



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCA

JÉSSICA LISBOA DE ALBUQUERQUE

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO
MAPEAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM DO SÍTIO
ARQUEOLÓGICO AP-MA-05/AMAPÁ E SUA IMPORTÂNCIA SOCIAL E
HISTÓRICA**

BELÉM - PA

2016

JÉSSICA LISBOA DE ALBUQUERQUE

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO
MAPEAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM DO SÍTIO
ARQUEOLÓGICO AP-MA-05/AMAPÁ E SUA IMPORTÂNCIA SOCIAL E
HISTÓRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em convênio com EMBRAPA-Amazônia Oriental, e Museu Paraense Emílio Goeldi, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Física do clima

Orientador: Dr. Joaquim Carlos Barbosa Queiroz

BELÉM - PA

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Albuquerque, Jéssica Lisboa de, 1991-
Avaliação da influência da precipitação
pluviométrica no mapeamento das características da
paisagem do sítio arqueológico AP-MA-05/Amapá e sua
importância social e histórica / Jéssica Lisboa de
Albuquerque. - 2016.

Orientador: Joaquim Carlos Barbosa Queiroz.
Dissertação (Mestrado) - Universidade
Federal do Pará, Instituto de Geociências,
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais, Belém, 2016.

1. Paisagens. 2. Precipitação
(Meteorologia). 3. Geologia - Métodos
estatísticos. 4. Geofísica. I. Título.

CDD 22. ed. 577.5

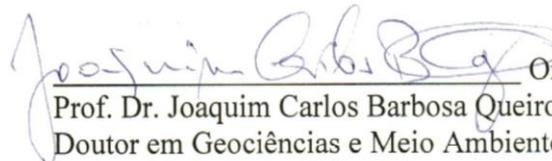
JÉSSICA LISBOA DE ALBUQUERQUE

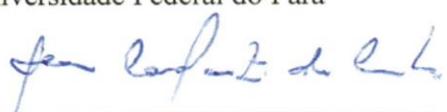
**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO
MAPEAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM DO SÍTIO
ARQUEOLÓGICO AP-MA-05/AMAPÁ E SUA IMPORTÂNCIA SOCIAL E
HISTÓRICA**

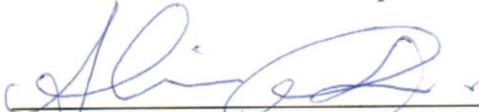
Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais. Área em Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia.

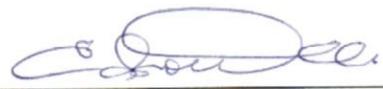
Data de aprovação: 22/ 03 / 2016

Banca Examinadora:


Orientador
Prof. Dr. Joaquim Carlos Barbosa Queiroz
Doutor em Geociências e Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará


Prof. Dr. Alan Cavalcanti da Cunha
Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento
Universidade Federal do Amapá


Profa. Dra. Aline Maria Meiguins de Lima
Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico
Úmido
Universidade Federal do Pará


Prof. Dr. Edson José Paulino da Rocha
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Dedico aos meus pais, José de Ribamar
Albuquerque e Silma Albuquerque, e as minhas
irmãs Jaqueline Albuquerque e Julianne
Albuquerque com todo meu amor.

AGRADECIMENTOS

Início meus agradecimentos para DEUS, já que Ele colocou pessoas tão especiais a meu lado, sem as quais certamente não teria dado conta!

Ao Prof^o Dr. Joaquim Carlos Barbosa Queiroz pela dedicação e orientação que foram fundamentais para o meu crescimento profissional e pessoal;

Ao Prof. Dr. Helyelson Paredes Moura pela imensa ajuda com este projeto, por ter cedido os equipamentos e materiais na coleta de campo, além de ter me ajudado a coletar todos os dados em épocas de sol e chuva, me orientando e contribuindo para a minha formação, sendo um exemplo para mim de profissional perseverante;

Aos profissionais da UNIFAP por se disponibilizar a me ajudarem na coleta de informações através de entrevistas: Msc. Jennefer Lavor Bentes, Dra. Mariana Petry Cabral, Dra. Jucilene Amorim Costa e Msc. Irislane Pereira de Moraes;

A professora Dra. Aline Maria Meiguins de Lima por toda ajuda e paciência;

A minha amiga Milenna Pantoja por todos os bons conselhos que me deu e por todas as manhãs árduas na sala do programa de pós-graduação;

A família de Macapá, Anne Margareth Silva, Anne Elizabeth Siqueira, Ivyanne Siqueira e Edson Ivan Borges Silva Siqueira pela hospedagem, amizade e palavras de conforto em momentos que passei em Macapá;

Ao meu noivo Cleberson Nascimento por todas as palavras de incentivo de continuar e perseverar mesmo nas dificuldades;

As minhas irmãs Jaqueline Albuquerque e Julianne Albuquerque por todo amor e paciência em toda essa fase da minha vida;

Aos meus pais José de Ribamar Albuquerque e Silma Albuquerque por nunca medirem forças para o crescimento dos meus estudos e por sempre me incentivarem a ir cada vez mais longe.

RESUMO

Este trabalho avaliou a influência da precipitação pluviométrica no mapeamento das características da paisagem do sítio arqueológico AP-MA-05 e a contribuição sobre sua importância social e histórica. Para a obtenção dos dados foi utilizado o método geofísico da eletrorresistividade em uma área da UNIFAP (Fundação Universidade Federal do Amapá) de 10 x 20 metros. Os dados de precipitação foram coletados na estação do INMET de Macapá. A análise dos dados foi feita com uso de métodos estatísticos e geoestatísticos. Em épocas chuvosa a resistividade do solo apresentou um valor mínimo de 198,7 ohm.m e valor máximo de até 3946 ohm.m, com média de 1188,87 ohm.m. Na estação menos chuvosa os valores observados foram de 394 ohm.m (valor mínimo) e 5863 ohm.m (valor máximo), com média de 2078,31 ohm.m. Isso demonstra a influência da precipitação pluviométrica na resistividade elétrica aparente, visto que quanto mais intensas foram as chuvas que ocorreram na época da obtenção dos dados, menores foram os valores da resistividade elétrica. Foi realizado um levantamento sobre a percepção social dos alunos da UNIFAP e entrevistas com professores responsáveis sobre o sítio em questão, em que se verificou que o nível de conscientização dos alunos varia em virtude do grau de afinidade do curso com a arqueologia.

Palavras-chave: Paisagem. Resistividade elétrica aparente. Precipitação Pluviométrica. Geofísica. Geoestatística.

ABSTRACT

This study evaluated the influence of rainfall in mapping landscape features of the archaeological site AP-MA-05 and the contribution of its social importance and historical. To obtain the data was used geophysical method of electrical resistivity in an area of UNIFAP (Federal University of Amapá) of 10 x 20 meters. The rainfall data were collected in INMET station Macapá. Data analysis was performed with use of statistical and geostatistical methods. In rainy season, the soil resistivity presented a minimum of 198.7 ohm.m and maximum values of up to 3946 ohm.m, averaging 1188.87 ohm.m. In the less rainy season observed values were 394 ohm.m (minimum) and 5863 ohm.m (maximum), averaging 2078.31 ohm.m. This shows the influence of rainfall on the apparent resistivity, since the more intense were the rains that occurred at the time of obtaining data, minors were the values of electrical resistivity. A survey on the social perception of the UNIFAP students and interviews with teachers responsible for the site in question, it was found that the level of awareness of students varies according to the course of affinity degree in archeology.

Keywords: Landscape. Apparent electrical resistivity. Rainfall. Geophysics. Geostatistics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Aplicação do método da eletrorresistividade.....	21
Figura 2- Localização da área de estudo.....	25
Figura 3- Fragmentos de Rochas Lateritas.....	27
Figura 4- Precipitação de Macapá – Normal Climatológica (1961 a 1990).....	28
Figura 5- Vista sul do sítio arqueológico AP-MA-05.....	29
Figura 6- Área de estudo no sítio arqueológico AP-MA-05.....	33
Figura 7- Croqui de localização dos perfis de caminhamento elétrico no sítio arqueológico AP-MA-05.....	33
Figura 8- Média mensal da precipitação (mm) e Umidade Relativa (%) de Macapá (2003-2015).....	36
Figura 9- Histograma dos dados de resistividade da Coleta 1 e Coleta 2.....	39
Figura 10- Precipitação mensal na área de estudo (superior), e mapas da krigagem universal do perfil 2 na época de chuva (embaixo à esquerda) e na época menos chuvosa (embaixo à direita).....	40
Figura 11- Mapa de pontos da eletrorresistividade (ohm.m) em 3D no período chuvoso (a) e menos chuvoso (b).....	42
Figura 12- Semivariogramas experimentais e modelos ajustados sem tendência no período chuvoso (a) e menos chuvoso (b).....	42
Figura 13 - Bloco 3D para resistividade aparente na época chuvosa (a), corte de secção na época chuvosa (b), na época menos chuvosa (c) e corte de secção na época menos chuvosa (d).....	43
Figura 14 - Dados observados dos quartis para a época chuvosa (a) e época menos chuvosa (b).....	45
Figura 15- Semivariogramas experimentais dos quartis para a época chuvosa (a) e época menos chuvosa (b).....	45
Figura 16- Bloco 3D dos quartis no período chuvoso (a) com secção (b) e no período menos chuvoso (c) com secção (d).....	46
Figura 17- Respostas do questionário submetido aos alunos de Ciências Biológicas (C.B.), Ciências Exatas (C.E.) e de Ciências Humanas (C.H.) da UNIFAP.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estatística descritiva da resistividade elétrica aparente (ohm.m) da coleta 1 e coleta 2.....	38
Tabela 2- ANOVA.....	48
Tabela 3- Análise de Contraste entre os cursos.....	48

