



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO**

KAMILLA FONTINELE CAMARÃO DUARTE

**MEDIDAS ELÉTRICAS NO SÍTIO ARQUEOLÓGICO**

**AP-MA-05**

MACAPÁ

2015

KAMILLA FONTINELE CAMARÃO DUARTE

## **MEDIDAS ELÉTRICAS NO SÍTIO ARQUEOLÓGICO**

**AP-MA-05**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao corpo docente do Curso de Licenciatura em Física – UNIFAP, como requisito parcial para obtenção da Graduação de Licenciatura em Física, orientado pelo professor Dr. Helyelson Paredes Moura.

MACAPÁ

2015

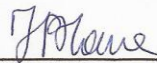
# MEDIDAS ELÉTRICAS NO SÍTIO ARQUEOLÓGICO

AP-MA-05

por

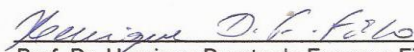
KAMILLA FONTINELE CAMARÃO DUARTE

Macapá, 15 de Janeiro de 2015.



---

Prof. Dr. Helyelson Paredes Moura  
Orientador



---

Prof. Dr. Henrique Duarte da Fonseca Filho  
Membro da banca



---

Prof. Dr. José Reinaldo Cardoso Nery  
Membro da banca

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá**

551

D812m Duarte, Kamilla Fontinele Camarão.

Medidas elétricas no sítio arqueológico AP-MA-05 / Kamilla Fontinele Camarão Duarte; orientador, Helyelson Paredes Moura. -- Macapá, 2015.

30 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –  
Fundação Universidade Federal do Amapá, Coordenação do  
Curso de Licenciatura em Física.

1. Eletrorresistividade. 2. Imageamento elétrico. 3. Alvos  
arqueológicos. I. Moura, Helyelson Paredes, (orient.). II.  
Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à engrenagem que move o universo, pois ela me proporcionou este momento ímpar em minha vida.

Aos meus pais José Nilson de Souza e Klingerly de Souza, pela maravilhosa vida proporcionada. Pelos ensinamentos, pela educação, pelo carinho e amor incondicionais e principalmente pelo incentivo aos estudos. Ao meu pai Denilson Camarão (em memória) pelo amor e admiração dedicados por toda sua vida a mim.

Aos meus amados avós: Sebastião Serrão (em memória), Lindomar Serrão, Francisco Camarão (em memória) e Josefa Camarão por tanto amor, carinho, dedicação, admiração e puxões de orelha.

Aos meus irmãos: Amanda Fontinele e Lucas Fontinele pela infância maravilhosa! Por tudo o que já lutamos juntos, por todas as vitórias e principalmente pela vida inteira que ainda vamos compartilhar. Agradeço também aos queridos Thaís Camarão, Gabriel Camarão e Marcelo Camarão, pelo carinho.

Aos meus queridos tios: Klinger Fontinele, Delcilene Camarão, Delma Camarão, Delson Camarão, Dilson Camarão e Delcival Camarão pelo carinho, incentivo, apoio e bons conselhos.

Aos meus primos: Leonardo Fontinele, Ana Carolina Camarão, Ana Beatriz Camarão, Felipe Camarão, João Pedro Camarão, Miguel Camarão, Kayo Camarão e Juliana Camarão pelo carinho.

Ao meu amado esposo Ítalo Duarte, por todo o amor e apoio incondicionais em todos os momentos.

À família que escolhi ter e que fazem jus a tal designação: Aline Silveira, Amanda Silveira, Raíza Souto, Juliana Souza, Jeannyne Maciel, Fábio Dias, Brendo David, Everton Castro, Ian Milhomen, Flávio Rangel, Jhoanes Nascimento, Karolina Távora e Tadeu Almeida, pela incrível dádiva de conhecê-los e de dividir momentos únicos com vocês.

Aos professores: Dr. Robert Zamora, Dr. Yoni González, Dr. Rafael Martinez, Dr. Juan Bulnes, Dr. Victor Montero, Dr. Henrique Duarte, Dr. Rafael Nardi, Dr. Nilson

dos Santos, Maria Zenaide de Araújo e Robert Matos por todo ensinamento compartilhado durante todo o curso.

Ao meu orientador Helyelson Paredes Moura, por me acompanhar desde o segundo semestre do curso até agora. Por acreditar no meu esforço e trabalho. Muito obrigada!

## RESUMO

Neste trabalho, ensaios geofísicos pelo método de eletrorresistividade através da técnica de imageamento elétrico foram executados no Sítio Arqueológico AP-MA-05: Campus Universitário da Unifap, na identificação dos locais mais apropriados para os trabalhos de escavações arqueológicas. As medidas de resistividade elétrica aparente, analisadas na forma de mapas de níveis de profundidade, mostraram resultados promissores na delimitação de duas áreas para os trabalhos de escavação arqueológica e na indicação de novas áreas para investigação. Estes resultados evidenciaram anomalias resistivas e condutivas, que foram testadas através de escavações, as quais estão relacionadas às feições arqueológicas do tipo fragmentos de rochas lateríticas sobrepostos a vasilhas cerâmicas.

Palavras – chave: Eletrorresistividade, Imageamento Elétrico, Alvos Arqueológicos.

## **ABSTRACT**

In this paper, geophysical testing by the method of electrical resistivity, using the electrical imaging technique, were executed in Archaeological Site AP-MA-05: Campus of Unifap, aiming to identify the most suitable spots for work of archaeological excavations. Measurements of apparent electrical resistivity, analyzed in the form of maps of depth levels, showed promising results in the delineation of two areas for archaeological excavation work and in indicating new areas for investigation. These results evidenced anomalies both resistive and conductive, with they were also tested through excavations, which are related to archaeological features of fragments of laterite overlying ceramic canisters type.

