.
1989 Resource management in Amazonia before the conquest. *Advances in Economic Botany, 7*: 30-62.
1991 *Moundbuilders of the Amazon: Geophysical archaeology on Marajó Island, Brazil*. San Diego: Academic Press.

Recebido para publicação em 5 de junho de 2002.