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

- ρ_a - Resistividade aparente;
- χ - variável independente;
- χ^2 - qui-quadrado;
- ΔV - Diferença de potencial;
- CB – Ciências biológicas;
- CE - Caminhamento Elétrico;
- CE – Ciências exatas;
- CH – Ciências humanas;
- cm – Centímetro;
- EW – Leste oeste;
- GIS – Sistema de informação geográfica;
- GL - Grau de liberdade;
- I - Corrente elétrica;
- IEPA – Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá;
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia;
- IPHAN - Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional;
- KO - Krigagem ordinária;
- KU - Krigagem universal;
- m – Metro;
- mm – Milímetro;
- MPEG - Museu Paraense Emílio Goeldi;
- ohm.m – ohm metro
- p - probabilidades de resposta;
- PERF - Perfilagem Elétrica;
- s – Segundos;
- SEV - Sondagem Elétrica Vertical;
- UNIFAP - Universidade Federal do Amapá;
- UR – Umidade relativa;
- x - as categorias de respostas como variáveis independentes;
- y - variável resposta;
- ZCIT - Zona de Convergência Intertropical;
- β - parâmetro do modelo.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
3	HIPÓTESES	17
4	REFERENCIAL TEÓRICO	18
4.1	O valor socioambiental dos sítios arqueológicos	18
4.2	Métodos de mapeamento de sítios arqueológicos	19
4.2.1	Eletrorresistividade.....	20
4.2.2	A influência da precipitação na investigação de subsuperfície.....	22
4.3	Geostatística	23
5	MATERIAL E MÉTODOS	25
5.1	Caracterização da área de estudo	25
5.1.1	Pluviometria local.....	27
5.1.2	Aspectos fisiográficos.....	28
5.2	Métodos utilizados na análise da percepção social	29
5.2.1	Caracterização da precipitação pluviométrica.....	31
5.3	Método geofísico	32
5.5	Método geoestatístico	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
6.1	Caracterização da precipitação pluviométrica	36
6.2	A influência da precipitação pluviométrica na resistividade elétrica aparente da subsuperfície	37
6.3	Caracterização da percepção social dos alunos da UNIFAP	46
6.4	Percepção dos professores e responsáveis pelo sítio arqueológico AP-MA-05	49
6.5	Consciência socioambiental a partir da paisagem de sítios arqueológicos	52
7	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS	54
	ANEXOS	59
	ANEXO A – SCRIPT DO PROGRAMA R DA ANÁLISE DESCRITIVA (PERFIL 1)	60

ANEXO B – SCRIPT DO PROGRAMA R DA ANÁLISE VARIOGRÁFICA E KRIGAGEM (PERFIL 1)	61
ANEXO C – PROGRAMA R PARA ESTIMAÇÃO DA RESISTIVIDADE POR KRIGAGEM EM BLOCO 3D.....	64

1 INTRODUÇÃO

O conceito de “paisagem” pode ser abordado, segundo Metzger (2001), sob a “abordagem geográfica” enfatizando o estudo de espaços modificados pelo homem; enquanto que a “abordagem ecológica” seria entendida como o estudo da estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos. Honorato (2009) e Fagundes e Piuzana (2010) apresentam o uso do conceito de paisagem em pesquisas arqueológicas onde não se considera apenas os artefatos arqueológicos encontrados nos sítios, mas também todo um contexto ambiental, utilizando os geoindicadores, que podem fornecer uma série de informações e de evidências.

Funari (2003), Morais (2007) e Silva e Almeida (2011) destacam a integração entre os estudos arqueológicos e a investigação das transformações na paisagem de um determinado lugar, ligadas diretamente a ações humanas. Morais (2007), ao apresentar o conceito de paisagem associado ao patrimônio arqueológico, reúne as dimensões relativas a matriz ambiental natural (relacionada com o meio físico-biótico) e o ambiente modificado (relacionado com o meio socioeconômico e cultural); com o benefício de georreferenciar sítios arqueológicos a partir de métodos não intrusivos.

Além disso, a interferência urbana vem cada vez mais suprimindo as áreas arqueológicas, e cada interferência é considerada uma intervenção radical e potencialmente danosa. A preservação do patrimônio arqueológico no contexto urbano é um processo de mudança de comportamento da sociedade (SILVA, 2011).

Honorato (2009) destaca o uso de geotecnologias como forma de reconstituir o modo de ocupação do território; proporcionando uma nova visão do passado e consequentemente estimulando os sentimentos de pertencimentos, apropriação e preservação do patrimônio arqueológico as diversas histórias (LIMA, 2009).

Bonnie (2011) e Clue (2011) destacam os benefícios do uso de técnicas apropriadas, que visem o menor comprometimento do ambiente explorado. Moura *et al.* (2009) exemplifica o emprego de métodos de investigação de subsuperfície (geofísicos - resistividade elétrica) que indiquem a disposição de diferentes materiais antes do processo de escavação. De forma complementar, Vieira (2013) apresenta a aplicação de modelos baseados em métodos geoestatísticos no sentido de aumentar a precisão das estimativas e redução das incertezas, visando minimização dos impactos ambientais.

O emprego de métodos que possibilitem entender as condições gerais da dinâmica da paisagem, contribuindo para o desenvolvimento de prognósticos e interpretações geoambientais, dependem de vários fatores que condicionam sua aplicação e resultados (COELHO; FERREIRA, 2011), dentre estes o conhecimento das variáveis climáticas.

Segundo Gandolfo e Gallas (2005) as menores resistividades elétricas podem ser explicadas como consequência de intensas chuvas que ocorreram na época em que foi realizada a aquisição dos dados. Gandolfo e Gallas (2007) afirmam que a eficácia de um levantamento está condicionada à existência de contrastes dos valores absolutos medidos, sendo dependentes das propriedades físicas do meio investigado (pH, características do solo) e das condições que interferem no ambiente local (como a intensidade da precipitação pluviométrica).

Desse modo, o papel da precipitação no mapeamento do solo é imprescindível, pois dependendo em que época ocorre a execução do mapeamento o resultado poderá ou não ser aceitável, visto que a precipitação é uma variável ambiental de muita influência em métodos geoeletricos. Vários autores comprovam essa influência, como Cavalcante (2013) em que evidencia alta permeabilidade dos solos da região em meses de alta precipitação, interferindo nos métodos geoeletricos no delineamento de contaminação de aterros; a existência de anomalias de baixa resistividade, em que os ensaios de campos foram realizados em períodos de alta precipitação pluviométrica, em que a infiltração de água no solo é alta (COSTA, 2008); e na resistividade elétrica aparente, que houve menores valores de resistividade pela consequência de intensas chuvas que ocorreram na época realizada a aquisição dos dados (GANDOLFO, 2005).

O correto mapeamento e reconhecimento destas áreas de relevante importância histórica e ambiental estimulam a identificação social e os valores simbólicos na relação de interação entre os componentes da paisagem. Silva e Almeida (2011) afirmam que a valorização do patrimônio cultural atua como uma fonte primária de conhecimento e enriquecimento individual e coletivo.

Desta forma, esta proposta de dissertação busca avaliar a influência da precipitação pluviométrica no processo de mapeamento das características da paisagem de sítios arqueológicos, além de caracterizar a percepção sobre a importância da conservação desses bens culturais nas áreas onde estes estão localizados, entendendo estes espaços como áreas destinadas a preservação ou conservação socioambiental.

O estudo do tema é importante devido à precipitação pluviométrica ser um parâmetro climático que influencia diretamente na obtenção de dados geofísicos, caso a precipitação não seja levado em consideração, a tendência de erros de medidas e o uso de recursos desnecessários durante os processos de investigação arqueológica poderão ocasionar com frequência, levando a erros nas medidas. Então, qual a influência da precipitação pluviométrica no mapeamento de sítios arqueológicos? As paisagens arqueológicas podem auxiliar numa maior conscientização e valoração socioambiental dessas áreas onde estão localizadas?

Assim, a escolha do sítio estudado teve embasamento por se localizar dentro de uma zona educacional, na Universidade Federal do Amapá, em que se presume um maior conhecimento do mesmo dos estudantes, principalmente dos cursos em que encontram se nas áreas de proximidades.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência da precipitação pluviométrica no mapeamento de sítios arqueológicos e a contribuição social e histórica do sítio arqueológico AP-MA-05/Amapá.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar o mapeamento experimental de um setor do sítio arqueológico AP-MA-05/Amapá empregando métodos de resistividade elétrica e geoestatísticos, com a elaboração de um modelo de bloco (3D) para a variável resistividade elétrica aparente na área de estudo;
- Caracterizar a percepção social sobre a importância do mapeamento e descoberta do sítio arqueológico AP-MA-05/Amapá, como área destinada a preservação ou conservação;
- Identificar a influência da precipitação pluviométrica nos dados de resistividade elétrica aparente.