Keywords: Electrical Resistivity, Electrical Imaging, Archaeological Targets.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Princípio do método da eletrorresistividade.....	17
Figura 2	Esquema de ensaio de campo da técnica do caminhamento elétrico.....	19
Figura 3	Croqui de localização dos perfis de imageamento elétrico no sítio arqueológico AP-MA-05.....	20
Figura 4	Bolsista na montagem do ensaio de caminhamento elétrico.....	20
Figura 5	Vista parcial da área do sítio AP – MA – 05 .....	21
Figura 6	Equipamento utilizado na pesquisa.....	21
Figura 7	Modelo interpretado de resistividade ao longo do perfil 2.....	23
Figura 8	Modelo interpretado de resistividade ao longo do perfil 12.....	23
Figura 9	Escavação realizada sobre a anomalia resistiva do perfil 2 evidenciando a feição arqueológica laterítica L.....	24
Figura 10	Escavação realizada sobre a anomalia condutiva do perfil 12 evidenciando a vasilha cerâmica E.....	25
Figura 11	Mapa de resistividade aparente, arranjo dipolo-dipolo, nível 1.....	26
Figura 12	Mapa de resistividade aparente, arranjo dipolo-dipolo, nível 5.....	27
Figura 13	Feição arqueológica B, do tipo fragmentos lateríticos e vasilha cerâmica.....	27
Figura 14	Feição arqueológica F, do tipo fragmentos lateríticos e vasilha cerâmica.....	28
Figura 15	Feições arqueológicas G, H e I, do tipo fragmentos lateríticos e vasilha cerâmica.....	28

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
2.1. SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS .....	13
2.2. ARQUEOLOGIA NA AMAZÔNIA .....	13
2.3. O MÉTODO DA ELETORRESISTIVIDADE NA ARQUEOLOGIA .....	15
3. METODOLOGIA .....	17
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	23
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	29
REFERÊNCIAS .....	30

## 1 INTRODUÇÃO

A existência de leis de prevenção a impactos ambientais e culturais faz com que projetos de exploração e de utilização de determinadas áreas da União incluam em seu planejamento estudos de impactos ambientais e culturais. Por esse motivo, é comum a solicitação de levantamentos arqueológicos com o objetivo de salvar e resgatar a história e a identidade cultural do local de desenvolvimento de projetos. Esta é uma medida prevista na legislação brasileira (Lei 3.924/61, Resolução CONAMA nº 01/86, Portaria IPHAN nº 07/88) de proteção ao patrimônio arqueológico (ARAGÃO; LUIZ; LOPES, 2005).

A prospecção arqueológica de sítios começa pelo reconhecimento de remanescentes arqueológicos presentes em superfície e do tipo de solo. Com estas informações, o arqueólogo pode delimitar o sítio e começar as escavações. Porém, às vezes não há relação entre o que está na superfície e o que está na subsuperfície (entende-se por subsuperfície as camadas do solo que estão abaixo da superfície e que não podem ser vistas a olho nu), o que pode levar a erros, e a perda de tempo e de custos.

Em março de 1997, a partir da abertura de uma trincheira para locação de cano de uma rede de drenagem, evidenciou-se a existência de um sítio arqueológico na área da Unifap, cadastrado com a sigla AP-MA-05 no Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Na trincheira foram identificadas manchas de terra preta arqueológica (TPA) com fragmentos de material cerâmico. Diante da descoberta a Reitoria da Unifap solicitou ao Setor de Arqueologia do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) que realizasse o salvamento do material arqueológico que havia sido exposto em decorrência das obras. Devido à impossibilidade de demarcar os reais limites da área do Sítio, por não haver evidências superficiais, a equipe de arqueologia do MPEG optou delimitar uma área que abrangesse os locais onde foram encontrados vários fragmentos cerâmicos.

Nesse contexto, os métodos geofísicos de prospecção, cujo objetivo é a investigação de feições de dimensões relativamente pequenas e/ou rasas, de escala local dentro da Terra, atendem à necessidade da arqueologia, pois

satisfazem a necessidade de se ter maior exatidão dos locais para escavações, otimizando o tempo e os custos envolvidos com as etapas de prospecção (LUIZ; PEREIRA, 2005; JANGELME; PORSANI; KIPNIS, 2007). Assim, a finalidade principal desta pesquisa foi aplicar o método de prospecção geofísica eletrorresistividade, no sítio arqueológico AP-MA-5: Campus Universitário da Unifap, através da técnica de imageamento elétrico, utilizando o arranjo de eletrodos do tipo dipolo-dipolo, com o objetivo de subsidiar a equipe de arqueologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA) na identificação dos locais mais apropriados para os trabalhos de escavações.

Este trabalho tem como objetivo específico, identificar o valor médio regional (*background*) de resistividade elétrica na área do sítio AP-MA-05 e determinar o padrão de anomalias de resistividade elétrica de alvos arqueológicos (cavidades e vasilhas cerâmicas).

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS**

Um sítio arqueológico é um local no qual os homens que viveram antes do início de nossa civilização deixaram algum vestígio de suas atividades: uma ferramenta de pedra lascada, uma fogueira na qual assaram sua comida, uma pintura, uma sepultura, a simples marca de seus passos. Os sítios arqueológicos são diferentes segundo o uso que os homens pré-históricos fizeram do local. Cada local pode corresponder a uma função, mas há casos, como as aldeias, onde vários tipos de atividades foram praticadas. Em uma aldeia vive-se, o que significa lugares para dormir, para cozinhar, para descansar, brincar, fabricar armas, utensílios, trabalhar a pedra, o barro para fazer cerâmica, a madeira. Todos esses trabalhos produzem vestígios que caem ao solo e que vão sendo, aos poucos, cobertos por sedimentos. Assim sendo os vestígios mais antigos são os que estão bem no fundo, pois à medida que avança o tempo, novos vestígios caem, novas camadas de sedimento se formam e o sítio vai apresentando uma maior espessura de camadas arqueológicas (FUMDAM, 2006).

Existem várias formas de se perceber que um espaço sofreu a ação humana em algum período da sua existência. Durante a perfuração de um poço ou cava, construção de estradas, edificações de prédios, dentre outras atividades é possível se deparar com um sítio arqueológico (CANTO, 2003).