3 HIPÓTESES

- No processo de mapeamento de anomalias de resistividade elétrica aparente existe influência do efeito da incidência de chuvas, através da alteração dos valores de resistividade elétrica aparente do sítio arqueológico.
- O uso de métodos geoestatísticos aperfeiçoam os dados geofísicos, junto com a elaboração o mapeamento 3D.
- O conhecimento das características da paisagem de sítios arqueológicos pode auxiliar no fomento de uma maior consciência socioambiental sobre a importância da conservação desses bens e das áreas onde estão localizados.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 O valor socioambiental dos sítios arqueológicos

Os sítios arqueológicos são interpretação de textos visuais, definido como sendo uma ciência que estuda monumentos e vestígios das civilizações, como gravuras, pinturas rupestre (SILVA, 2011).

Considerando o sítio arqueológico como local onde se encontram vestígios inter-relacionados e que indicariam atividade humanas específicas, como habitação, túmulos, moradias, enterramento, obtenção de materiais e relacionados ao culto religioso (FUNARI; NOELLI, 2002).

De acordo com o art. 2 da Lei 3924/61, consideram-se monumentos arqueológicos ou pré-históricos “qualquer natureza, origem ou finalidade, que representem testemunhos de cultura dos paleoameríndios do Brasil; os sítios nos quais se encontram vestígios positivos de ocupação pelos paleoameríndios tais como grutas, lapas e abrigos sob rocha; os sítios identificados como cemitérios, sepulturas ou locais de pouso prolongado ou de aldeamento nos quais se encontram vestígios humanos de interesse arqueológico ou paleoetnográfico; as inscrições rupestres ou locais como sulcos de polimentos de utensílios e outros vestígios de atividade de paleoameríndios”.

Em geral para o público, a arqueologia é apenas uma preocupação com o passado, no entanto, não corresponde com a realidade, pois o passado faz parte do presente. Sítios arqueológicos sejam fortes, ruínas de casas ou cidades são pedaços da história passada e presente de um povo. Através deles nos identificamos como pertencente aquela ou a outra cultura, àquele ou a outro segmento da sociedade em que vivemos. Damos o nome de patrimônio arqueológico.

O Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) (NAJJAR; DUARTE, 2002) é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Cultura, responsável por preservar os diferentes elementos que compõem a sociedade brasileira. Tendo como missão promover e coordenar o processo de preservação do Patrimônio Cultural Brasileiro para fortalecer identidades, garantir o direito à memória e contribuir para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil.

Para Silva e Almeida (2011) a noção de patrimônio arqueológico aborda múltiplas dimensões, portanto quando a sociedade reconhece em dado território sua história e sua

vida passa a dar importância e a contribuir para sua preservação/conservação, pois o indivíduo se sente parte desse patrimônio e passa a lhe atribuir valor.

Moraes (2007) destaca que o processo de uso e ocupação do território pode comprometer a preservação desses locais, especialmente na execução de grandes projetos de infraestrutura; nestes casos, a execução de estudos de impacto ambiental e arqueológico é necessária, para minimizar os danos que comprometem o ambiente e afetam os sítios arqueológicos.

Portanto, quando há uma necessidade de alterações no uso do solo, carece considerar os recursos arqueológicos do local, entre os fatores ambientais de risco e inseri-los nos Estudos de Impactos Ambientais (EIA – RIMA). Nesta fase os contextos ambientais são considerados nas pesquisas da arqueologia preventiva, em que é sustentada pela Arqueologia da Paisagem (MORAIS, 2007), provendo subsídios para o entendimento da paisagem atual. Campos (2010) considera que o estudo da Arqueologia com a Ecologia da Paisagem propicia a inter-relações entre o homem e a paisagem que ele ocupa.

4.2 Métodos de mapeamento de sítios arqueológicos

O método de Levantamento de Campo, considerado a técnica mais tradicional, depende além do objetivo da pesquisa, da disponibilidade de tempo e recursos financeiros; podendo ser feita por amostra aleatória simples, análise locacional em geografia humana, amostra aleatória estratificada, forma sistemática e estratificada sistemática desalinhada (DREWETT, 1999).

Outro método de investigação direta é o Levantamento Químico ou Prospecção Geoquímica, como citado por Grant (2002). Visto que a Geoquímica Ambiental Urbana é caracterizada por excessiva quantidade de elementos químicos localizado no solo ou em recursos hídricos com uma forte influência antrópica, devido as atividades humanas que alteram os teores naturais encontrados em diferentes localidades terrestres (GUEDES, 2012). De acordo com Johnson et al. (2008) as áreas com forte influência antrópica apresentam elementos químicos encontrados enriquecidos de metais pesados nos sedimentos de ruas, associando às atividades humanas.

Na escolha do melhor método de investigação indireta, Grant (2002) afirma que devem ser observados: o tipo de sítio, recursos disponíveis, questões étnicas, localização do terreno, grau de precisão exigido, tipo de estudo e tempo disponível,

dentre outros; destacando a importância do uso dos sensores remotos, por possibilitarem a investigação em uma ampla área e com impacto reduzido.

Os principais elementos do sensoriamento remoto são fotografias, imagens aéreas de satélite e geofísica, sendo que todos os dados podem ser separados, combinados e manipulados através da atividade de processamento de imagem em um Sistema de Informação Geográfica (GIS) (DREWETT, 1999).

O método de Levantamento Geofísico, de acordo com Leucci (2012), permite que os parâmetros físicos do subsolo sejam mapeados em reconhecimento de um levantamento de grande escala, em casos específicos, podem fornecer informações úteis sobre a profundidade e a forma de estruturas enterradas de origem antropogênica e pode ajudar a detectar artefatos.

O método de Levantamento Geofísico no mapeamento das características da paisagem de sítios arqueológico demonstra ser uma técnica de baixo impacto ambiental. A maior vantagem dessa técnica é que não tem a necessidade da escavação, tornando-se um método não-destrutivo na investigação no local (GRANT, 2002).

Métodos físicos, de maneira geral, foram primeiramente utilizados em aplicações arqueológicas na década de 1940 (HESSE, 2000). Estes métodos podem ser divididos em métodos de não-contato e métodos de contato, através da eletromagnética e eletrorresistividade, respectivamente (LINFORD, 2006).

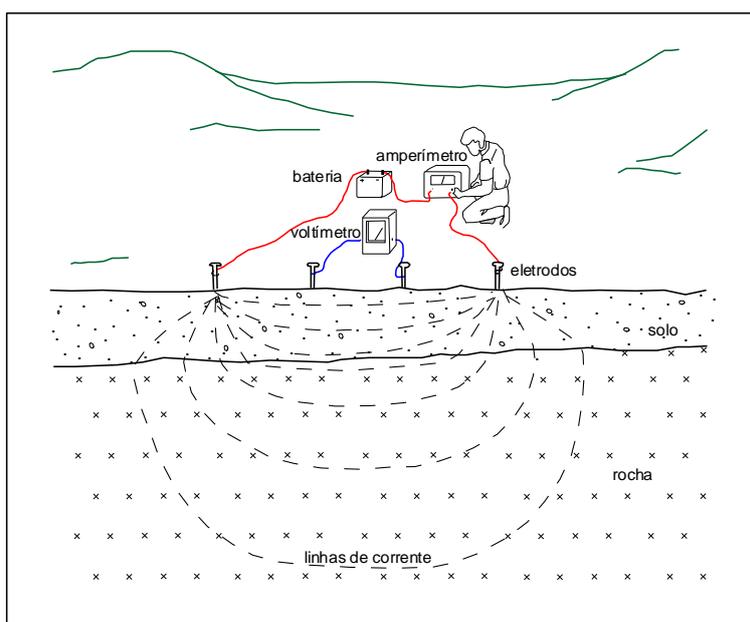
4.2.1 Eletrorresistividade

Dentre os métodos geofísicos, a eletrorresistividade é frequentemente empregada para mapear anomalias de resistividade elétrica associadas aos vestígios arqueológicos, posicionadas em profundidades rasas, tais como, peças cerâmicas, cavidades, sambaquis e estruturas de edificações (muralhas de cidades, alicerce de igrejas e ruínas de estradas), que são relacionadas a atividades antropológicas pretéritas (LEUCCI et al., 2007).

O método da eletrorresistividade se baseia no fato de que as rochas, em função de suas composições mineralógicas, texturais e disposições, apresentam diferentes propriedades de resistividade elétrica (MOURA, 2003).

Esta técnica pode ser utilizada para determinar o parâmetro físico resistividade elétrica real ou aparente da subsuperfície, que abrange o solo, a rocha e água subterrânea, entre outras (Figura 1).

Figura 1- Aplicação do método da eletrorresistividade.



Fonte: (MOURA, 2002).

A aplicação do método solicita que uma corrente elétrica contínua seja injetada no solo por um par de eletrodos localizados na superfície do terreno, ligado a uma fonte artificial de corrente. A diferença de potencial é medida na superfície, entre um segundo par de eletrodos ligado a um medidor de voltagem (MOURA, 2002).

A eletrorresistividade apresenta a vantagem de ser um método não invasivo, de baixo custo e com bom potencial para delimitação e imageamento de subsuperfície (MEJU, 2000; FACHIN, 2007). A resistividade aparente (ρ_a) é a variável experimental que expressa os resultados das medições nos ensaios de campo, e a que se toma como base para a interpretação no método da eletrorresistividade.