De acordo com o IPHAN (2014), todos os sítios arqueológicos são definidos e protegidos pela Lei nº 3.924/61, sendo considerados bens patrimoniais da União. O tombamento de bens arqueológicos é feito, excepcionalmente, por interesse científico ou ambiental.

### **2.2 ARQUEOLOGIA NA AMAZÔNIA**

Na Amazônia existem vestígios que indicam atividade de povos pré-históricos desde 10 mil anos a.C. Foram encontrados indícios dos primeiros povos dentro da caverna “Pedra Pintada”, localizada na região de Monte Alegre

próximo ao município de Santarém, no Pará. Eles se alimentavam da coleta de frutas, caça e pesca e eram de pobre expressão cultural (RODRIGUES, 2013).

Com o passar dos anos, os povos que habitavam não só a área de Monte Alegre mas também os demais encontrados no decorrer da bacia amazônica, mostraram um grande avanço em termos culturais, sociais e de manejo do ambiente. As sociedades mais complexas emergiram aproximadamente a 500 anos d.C. levantando a hipótese de que a região da bacia amazônica teria sido um centro de inovação cultural (RODRIGUES, 2013). Estudos mais recentes indicaram a existência de assentamentos humanos grandes e refinados, habitados por algumas milhares de pessoas.

Segundo Alves (1979), a natureza geológica sedimentar da região amazônica, dificulta a obtenção de rochas duras para a fabricação de artefatos resistentes à ação do tempo. O clima úmido e tropical decompõe rapidamente os artefatos obtidos a partir da matéria orgânica. Portanto, a cerâmica é o melhor testemunho dos povos que habitaram esta região.

No que se refere ao estado do Amapá, Estudiosos como Henri Coudreau, Ferreira Penna, Lima Guedes e Emílio Goeldi desvendaram por meio de pesquisas de campo o universo arqueológico do estado do Amapá. Goeldi descobriu algumas peças do chamado Poço Cunani, no ano de 1872. A descoberta do primeiro sítio arqueológico do Estado é atribuída a Ferreira Penna, em 1872, na região do Maracá no município de Mazagão. Entre os anos de 1948 e 1949 os arqueólogos Betty Meggers e Clifford Evans estiveram no Amapá para a primeira prospecção arqueológica extensiva realizada no Estado (RODRIGUES, 2013; SALDANHA; CABRAL, 2010; CABRAL, 2011).

Segundo Rodrigues (2013), várias expedições foram realizadas no estado do Amapá visando salvamentos arqueológicos, como por exemplo: 1871 – expedição Ferreira Penna (Maracá); 1895 – expedição Emílio Goeldi (Rio Cunani); 1948 – expedição Meggers e Evans (Mazagão); 1986 – achados no Pacoval (Macapá); 1988 e 1996 – Maracá (Mazagão); 1997 – Cupixi (Porto Grande); 2000 – Tracajatuba (Ferreira Gomes).

Segundo o IPHAN (2014), são catalogados mais de 70 sítios arqueológicos no estado do Amapá, compreendidos nas áreas: Mazagão, Maracá, Rio Oiapoque, Rio Jari e Calçoene. A maior parte das peças encontradas nesses sítios foi transportada para acervos do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e do Museu Nacional, no Rio de Janeiro (RODRIGUES, 2013).

### 2.3 O MÉTODO DA ELETRORRESISTIVIDADE NA ARQUEOLOGIA

A prospecção de sítios arqueológicos é predominantemente realizada fazendo-se uma vistoria na superfície do terreno e incursões em cavernas, através da constatação da presença de artefatos ou estruturas arqueológicas.

De posse da constatação do sítio, os arqueólogos começam o trabalho de escavações. Porém nem sempre existe uma correspondência da presença dos materiais de superfície com à subsuperfície, o que provoca gasto de recursos e tempo.

Os métodos geofísicos tradicionalmente empregados na prospecção mineral na atualidade são amplamente aplicados no estudo de sítios arqueológicos, na investigação da subsuperfície, no mapeamento de anomalias geofísicas associadas possivelmente a peças (cerâmicas) ou estruturas arqueológicas (piso batido, alicerces de edificações e túneis). Logo, permitem subsidiar os arqueólogos na identificação de locais mais apropriados para os trabalhos de escavações (JANGELME; PORSANI; KIPNIS, 2007; ALVES, 1979; KEAREY; BROOKS; HILL, 2009; MOURA et al. , 2009).

Dentre os métodos geofísicos, o mais usado é o de eletrorresistividade. Neste método, uma fonte artificial de corrente é introduzida no solo por meio de eletrodos pontuais. O potencial gerado por essa emissão de corrente elétrica pode ser medido nas proximidades através de eletrodos de medição. De posse do valor da corrente e dos potenciais gerados, é possível calcular-se as resistividades elétricas do meio.

Na arqueologia deve-se considerar o contraste da resistividade entre a feição arqueológica e a rocha encaixante - visto que a resistividade das rochas depende da quantidade de água contida em seus poros, assim rochas duras e compactas têm alta resistividade, o inverso das rochas porosas (REYNOLDS, 2011).



### 3 METODOLOGIA

O método geofísico empregado nesta pesquisa foi o de eletrorresistividade, devido às características dos materiais arqueológicos inicialmente encontrados pelo MPEG (artefatos cerâmicos sob fragmentos de rochas lateríticas). O contraste entre as resistividades dos materiais enterrados e o meio envolvente, viabiliza a utilização do método como forma de investigação arqueológica (ALVES, 1979).

A aplicação do método requer que uma corrente elétrica contínua seja injetada dentro do subsolo por um par de eletrodos localizados na superfície do terreno, ligado a uma fonte artificial de corrente (bateria). A diferença de potencial é medida na superfície, entre um segundo par de eletrodos ligado a um medidor de voltagem, conforme mostra a Figura 1.