De acordo Silva (2002) e Bacellar (2010) o método da eletrorresistividade ocorre a partir da detecção da diferença da existência de potencial (ΔV), medida entre dois eletrodos de potencial, denominados M e N , calcula-se a resistividade aparente (ρ_a) do volume da subsuperfície influenciada pela passagem da corrente elétrica I , injetada no solo pelos eletrodos A e B , dada pela equação abaixo. De acordo com a Equação (1), K é o fator geométrico do arranjo geral do quadripolo $AMNB$ que depende somente das posições de injeção de corrente e de medida do potencial, dado por (KELLER; FRISCHKNECHT, 1977):

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

Onde AM , AN , BM e BN as distâncias entre os eletrodos e:

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

Com níveis teóricos de profundidade (Z) em que o nível 1 equivale a uma profundidade teórica de 0,40 cm, o nível 2 de 0,70 cm, nível 3 de 1 m, nível 4 de 1,20 m e nível 5 de 1,5 m.

De acordo com Lago (2006) existem várias técnicas de aplicação do método da eletrorresistividade. Descrevendo de forma mais simples e resumida as três técnicas mais utilizadas são: a *Sondagem Elétrica Vertical* (SEV), caracteriza-se pela investigação vertical pontual das variações do parâmetro físico com a profundidade; o *Caminhamento Elétrico* (CE), que corresponde à investigação lateral das variações do parâmetro físico a uma ou várias profundidades determinadas; e a *Perfilagem Elétrica* (PERF) que é utilizada para determinar variações verticais de resistividade em poços.

4.2.2 A influência da precipitação pluviométrica na investigação de subsuperfície

O estudo da precipitação pluviométrica na investigação de subsuperfície é de mera importância, devido a influência nos dados coletados em épocas chuvosas. Como afirma Gandolfo (2005), que a resistividade elétrica aparente é influenciada pela precipitação pluviométrica, visto que quanto mais intensas são as chuvas que ocorrerem na época da obtenção dos dados, menores serão os valores da resistividade elétrica.

Para Araujo (1996) e Cavalcanti (2013) o emprego de métodos geoeletricos no delineamento de contaminação de aterros, indicou a maior produção do chorume nos meses de alta precipitação pluviométrica, associado a alta permeabilidade dos solos; onde durante o período de estiagem a pluma de contaminação fica mais concentrada gerando uma grande área condutiva, e no período chuvoso ocorre uma diluição da pluma de contaminação, diminuindo a área com maior condutividade.

Costa (2008) descreve, a partir da caracterização estrutural e geofísica da lixeira de Porto Velho, que a existência de anomalias de baixa resistividade é mais evidente em ensaios realizados no período de alta precipitação pluviométrica (final de novembro), afirmando que há um aumento da quantidade de água infiltrada no solo.

Vilhena e Bezerra (2010) a partir da busca pela resposta de resistividade elétrica aparente de alvos arqueológicos sintéticos, afirmou a presença do efeito da precipitação pluviométrica na redução da resistividade dos sedimentos não consolidados.

Em diversos estudos, a presença de água no solo permite que haja uma mudança nos dados geoeletricos coletados. Moura et al. (2007) no emprego do método da eletrorresistividade no estudo do lixão em Macapá-AP encontrou nos horizontes geoeletricos relacionados à zona vadosa, com a presença mínima de água no solo, altos valores de resistividade (acima de 882 ohm.m), logo em zona saturadas, os valores foram entre 457 a 522 ohm.m.

4.3 Geoestatística

A geoestatística é um conjunto de técnicas com a finalidade de quantificar as incertezas e a predição espacial, como é explicado por Vieira (2013). O uso dessa técnica torna um conjunto de dados mais preciso e com a mensuração de incertezas ligadas a elas. A maioria dos estudos de investigação de subsuperfície que utilizam métodos geoestatísticos são justificados de acordo com a teoria das variáveis regionalizadas e da krigagem que foram criadas por Krige e Matheron na década de 1950.

A teoria das variáveis regionalizadas é caracterizada como um fenômeno aleatório e estruturado, ou seja, é aleatória de forma com que os valores das medições feitas podem variar entre si, e estruturada considerando que os valores das observações em que se trabalha não são completamente independentes da sua localização geográfica (ANDRIOTTI, 2003). Neste caso, pode-se determinar a variabilidade espacial, que dispõe de diferentes métodos de análise de variação espacial, sendo uma delas o semivariograma (VIEIRA, 2000).

A krigagem é um processo de estimação de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes, enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma, podendo ser usada para (LANDIM, 2003): previsão de valor específico de uma variável regionalizada de um determinado local dentro do campo geométrico; cálculo médio de uma variável regionalizada por um volume maior que o suporte geométrico; e estimação de *drift*, de modo similar à análise de superfícies de tendência.

A krigagem ordinária (KO) é um dos métodos geoestatísticos mais usuais (LANDIM et al., 2002), a partir de sua eficiência na interpolação de dados pluviométricos (VIOLA et al., 2010). Segundo Goovaerst (1997), a krigagem ordinária permite calcular médias locais, limitando o domínio de estacionariedade da média à vizinhança local centrada no ponto a ser estimado.

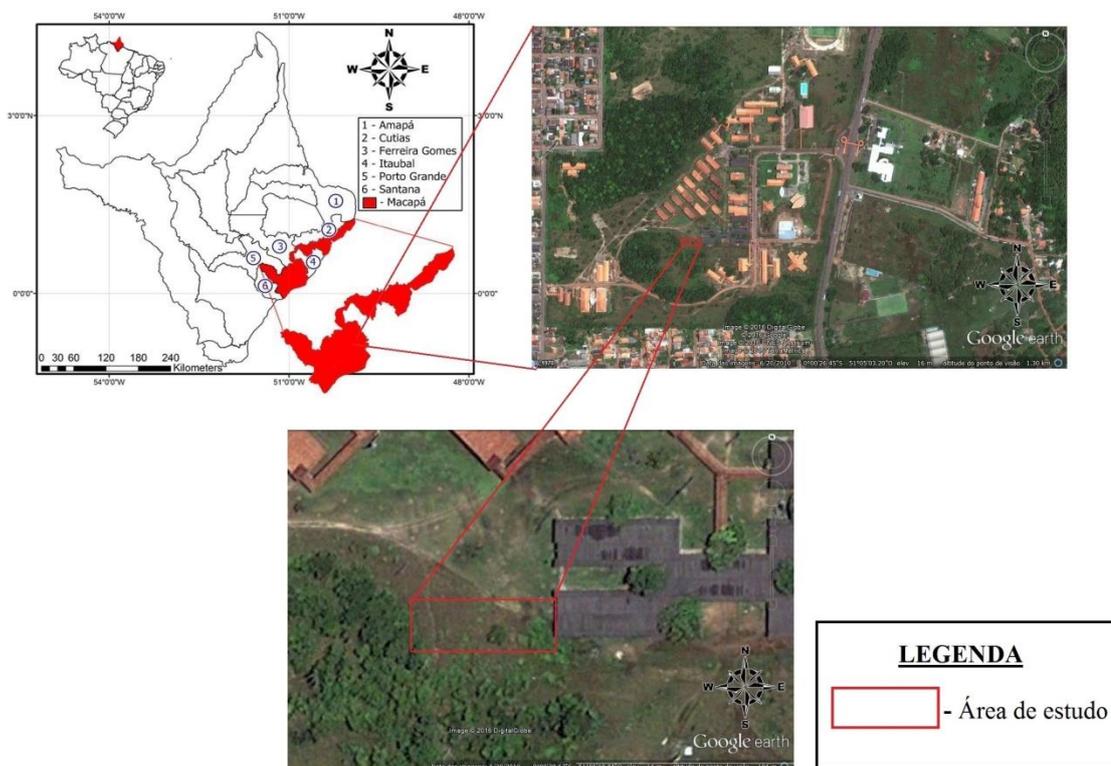
Já a krigagem universal (KU) é utilizada para estimar variáveis (GOOVAERTS, 1997), utilizada em dados tendenciosos, que elimina a tendência dos dados através da interpolação residual e depois incorpora a tendência, melhorando o desempenho da estimação; muitas das vezes utilizada para a análise espacial (DEUTSCH, 2002).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no sítio arqueológico AP-MA-05, no bairro Universidade, localizado geograficamente na região sul da cidade de Macapá (AP) (NERY et. al, 2015), no terreno ocupado pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Dentro do Campus Universitário, a área de estudo situa-se atrás dos blocos de E e D, especificamente, salas de aula do curso de Engenharia Elétrica e centros acadêmicos, respectivamente, (Figura 2).

Figura 2- Localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2016) <http://www.earth.google.com>.

Como demonstrado na Figura 2, a parte Leste da área estuda (área demarcada em vermelho) estão compostas por salas de aula do curso de Engenharia Elétrica, em que algumas horas do dia há a presença de sombra. A parte Norte da área estudada apresenta pouca vegetação rasteira, permitindo com que o solo fique diretamente exposto ao intemperismo e ainda sofrendo a ação de carros e caminhões que se locomovem pelo local. As partes Sul e Oeste estão compostas por vegetação arbórea típicas de área de

cerrado, com a aparência seca, arrançados por arbustos e pequenas árvores retorcidas de folhas grossas e troncos espessos.