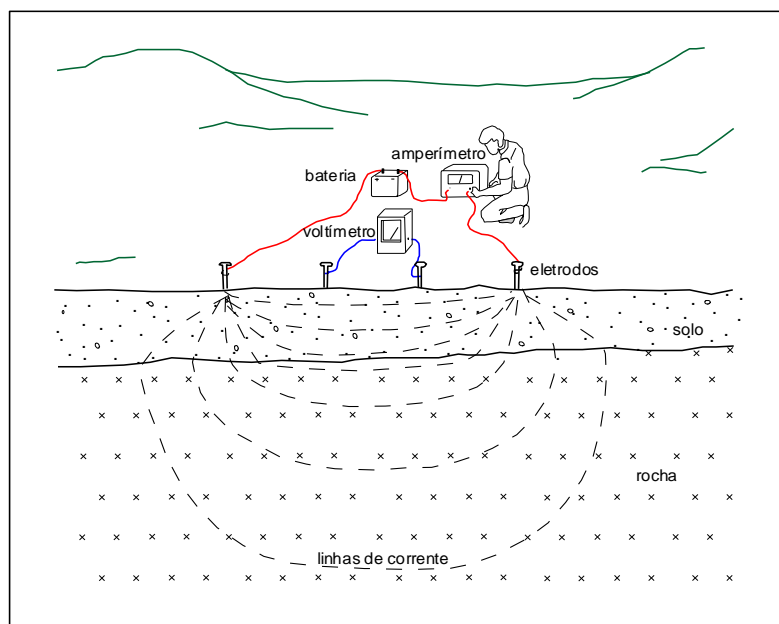


Figura 1 – Princípio do método da eletrorresistividade (do orientador).

Com o conhecimento da intensidade da corrente elétrica transmitida, da diferença de potencial medida e através do conhecimento da geometria de distribuição dos eletrodos de corrente e de potencial, é possível estimar a resistividade elétrica do semi-espaco abaixo da superfície do terreno, a partir dos valores de resistividade aparente  $\rho_a$ , dada pela equação:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (\Omega.m) \quad (1)$$

onde  $K$  é o fator geométrico do arranjo geral do quadripolo  $AMNB$  (KELLER, FRISCHKNECHT, 1977) que depende somente das posições de injeção de corrente e de medida do potencial, dado por:

$$K = 2\pi \cdot \left[ \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right]^{-1} \quad (m) \quad (2)$$

sendo  $AM$ ,  $AN$ ,  $BM$  e  $BN$  as distâncias entre os eletrodos.

Os eletrodos A e B presentes na equação acima, representam os eletrodos de emissão de corrente no solo e os eletrodos M e N, os de medida de potencial. As distâncias entre eles dependem da técnica de campo utilizada, da intensidade da corrente elétrica e do arranjo utilizado na prospecção.

Como na prática os ambientes geológicos não podem ser considerados homogêneos, pois possuem uma sucessão de camadas com diferentes valores de resistividade, a quantidade calculada pela equação (1) é conhecida como resistividade aparente.

Na área do sítio foram realizados ensaios geofísicos utilizando a técnica de imageamento elétrico ou caminhamento elétrico, que consiste em investigações laterais das variações de resistividade elétrica com as profundidades determinadas, efetuadas na superfície do terreno. Obtém-se isso fixando um espaçamento entre os eletrodos (que chamamos de  $a$  e que possui valor igual a 1m) e caminhando com os mesmos ao longo dos perfis efetuando a emissão de corrente elétrica no solo e medindo a diferença de potencial (Figura 2). Para o cálculo do valor da resistividade aparente, (Equação 1), utilizando o arranjo dipolo-dipolo, o fator geométrico  $K$ , é dado por (MOURA, 2002):

$$K_{dd} = 2\pi a \frac{1}{\left(\frac{1}{n} - \frac{2}{n+1} + \frac{1}{n+2}\right)} \quad (3)$$

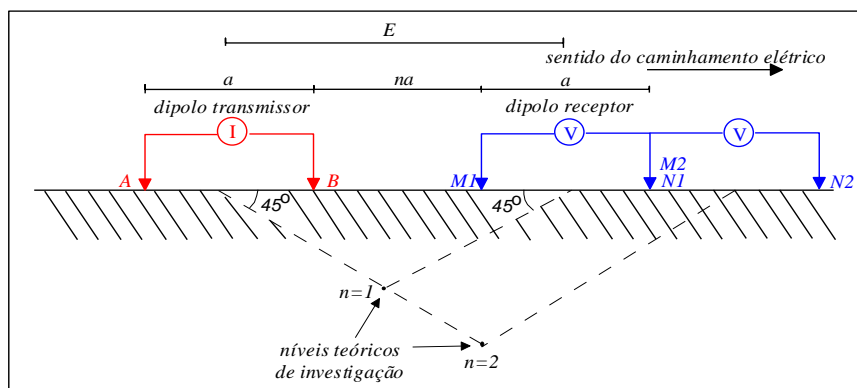


Figura 2 – Esquema de ensaio de campo da técnica do caminhamento elétrico (MOURA; OLIVEIRA; CABRAL; SALDANHA, 2009).

No arranjo dipolo-dipolo (Figura 2), a configuração é de dois eletrodos *A* e *B* de emissão de corrente e de dois eletrodos *M* e *N* de medida de potencial, com abertura *a* – que nesta pesquisa teve valor igual a 1m – estando os eletrodos dispostos em um mesmo alinhamento e posicionados externamente entre si.

Os valores de resistividade aparente são plotados na intersecção das linhas que partem dos centros de *A* e *B* e de *M* e *N*, com ângulos de 45°, conforme mostra a Figura 2. A partir de cada ponto de medida, o arranjo é deslocado a uma distância igual a *a*, os dados obtidos são plotados nas posições *n*= 1, 2,..., gerando uma pseudo-seção de resistividade aparente (essas seções serão apresentadas nos resultados).