O Sítio Arqueológico AP-MA-05 é de origem indígena e foi descoberto em março de 1997 a partir da abertura de uma trincheira para a locação de canos de rede de drenagem de água do Campus Universitário.

A escavação foi de 1 m de profundidade por 70 cm de largura e 50 m de comprimento. Ao longo desta cava foram identificadas manchas de terra preta com e sem material arqueológico. Um trabalho de salvamento realizado pela equipe de arqueologia do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) resgatou urnas funerárias indígenas, especificamente 12 peças e 2 pingentes líticos que estavam dentro da cava (MACHADO, 1997), caracterizando um amplo cemitério indígena. As urnas já escavadas têm diferentes estilos e decorações, esta variedade de estilos indica que diferentes grupos indígenas utilizaram este cemitério, mostrando que há cerca de mil anos a região da cidade de Macapá já deveria ser um ponto de encontro de culturas.

De modo geral, segundo Pereira (1997), todo o material arqueológico coletado, encontrava-se sob camadas de fragmentos de rochas lateritas, com espessuras variáveis de 3 a 50 cm, de formas arredondadas a alongadas de aspecto “poroso” (Grés do Pará). Sendo que atualmente, há a ocorrência de fragmentos de rochas lateritas, como mostrado na Figura 3, em que foi observada com uma régua de escala de 70 mm. Essa cobertura foi feita pelos indígenas devendo servir como marcador do cemitério e como proteção das urnas funerárias.

Figura 3- Fragmentos de Rochas Lateritas.



Fonte: ALBUQUERQUE, Jéssica Lisboa de, 2016.

O material pedológico mostra uma textura areno-argilosa, e apresenta textura maciça, fortemente friável em condições de umidade moderada, passando a pegajoso quando encharcado. Em condições de semi-umidade, o solo mostra-se duro e aderente (PEREIRA, 1997).

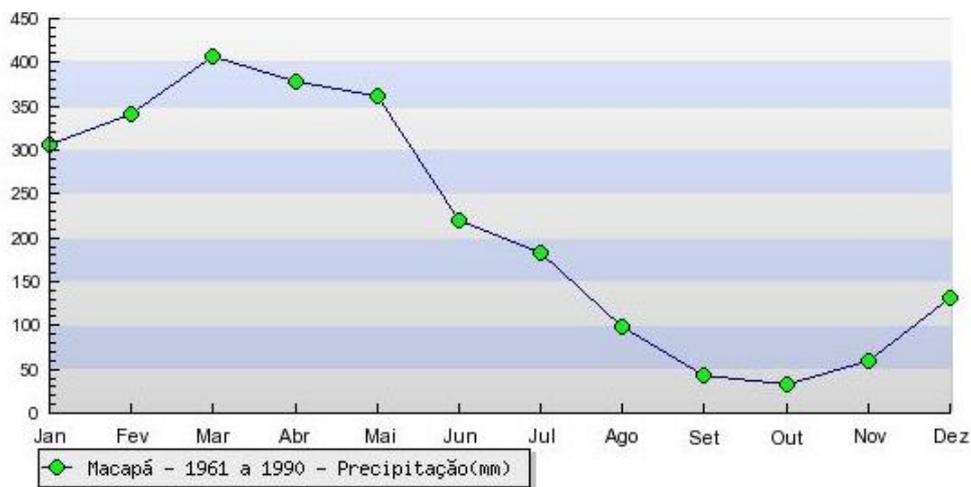
5.1.1 Pluviometria Local

O território do Amapá, em sua totalidade é influenciado pelo clima equatorial superúmido, isso significa que ocorre uma grande quantidade de calor e umidade. A temperatura varia entre 36°C a 20°C. O regime pluviométrico diverge de localidade para localidade, isto devido o Estado apresentar uma alta umidade do ar e está em proximidade com o mar e a floresta.

Em Macapá, de acordo com o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), a temperatura média anual é de 26,6°C, com 2561,3mm/ano de precipitação e umidade

relativa de 83,1% ao ano. Com duas estações distintas, uma chuvosa, predominantemente de dezembro a julho, seguido de dias de chuvas fortes, causada pela influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atuando na região. E a estação menos chuvosa, durante os meses de agosto a novembro, com três meses secos (setembro, outubro e novembro), onde ocorrem períodos de menor precipitação (período menos chuvoso), agravados pela alta temperatura e baixa umidade relativa (Figura 4).

Figura 4 - Precipitação de Macapá – Normal Climatológica (1961 a 1990).



A partir de estudos feito por Nery et. al (2015), nos bairros Zerão e Universidade, às proximidades do Campus Universitário Marco Zero da UNIFAP, foram cadastrados 40 poços, em que 18 poços foram monitorados os parâmetros físico-químicos de campo. O poço mais próximo da UNIFAP apresentou um valor de salinidade baixíssimos, próximo de zero, 0,01%, indicando que se trata de uma água doce. Porém, diferentes dos outros poços estudados por eles, o poço mais próximo da UNIFAP apresentou o menor valor de condutividade, de 16 $\mu\text{s}/\text{cm}$, não indicado a possibilidade de implantação nas águas desses poços.

5.1.2 Aspectos fisiográficos

Segundo Sousa (2013), o relevo do Estado do Amapá é pouco acidentado. É um dos poucos estados que apresentam formações pioneiras de mangue, campos inundáveis, cerrados e floresta tropical densa.

Especificamente, no Estado de Macapá é predominantemente a cobertura de latossolos amarelos em terrenos terciários detríticos argilosos. O relevo de Macapá é de formação rochosa, com grande potencial turístico, sendo que a cidade é cercada e

entrecortada pelas chamadas "áreas de ressaca", que são áreas alagadas e de lagoas, onde parte do dia está coberta pelas águas e outras é um terreno lamacento (TAVARES, 2014).

A área da UNIFAP é predominantemente composta por dois tipos de vegetação, pela mata do sussuro, que é característico de terra firme, apresentando espécies de porte arbóreo como espécies medicinais, ornamentais, orquídeas e bromélias. E pelo tipo de cerrado, caracterizado por espécies de aparência seca, com arbustos e pequenas árvores retorcidas de folhas grossas, ocupando cerca de 80% da área do campus (MENEZES et al., 2006).

A paisagem da área do sítio arqueológico da UNIFAP é composta por cobertura vegetal classificada como cerrado amapaense (FERREIRA et al., 2011), como demonstrado na Figura 5.

Figura 5 - Vista sul do sítio arqueológico AP-MA-05.



Fonte: MOURA, 2009.

5.2 Levantamento da percepção social

O grau de compreensão e valoração da importância socioambiental do sítio arqueológico AP-MA-05 foi avaliado por meio de um levantamento na Universidade Federal do Amapá, empregando questionário/entrevista para dois grupos. Abordando o conhecimento que as pessoas têm sobre a existência do sítio, sua importância e o valor ambiental da área onde o mesmo se localiza.

O primeiro grupo foi composto por estudantes da universidade de área distintas: 27 estudantes das áreas de exatas (engenharia elétrica), 27 estudantes das áreas de

biológicas (bacharelado em ciências biológicas) e 27 estudantes das áreas de humanas (história), empregando questionário, considerando as possibilidades de resposta - *Sim, Não, Parcialmente, Desconheço e Outros*; foram:

- a) Sabe o que é um sítio arqueológico?
- b) Sabe que tem um órgão responsável pela preservação de sítios arqueológicos?
- c) Sabe que tem legislação de proteção aos sítios arqueológicos?
- d) Tem conhecimento sobre a presença de um sítio arqueológico dentro da universidade?
- e) Há espaços participativos para a discussão sobre o sítio arqueológico?
- f) O sítio deve permanecer na universidade como uma área a ser preservada?
- g) Interessa-se e valoriza o sítio?
- h) Existe algum tipo de ação que conheçam e valorize o sítio?

O enfoque do segundo grupo constituiu para professores e envolvidos pela área do sítio arqueológico AP-MA-05/AMAPÁ, empregado entrevistas, referentes aos *Impactos de construções e da ocupação de espaços e Comunidades locais e participação*, empregado para Msc. Jennefer Lavor Bentes (atual representante da prefeitura da UNIFAP), Dra. Mariana Petry Cabral (atuou diretamente na escavação no sítio arqueológico AP-MA-05) e Msc. Irislane Pereira de Moraes (atual Diretora do CEPAP) e Dra. Jucilene Amorim Costa que juntas têm a portaria do IPHAN, considerando as perguntas:

I. Impactos de construções e da ocupação de espaços

- a) A arquitetura do campus tem impactado o sítio?
- b) Tem havido aumento da erosão do solo em torno da área do sítio?
- c) Tem havido destruição da mata nativa?
- d) As áreas degradadas próximas ao campus e no campus da universidade têm sido recuperadas?

II. Comunidades locais e participação

- a) O sítio deve permanecer na universidade como uma área a ser preservada?
- b) A organização da comunidade teve as atividades associadas ao sítio como motivação importante?
- c) Os pesquisadores ligados ao sítio estão organizados?
- d) Há disputas/conflitos em torno da gestão do sítio?