Os dados foram adquiridos com o arranjo dipolo-dipolo por apresentar boa resolução lateral (WARD, 1990), com espaçamentos constantes entre os eletrodos e iguais a 1 m, com cinco níveis de amostragem, ao longo de 14 perfis com 24 m de extensão no máximo, espaçados entre si de 1 m, orientados segundo a direção EW, transversalmente à linha que define a direção em que a cava foi aberta para instalação da rede de drenagem (Figura 3). Os perfis foram numerados de norte para sul, iniciando em 1. Duas trenas

colocadas sobre o terreno foram usadas para controlar o intervalo entre os eletrodos e entre os perfis.

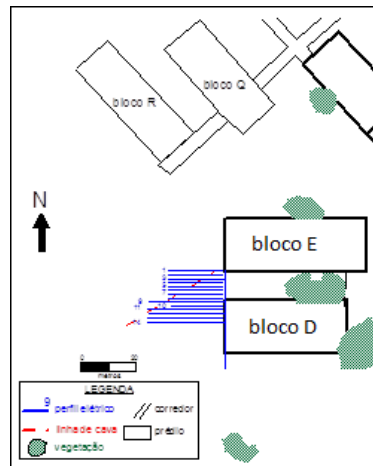


Figura 3 – Croqui de localização dos perfis de imageamento elétrico no sítio arqueológico AP-MA-05.

As figuras 4 e 5 mostram as operações de campo nos ensaios de CE (caminhamento elétrico) realizadas.

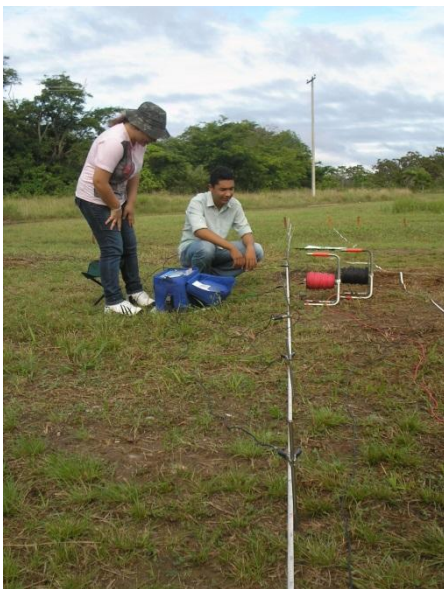


Figura 4 – Bolsista na montagem do ensaio de caminhamento elétrico.



Figura 5 – Vista parcial da área do sítio AP – MA – 05.

O equipamento utilizado foi o resistivímetro SARIS, fabricado pela empresa canadense Scintrex (Figura 6). O tempo de injeção e relaxamento de corrente utilizado foi de 1 s.

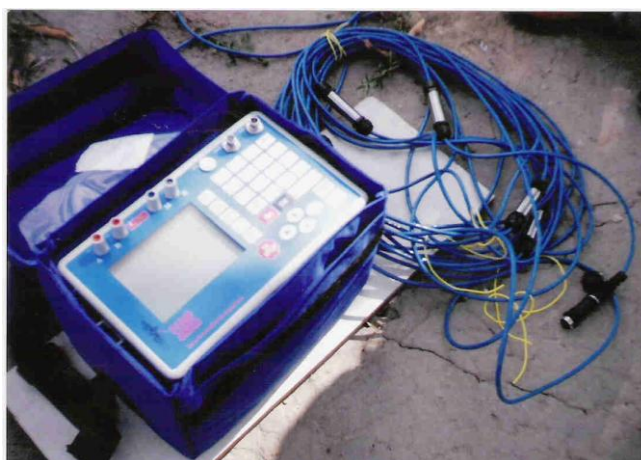


Figura 6 – Equipamento utilizado na pesquisa.

Os dados obtidos pela técnica de imageamento elétrico (ou caminhamento elétrico) foram interpretados da forma qualitativa, usando perfis e mapas de valores de resistividades aparentes – por apresentar uma primeira aproximação da estrutura do subsolo da área estudada. Posteriormente, os dados obtidos pela técnica de imageamento elétrico foram processados através do programa computacional RES2DINV (GEOTOMO SOFTWARE, 2001) que

adota uma técnica rápida e eficiente para inversão de dados de resistividade que foi desenvolvida por Loke e Barker (1996) e DeGroot-Hedlin e Constable (1990), baseada no método dos mínimos quadrados. Os processos de inversão de dados de resistividade buscam estabelecer um modelo da provável distribuição real dos valores de resistividade elétrica em subsuperfície.

#### 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para análise, as medidas de resistividade elétrica foram representadas na forma de perfil e na forma de mapas de contornos de isovalores. A título de exemplo, são apresentados os modelos interpretados dos perfis das linhas 2 (exemplo de anomalia resistiva) e 12 (exemplo de anomalia condutiva), isto é, a distribuição da resistividade elétrica abaixo dos perfis (Figuras 7 e 8), que serviram de base, em função das anomalias elétricas presentes, para delimitação de duas áreas de dimensões 5 m x 5 m para realização dos trabalhos de escavações arqueológicas.

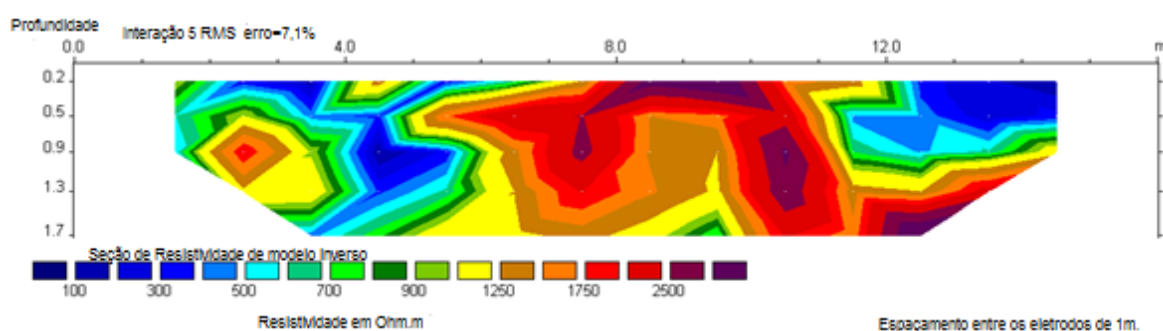


Figura 7 – Modelo interpretado de resistividade ao longo do perfil 2.