- e) Os pesquisadores que atuam no sítio interagem com os demais?
- f) Existem alianças ou parcerias interinstitucionais e/ou intersetoriais voltadas para o acompanhamento e o planejamento das atividades ligadas ao sítio?
- g) Há fóruns de participação voltados para o planejamento e a gestão do sítio?
- h) Tem havido alguma forma de desrespeito e violação ao sítio?
- i) Há alguma iniciativa para apoiar a conservação, valorização e resgate da cultura, tradições do sítio?
- j) A reitoria do campus abre espaços participativos para a discussão sobre o sítio?
- k) Existe algum tipo de ação para que os discentes/docentes conheçam e valorize o sítio?

As questões dos questionários foram elaboradas para que se pudessem ter informações a respeito da percepção social dos estudantes sobre o sítio arqueológico dentro da UNIFAP. Os questionários foram construídos com base em estudos realizados por GUNTHER (2003), em que um dos principais caminhos para compreender o comportamento humano no contexto das ciências sociais empíricas é perguntar sobre o que fazem/fizeram e pensam/pensaram sobre o tema a ser discutido. O levantamento de dados, denominado de *survey*, assegura melhor representatividade e permite generalização para uma população mais ampla.

5.2.1 Método utilizado na análise da percepção social

Na análise dos dados obtidos pelos questionários direcionados a levantar informações sobre a percepção dos alunos da UNIFAP foi utilizado um modelo linear generalizado para dados categorizados. Esse tipo de modelo é adequado quando se deseja avaliar tabelas de frequências para o teste de independência entre variáveis ou teste de homogeneidade entre populações. O teste de homogeneidade tem por principal objetivo avaliar se não há diferenças (hipótese H_0) entre as frequências de respostas observadas entre várias populações. A estatística de teste mais utilizada para avaliar essa hipótese é a estatística de qui-quadrado (AGRESTI, 1996).

Neste caso, o teste de homogeneidade foi utilizado para avaliar se as probabilidades de respostas em diversas categorias representando populações são iguais. Em geral, as frequências das respostas são consideradas como variáveis resposta, y e as categorias de respostas como variáveis independentes, x . Para a avaliação das respostas

é utilizado o modelo $F(p) = \chi\beta$, em que $F(p)$ são as probabilidades de resposta, χ o vetor de variáveis independentes e β os parâmetros do modelo a serem estimados. Pode ser utilizada a estatística de qui-quadrado, χ^2 como estatística de teste.

5.3 Caracterização da precipitação pluviométrica

Para avaliar a influência da precipitação pluviométrica nos dados de resistividade elétrica aparente, os dados de precipitação média mensal de 2003 a 2015 foram obtidos através da Rede de Estações Meteorológicas do INMET de Macapá com o objetivo de se ter uma maior ampliação dos dados.

De acordo com INMET, a Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática é composta de uma unidade de memória central (*data logger*), ligada a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc.), que integram os valores observados minuto a minuto e os disponibiliza automaticamente a cada hora.

Os dados de resistividade elétrica aparente (ρ_a) foram coletados na estação chuvosa, especificamente no mês de abril, e na menos chuvosa, no mês de setembro, juntamente com os dados de precipitação acumulado de 15 dias antes da coleta dos dados geofísicos, com o intuito de verificar os resultados da resistividade elétrica sazonalmente.

5.4 Método geofísico

Os dados deste trabalho foram coletados em uma área de 10 m x 20 m mostrado na Figura 6 e 7, situada no sítio arqueológico AP-MA-05, aplicando o método geofísico de eletrorresistividade, utilizando a técnica do caminhamento elétrico, com o intuito de verificar a variação lateral de resistividade elétrica do meio.

Como demonstrado na Figura 6, a área de estudo (área demarcada em vermelho) apresenta diferentes tipos de ocupação, em que há o prédio de salas de aulas do curso de Engenharia Elétrica e vegetação rasteira de poste médio, em que determinadas horas do dia permanece com sombra no solo, porém a maioria das partes estão expostas diretamente ao intemperismo.

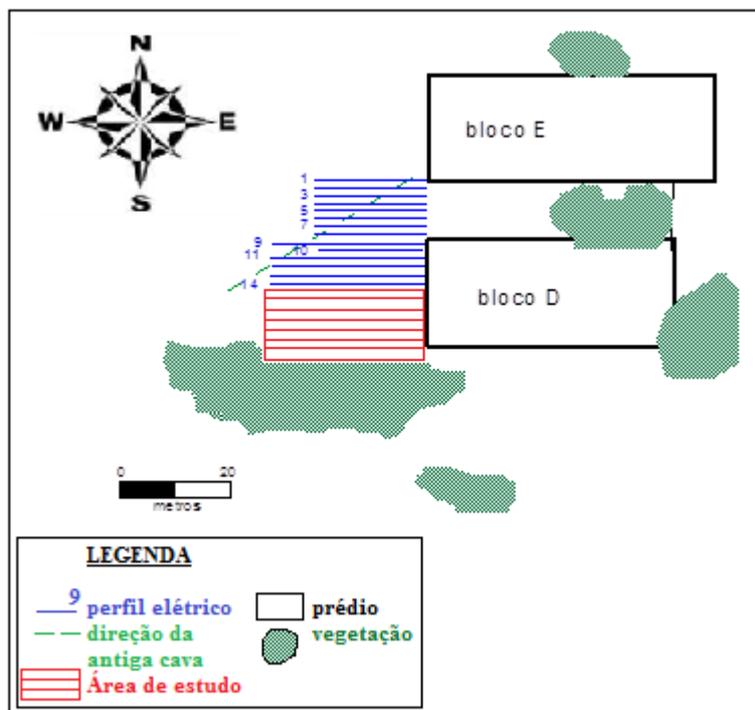
Figura 6 - Área de estudo no sítio arqueológico AP-MA-05 ($00^{\circ} 01'$ de latitude sul e $51^{\circ}05'$ de longitude oeste de Greenwich).



Fonte: ALBUQUERQUE, Jéssica Lisboa, 2016.

Os dados foram adquiridos com arranjo dipolo-dipolo, com espaçamento de 1 m entre os eletrodos, com cinco níveis de amostragem, ao longo de 10 perfis com 20 m de extensão, com espaçamentos entre si de 1 m, segundo a direção EW transversalmente à linha que define a direção em que a cava foi aberta para instalação da rede de drenagem, como é mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Croqui de localização dos perfis de caminhamento elétrico no sítio arqueológico AP-MA-05.



Foram colocadas duas trenas sobre o terreno, usadas para controlar o intervalo entre os eletrodos e entre os perfis. O equipamento utilizado foi o resistímetro SARIS, com tempo de injeção utilizado de 1 s. Os dados obtidos pela técnica de caminhamento elétrico foram interpretados da forma qualitativa, usando perfis, mapas e bloco 3D de resistividade elétrica aparente.

5.5 Método Geoestatístico

Para o tratamento dos dados geofísicos foi utilizado prioritariamente o programa R (R Development Core Team, 2014, versão 3.2.1), que apresenta vários pacotes geoestatísticos, entre os quais o *geo-R* e *gstat*. A metodologia utilizada na geoestatística compreende as seguintes etapas:

- Validação dos Dados (geofísicos): consiste em verificar a consistência dos dados amostrados em cada Caminhamento Elétrico (CE). Esta verificação não abrange somente a consistência da(s) variável(is) de interesse, mas também, suas corretas identificações espaciais nas três dimensões.
- Análise Exploratória: após a validação dos dados amostrados através dos métodos de sondagem, a etapa seguinte consiste em obter informações preliminares, principalmente da distribuição da(s) variável(is) de interesse, através de medidas estatísticas clássicas, e identificar a possível presença de valores discrepantes (*outliers*) na amostra. Quando se analisa variáveis é recomendável testar a normalidade da(s) mesma(s), pois interferirá na escolha do modelo geoestatístico mais adequado.
- Semivariograma Experimental: nesta etapa são calculados os semivariogramas experimentais para a variável contínua ou qualitativa em que se usam variáveis indicadoras para cada categoria. Caso haja indícios de anisotropia, a análise variográfica para diversas direções ajudam na identificação dos ângulos de anisotropia e no alcance dos mesmos.
- Modelagem Variográfica: são baseados em modelos variográficos válidos, que a partir da determinação dos parâmetros, dependem unicamente da distância entre os pontos.
- Determinação dos Suportes para a Modelagem em 3D: o suporte (o tamanho dos blocos) pode ser escolhido de acordo com especificações obtidas por meio de estudos empíricos, contidos na literatura, ou o menor tamanho computacionalmente factível, pois a expectativa é que: quanto menor os tamanhos dos blocos mais precisos sejam as estimativas das formas na subsuperfície.

- Interpolação e ou simulação: definidos os modelos variográficos de cada categoria e o suporte dos blocos, que é a construção da malha, o passo seguinte é estimar as eletrorresistividades da subsuperfície através da krigagem ordinária ou indicadora por bloco.
- Mapeamento: com os resultados da interpolação ou simulação é possível visualizá-los utilizando mapas iterativos em três dimensões ou várias imagens planas discretizadas em um dos eixos, denominados de *slices*. Estas funcionalidades estão incorporadas nos pacotes *rgl* e *lattice*, implantados no ambiente R, respectivamente.