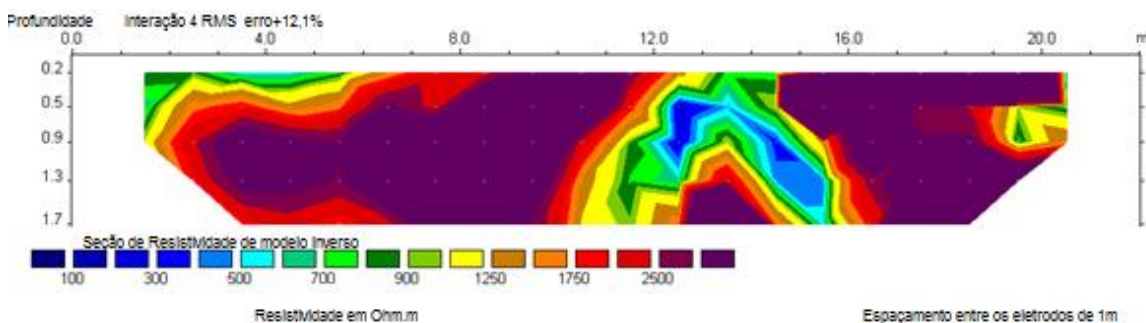


Figura 8 – Modelo interpretado de resistividade ao longo do perfil 12.

Na Figura 7, observa-se entre as posições 7 m e 11 m, aproximadamente, estendendo-se até 1,7 m de profundidade, valores elevados de resistividade elétrica (acima de 1750  $\Omega.m$ ) relacionados às feições arqueológicas formadas de fragmentos de rochas lateríticas, encontradas nas escavações entre as posições 8,7 m a 10 m do perfil, até a profundidade de 40 cm (Figura 9). Ainda na Figura 7, a partir da posição 12,5 m, observa-se uma anomalia condutiva, ainda não testada por escavação, com valores abaixo de

400  $\Omega$ .m, provavelmente relacionada a uma feição arqueológica do tipo cavidade (com ou sem material arqueológico) preenchida com sedimentos saturados, devido ao período chuvoso que antecedeu os ensaios geofísicos. Na profundidade de 0,9 m, abaixo da posição 2,5 m, ocorre uma anomalia resistiva associada a uma tubulação plástica, de 40 cm de diâmetro, da rede de esgoto sanitário do Campus Universitário. Entre as posições 4 m e 5,5 m, a anomalia condutiva é relacionada à caixa de esgoto, visualizada pela presença de uma tampa de concreto na superfície do terreno entre as respectivas posições.



Figura 9 – Escavação realizada sobre a anomalia resistiva do perfil 2, evidenciando a feição arqueológica laterítica L.

Com referência à Figura 8, observa-se a anomalia condutiva (resistividades abaixo de 1000  $\Omega$ .m), centrada na posição 13,5 m, relacionada a uma vasilha cerâmica, simbolizada pela letra E na Figura 10, evidenciada na escavação arqueológica. A forma desta anomalia reflete o alvo arqueológico, caracterizado pela cavidade preenchida com sedimentos úmidos, fragmentos de rochas lateríticas e vasilha cerâmica.



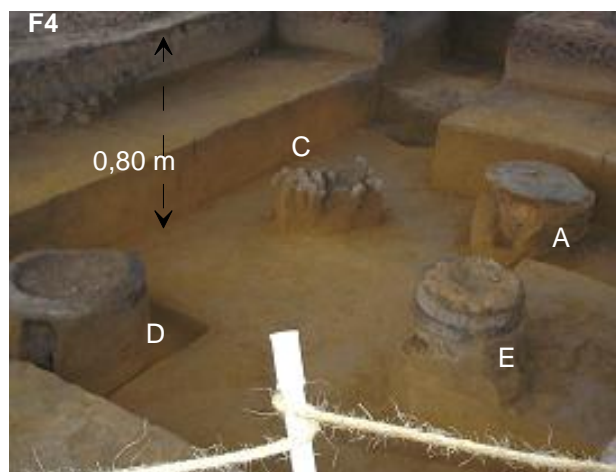


Figura 10 – Escavação realizada sobre a anomalia condutiva do perfil 12, evidenciando a vasilha cerâmica E.

As medidas de resistividade elétrica aparente na forma de mapa de nível são mostradas nas Figuras 11 e 12. Nas Figuras 11 e 12 são mostrados os mapas dos níveis de investigação 1 e 5, profundidades teóricas de 40 cm e 150 cm, respectivamente, que melhor evidenciam (a) as anomalias altamente resistivas (resistividade predominantemente acima de  $1750 \Omega.m$ ) associadas à feição arqueológica do tipo camada de ocupação arqueológica, formada por fragmentos de rochas lateríticas com ou sem vasilhas cerâmicas, simbolizadas pelas letras A, D, B e F (Figuras 10, 13 e 14); (b) as anomalias condutivas (resistividade predominantemente abaixo de  $900 \Omega.m$ , (Figura 11) associadas às cavidades preenchidas com sedimentos e vasilhas cerâmicas, simbolizadas pelas letras G, H e I (Figura 15). Na Figura 12, é mostrado o mapa de nível de investigação 5 (profundidade teórica de 1,5 m), que evidencia, em primeira aproximação, os valores de resistividade associados ao meio natural, compreendendo, predominantemente, o intervalo de  $1000 \Omega.m$  a  $1500 \Omega.m$ .