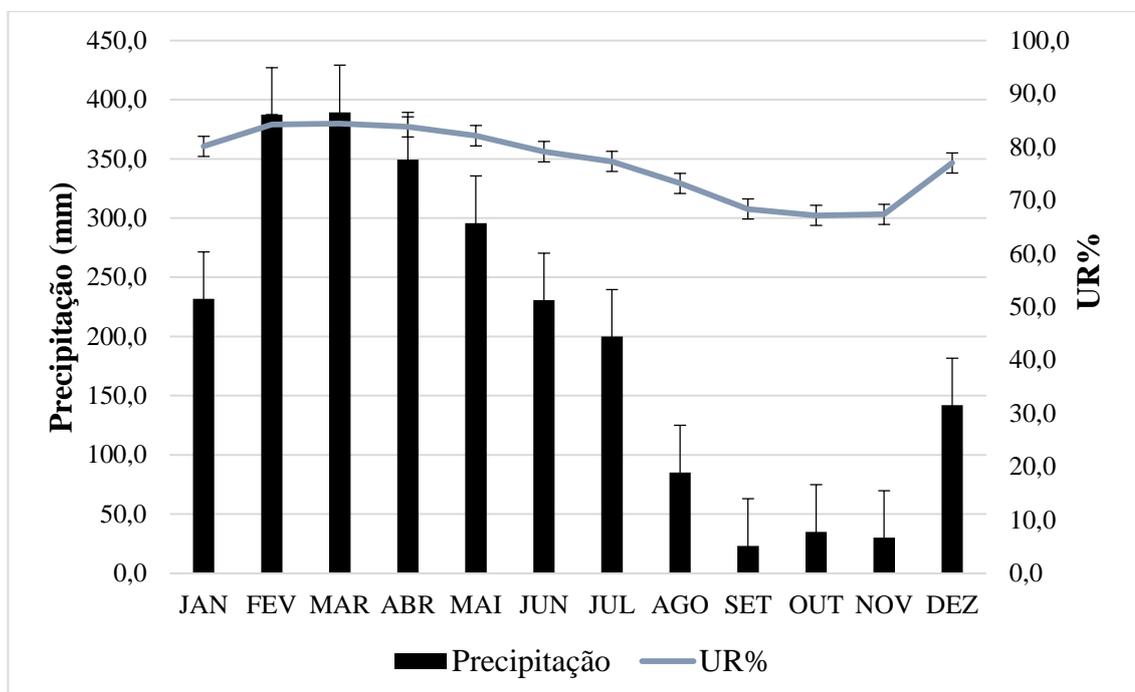
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Caracterização da precipitação pluviométrica

A Figura 8 mostra a média mensal da precipitação de Macapá, no período de 2003 a 2015 (13 anos), demonstrando as duas estações distintas, uma chuvosa, predominantemente de dezembro a julho, com média acima de 270 mm, e a estação menos chuvosa, durante os meses de agosto a novembro, com média inferior a 44 mm, que em época da sazonalidade é confirmada por Tavares (2014).

A Figura 8 apresenta os dados de precipitação pluviométrica coletados de 2003 a 2015 seguindo o mesmo padrão de dados coletados de 1961 a 1990 de Macapá (Figura 4). O mês que se destacou com maior precipitação pluviométrica nas duas figuras analisadas (Figura 4 e 8) foi o mês de março, entretanto o mês com menor precipitação na Figura 4 foi o mês de outubro com aproximadamente 30 mm e na Figura 8 foi o mês de setembro com 23,2 mm.

Figura 8 - Média mensal da precipitação (mm) e Umidade Relativa (%) de Macapá (2003-2015).



FONTE: NHMET/IEPA.

Nos meses de setembro, outubro e novembro evidenciam os três meses mais secos, em que ocorre o período de estiagem, baixa incidência de chuva com média apenas de 29,4 mm e baixa umidade relativa com média de 67,6%. Tavares (2014) confirma que nos meses mais secos (agosto a novembro) a temperatura máxima média do mês mais quente em outubro atingiu a 32,6°C

Em estações mais chuvosas a umidade relativa média mensal é de 80,6% e em menos chuvosas 69%, essa diminuição de umidade é justificada por Tavares (2014) que afirma que nos meses mais secos (agosto a novembro) ocorre um déficit de umidade no solo, confirmando que a umidade relativa média mensal apresenta variabilidade sazonal, variando entre 60 e 100%, com desvio padrão de 5,2. De acordo com o INMET (2000) a umidade relativa média anual é torno de 83%, caracterizando o clima da região como Equatorial com subseca, ou seja, com meses menos chuvosos, com elevadas temperaturas em todos os meses do ano, com pelo menos dois meses de subseca.

A precipitação acumulada de 15 dias antes da coleta do mês de abril (mais chuvoso) foi de 143,9 mm, enquanto a precipitação acumulada de 15 dias antes da coleta do mês de setembro (menos chuvoso) foi de 0 mm. Dessa forma, verificou-se que a incidência de precipitação pluviométrica em épocas chuvosas é muito superior a épocas menos chuvosas. De acordo com estudos de municípios do Amapá, Amanajás (2014), afirma que os meses de janeiro a maio são os mais chuvosos, e os meses de junho e novembro são os meses de transição, visto que o comportamento da precipitação pluviométrica nos municípios de Amapá referentes de 1980 a 2005 (não consecutivos) tiveram baixas precipitações pluviométricas em função da passagem do fenômeno chamado El Niño, afetando todas as condições meteorológicas do planeta.

6.2 A influência da precipitação pluviométrica na resistividade elétrica aparente da subsuperfície

Foram feitas coletas em dois períodos diferentes, uma na estação chuvosa em abril de 2015, e outra na estação menos chuvosa, em setembro de 2015. Inicialmente, os dados foram analisados estatisticamente de forma descritiva com o objetivo de descrever e resumir os dados de resistividade elétrica aparente das duas coletas. Pode-se observar que, em geral, as resistividades no período chuvoso (coleta 1) são menores do que as resistividades no período menos chuvoso (coleta 2). Em épocas chuvosas ocorreu um mínimo de 198,7 ohm.m e máximo de 3946 ohm.m, com média total de 1188,9

ohm.m. Em épocas menos chuvosas o mínimo foi de 394 ohm.m, máximo de 5863 ohm.m e média 2078 ohm.m (Tabela 1).

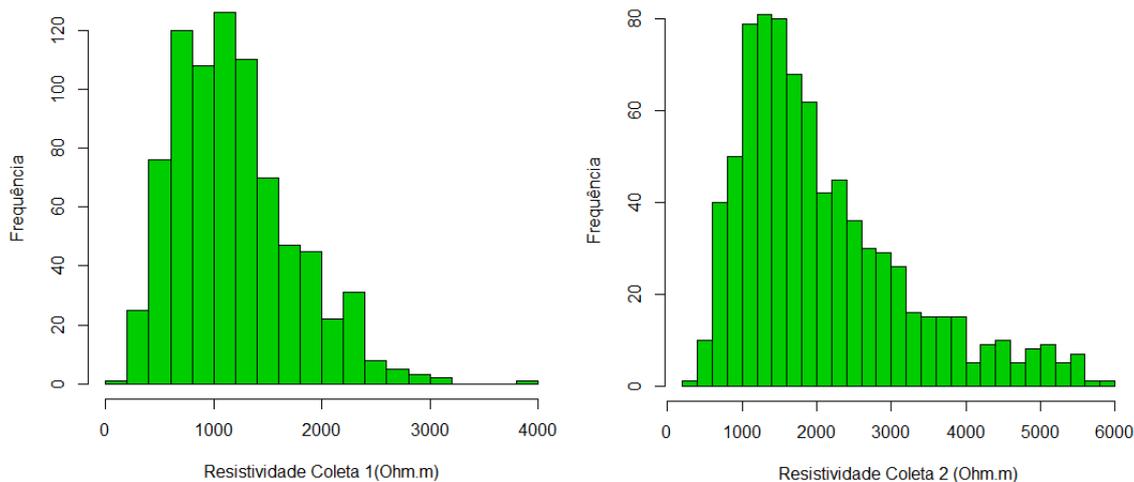
A maior variação de resistividade elétrica aparente foi observada no período menos chuvoso (coleta 2) de acordo com valores mínimos e máximos observados na Tabela 1. Valores de media e mediana próximos um do outro indicam distribuições com pouca assimetria. Neste caso, a distribuição do período mais chuvoso (coleta 1) apresentou-se mais simétrico por causa dos valores de medias e mediana bem mais próximo em relação ao período menos chuvoso (Figura 9). A média representa melhor distribuições simétricas, por isso quanto mais simétrica é a distribuição mais precisas serão as estimativas, uma vez que os métodos de interpolação são, em geral, baseados na média (Queiroz, 2003).

Tabela 1 - Estatística descritiva da resistividade elétrica aparente (ohm.m) da coleta 1 e coleta 2.

Estatísticas	COLETA 1	COLETA 2
Min.	198,7	394,0
Q1	764,0	1253,0
Mediana	1115,0	1770,0
Média	1188,9	2078,0
Q3	1508,2	2635,0
Max.	3946,0	5863,0

A Figura 9 apresenta os histogramas dos dados de resistividade elétrica aparente, onde se observa uma leve assimetria nas distribuições dos gráficos, utilizando uma mesma escala. A maior frequência de dados de resistividades altos em épocas menos chuvosas (coleta 2), que se corresponde ao mês de setembro, comparados aos dados de épocas chuvosas (coleta 1) no mês de abril.

Figura 9 - Histograma dos dados de resistividade da Coleta 1 e Coleta 2.