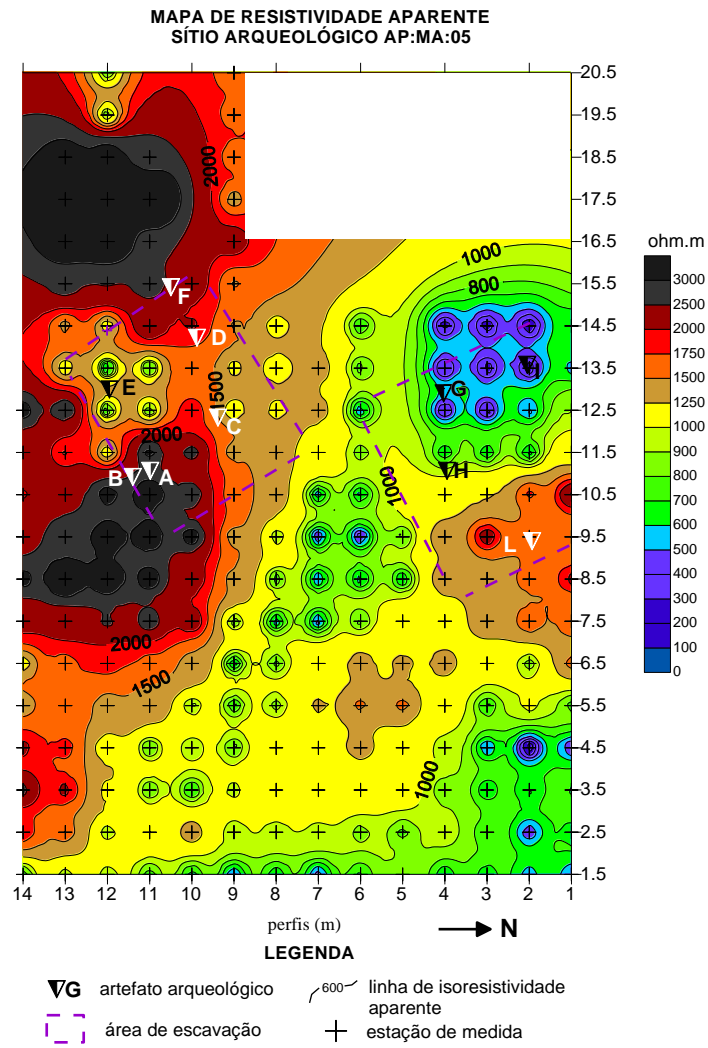


Figura 11 – Mapa de resistividade aparente, arranjo dipolo-dipolo, nível 1.

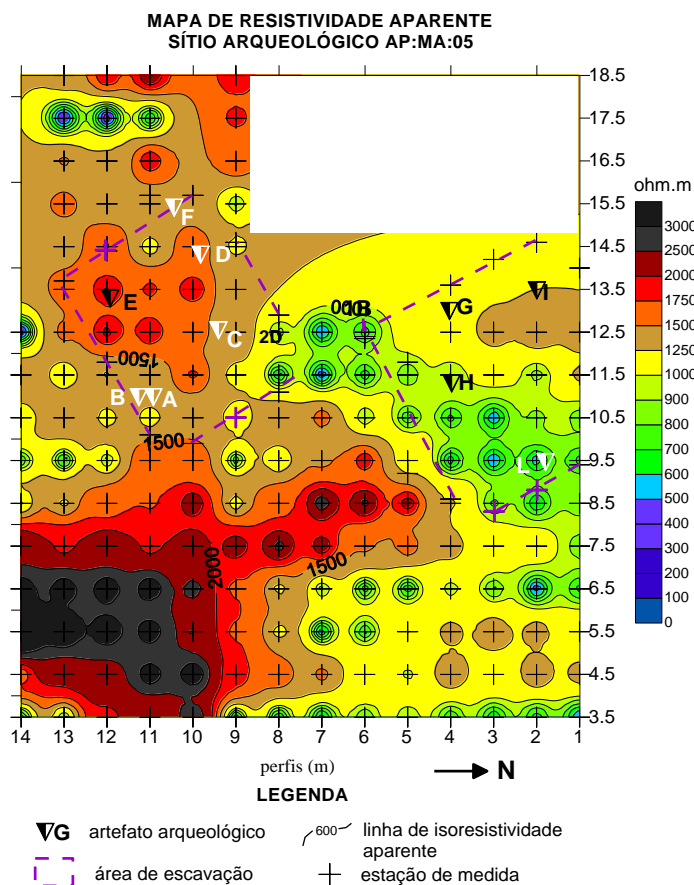


Figura 12 – Mapa de resistividade aparente, arranjo dipolo-dipolo, nível 5.

As regiões que aparecem em branco nos mapas correspondem a áreas onde não foram feitos os ensaios geofísicos, visto que nem todos os perfis possuem o mesmo comprimento, por terem como objetivo investigar apenas a região entorno da linha da cava feita para colocação da tubulação.

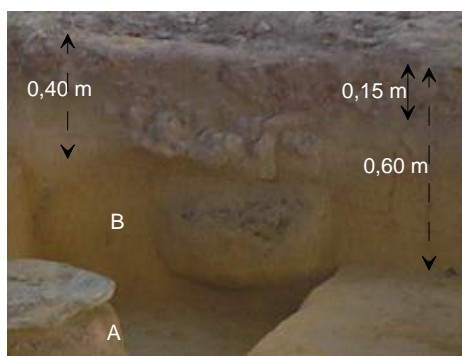


Figura 13 – Feição arqueológica B, do tipo fragmentos lateríticos e vasilha cerâmica.

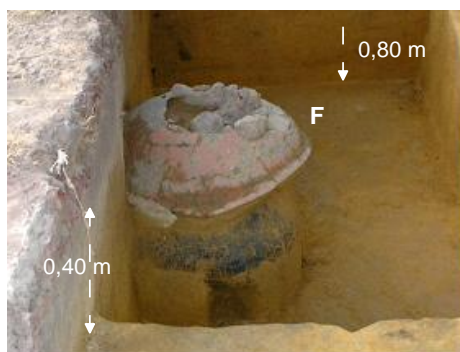


Figura 14 – Feição arqueológica F, do tipo fragmentos lateríticos e vasilha cerâmica.



Figura 15 – Feições arqueológicas G, H e I, do tipo fragmentos lateríticos e vasilha cerâmica.

Com base na correlação entre os valores de resistividade medidos, observados nos mapas de níveis elaborados de 1 e 5, e as localizações dos alvos arqueológicos, já evidenciados pelas escavações, é promissor centralizar os limites das novas áreas para escavações sobre as regiões anômalas altamente resistivas (valores de resistividade acima de  $1750 \Omega.m$ ), compreendidas entre os perfis 10 e 14, entre as posições de 2,0 m e 11 m, e 16 m e 19 m, e na região centrada na anomalia condutiva (valores inferiores a  $900 \Omega.m$ ), compreendida entre os perfis 6 e 7, posicionada entre as posições 7,0 m e 10 m. Recomenda-se também o prosseguimento da escavação relacionada à anomalia resistiva descrita anteriormente do perfil 2 (Figura 9), face à faixa de valores de resistividade evidenciada no mapa de nível 5 (Figura 12), indicando, possivelmente, influência de supostos alvos arqueológicos neste nível.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As medidas de resistividade elétrica realizadas no sítio arqueológico AP-MA-05: Campus Universitário da Unifap, mostraram resultados promissores na delimitação de duas áreas para os trabalhos de escavação arqueológica, já realizada, e na indicação de novas áreas para investigação, centradas sobre os perfis 6, 7, 10 e 14.

As medidas evidenciaram anomalias de resistividade, dentro de faixas de valores bem definidos, que foram testadas através de escavações, as quais estão relacionados às feições arqueológicas, do tipo fragmentos de rochas lateríticas sobrepostos a vasilhas cerâmicas (resistividade elétrica acima de 1750  $\Omega$ .m), e cavidades preenchidas com sedimentos e vasilha cerâmica (resistividade elétrica abaixo de 900  $\Omega$ .m).

A correlação das medidas de resistividade elétrica com os alvos arqueológicos encontrados nas escavações permitiu que se estabelecesse, em primeira aproximação, o intervalo de 1000  $\Omega$ .m a 1500  $\Omega$ .m para a resistividade aparente do meio natural.

Desse modo, evidencia-se a eficiência do método eletrorresistividade no auxílio de estudos arqueológicos.

## REFERÊNCIAS

ALVES, J. J. A. **Métodos Geofísicos Aplicados à Arqueologia no Estado do Pará**. Dissertação de Mestrado em Geofísica. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geofísicas e Geológicas. Universidade Federal do Pará, 1979, 55p.

ARAGÃO, R. C.; LUIZ, J. G.; LOPES, P. R. C. **Metodologia geofísica aplicada ao salvamento arqueológico de área adjacente a mineroduto no nordeste do Pará**. IX Congresso Internacional da SBGf, Salvador, 2005. Disponível em CD.

CABRAL, M. P. **Juntando cacos: uma reflexão sobre a classificação da fase Koriabo no Amapá**. Macapá: IEPA, 2011.

CANTO, A. **Tópicos da Arqueologia**. Rio de Janeiro: CBJE, 2003.

DEGROOT-HEDLIN, C.; CONSTABLE S. **Occam's inversion to generate smooth, two-dimensional models from magnetotelluric data**. Geophysics, 55(12): 1613-1624, 1990.

GEOTOMO SOFTWARE. **Res2dinv V.3.4 Resistivity and Ip Inversion**. Malaysia, 2001, 98p.

JANGELME, G. M.; PORSANI, J. L.; KIPNIS, R. **Investigações GPR no Sítio Arqueológico Lapa do Santo-MG: Resultados Preliminares**. X Congresso Internacional da SBGf, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em CD.

KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. **Geofísica de exploração**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

KELLER, G. V.; FRISCHKNECHT F. C. **Electrical methods in geophysical prospecting**. Oxford: Pergamon Press, 1977, 517 p.

LOKE, M. H.; BARKER, R. D. **Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method**. Geophysical Prospecting, 44: 131-152, 1996.

LUIZ, J. G.; PEREIRA, E. S. **Prospecção arqueológica por métodos geofísicos no Sudeste do Pará: O caso do Sítio Domingos, Canaã dos Carajás**. IX Congresso Internacional da SBGf, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em CD.

MOURA, H.P. **Emprego da eletroresistividade e polarização induzida na caracterização geométrica da área de disposição de resíduos sólidos urbanos**. Tese (doutorado) IGCE, Universidade Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2002, 223p.

MOURA, H. P.; OLIVEIRA, M. J.; CABRAL, M. P.; SALDANHA, J. D. M. **Medidas de Resistividade Elétrica no Sítio Arqueológico AP-CA-18: Rego Grande I, Calçoene- AP**. In: International Congress of the Brazilian Geophysical Society, 11., 2009. Anais...Rio de Janeiro: SBGf, 2009. p.5.

FUMDHAM. **Sítios Arqueológicos**. 2006. Disponível em: <[www.fumdam.org.br/sitiosarg.asp](http://www.fumdam.org.br/sitiosarg.asp)> Acesso em: 15 dez. 2014.

Portal IPHAN. **Patrimônio Arqueológico**. 2014. Disponível em: <[www.portal.iphan.gov.br](http://www.portal.iphan.gov.br)> Acesso em: 15 dez. 2014.

REYNOLDS, J. M. **Un introduction to applied and environmental geophysics**. 2ª ed. UK: Wiley-Blackwell, 2011.

RODRIGUES, E. **Arqueologia no Amapá**. 2013. Disponível em: <[www.edgar-amapa.blogspot.com.br/2013/03/arqueologia-no-amapa.html](http://www.edgar-amapa.blogspot.com.br/2013/03/arqueologia-no-amapa.html)> Acesso em: 15 dez. 2014.

SALDANHA, J.D. M.; CABRAL, M. P. **A Arqueologia do Amapá: reavaliação e novas perspectivas**. Belém: MPEG/ IPHAN/ SECULT, 2010.

WARD, S. H. **Resistivity and polarization methods**. Geotechnical and Environmental Geophysics, Vol. 1: Review and Tutorial. Society of Exploration Geophysics, Tulsa, OK, 1990, 147-189.