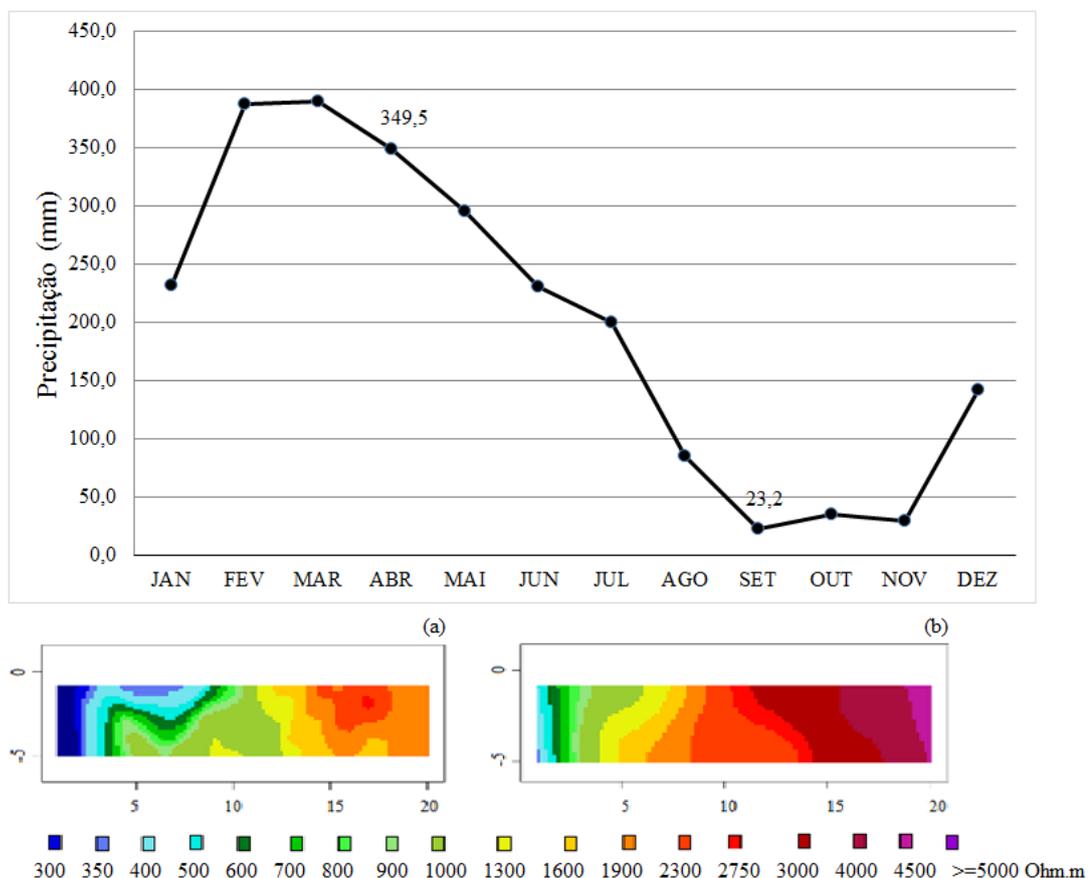


Para a análise dos dados com o uso da geoestatística foi necessário, inicialmente, realizar o modelamento da variação espacial por meio de variogramas construídos para 10 perfis (2D) obtidos na área de estudo.

Foi escolhido um perfil em duas épocas diferentes (perfil 2), chuvosa e menos chuvosa. Em que se observa a ausência de anisotropia nos dois períodos, porém uma forte tendência nos valores medidos de resistividade elétrica aparente, ou seja, na distribuição espacial dos valores as maiores observações situam-se no lado leste da área de estudo. Neste caso, foi feita a opção de se utilizar a krigagem universal, apropriada, nesta situação.

Os modelos espaciais ajustados foram utilizados na krigagem universal para a realização do mapeamento da resistividade elétrica aparente mostrada na Figura 10 juntamente com as precipitações nos dois períodos (chuvoso e menos chuvoso). Observa-se claramente a mudança nos valores de resistividade em relação às precipitações. Maiores resistividades parecem estar associadas ao período menos chuvoso enquanto menores resistividades relacionam-se com período mais chuvoso.

Figura 10 - Precipitação mensal na área de estudo (superior), e mapas da krigagem universal do perfil 2 na época de chuva (embaixo à esquerda) e na época menos chuvosa (embaixo à direita).



Como demonstra na Figura 10, nos meses de abril e setembro (épocas em que os dados de resistividade elétrica aparente foram coletados) a média de precipitação pluviométrica em abril (mais chuvoso) foi de 349,5 mm, com resistividade elétrica aparente mínima de 292 ohm.m e valor máximo de 3067 ohm.m, com média de 1272.05 ohm.m. Em setembro (menos chuvoso) a média de precipitação pluviométrica foi de 23,2 mm com valor mínimo de resistividade elétrica aparente de 504 ohm.m e valor máximo de 5450 ohm.m, com média de 2490.8 ohm.m, demonstrando que a precipitação pluviométrica interfere na quantificação dos dados geoeletricos no solo. Este resultado é concordante com Cavalcanti (2013) que demonstra a influência da precipitação no delineamento de contaminação de aterros; Costa (2008) que avaliou na infiltração de água no solo; e Gandolfo (2005) na discussão da resistividade elétrica aparente. Além disso, ocorrem os fluxos sub-superficiais que dispersam e transportam massa pelo escoamento da água subterrânea, alterando as concentrações das

componentes e equilíbrio geoquímico do solo, especialmente quando o lençol freático está próximo da superfície.

Observa-se na Figura 10 que os dados de menores valores nos mapas da krigagem universal do perfil 2 estão compondo o lado esquerdo com distancia de até 3 metros do ponto inicial na época de chuva (embaixo à esquerda) e na época menos chuvosa (embaixo à direita) os menores dados estão com distância de até 1 metros do ponto inicial (eixo y). O ponto inicial da área de estudo é composto pela estrutura física da UNIFAP, sala de estudo de Engenharia Elétrica e centros acadêmicos, implicando nas proximidades maior concentração e permanência de água no solo, como é demonstrado na Figura 10 nas tonalidades em azul. Já nas distâncias do eixo y de 10 a 20 metros, nas duas coletadas, encontra-se com resistividade elétrica aparente maiores, em relação as distâncias de 0 a 5, isso é justificado devido haver uma maior incidência de luz solar em que faz com que ocorra uma maior evaporação da água nas áreas de 10 a 20 metros.

O conhecimento da influência da precipitação no mapeamento do solo é indispensável, pois dependendo em que época é a realização do mapeamento o resultado será mais ou menos influente. A resistividade elétrica aparente é influenciada pela precipitação pluviométrica, visto que quanto mais intensas são as chuvas que ocorrerem na época da obtenção dos dados, menores serão os valores da resistividade elétrica (GANDOLFO, 2005).

Para a construção do modelo em 3D foram considerados 10 perfis em diferentes níveis de profundidade (Figura 11). Observa-se na Figura 11 que os locais com menor resistividade (pontos em azul) coincidem com a infraestrutura (prédio mostrado na Figura 6) da UNIFAP onde se localizam os telhados, ou seja, a água que desce neste local torna o terreno mais úmido e, em consequência, menos resistivo.

Em seguida, foram construídos os semivariogramas experimentais e modelos ajustados sem tendência para os dois períodos como mostra a Figura 12. Como no caso dos perfis em 2D, também neste caso (3D), foi utilizada a krigagem universal devido a presença de forte tendência no comportamento da resistividade elétrica aparente. A partir dos resultados dos semivariogramas foram estimadas, por meio da krigagem universal, as resistividades nos blocos em 3D (programas em anexo).

Figura 11 - Mapa de pontos da eletrorresistividade (ohm.m) em 3D no período chuvoso (a) e menos chuvoso (b).

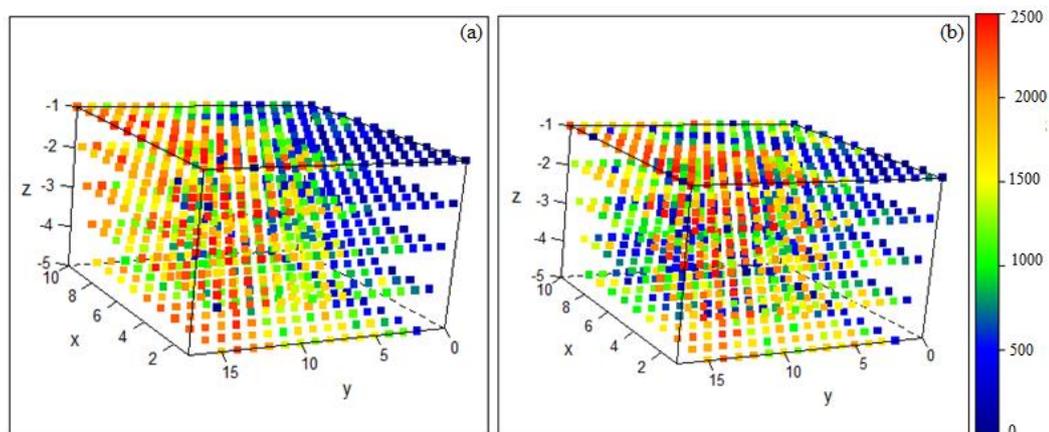
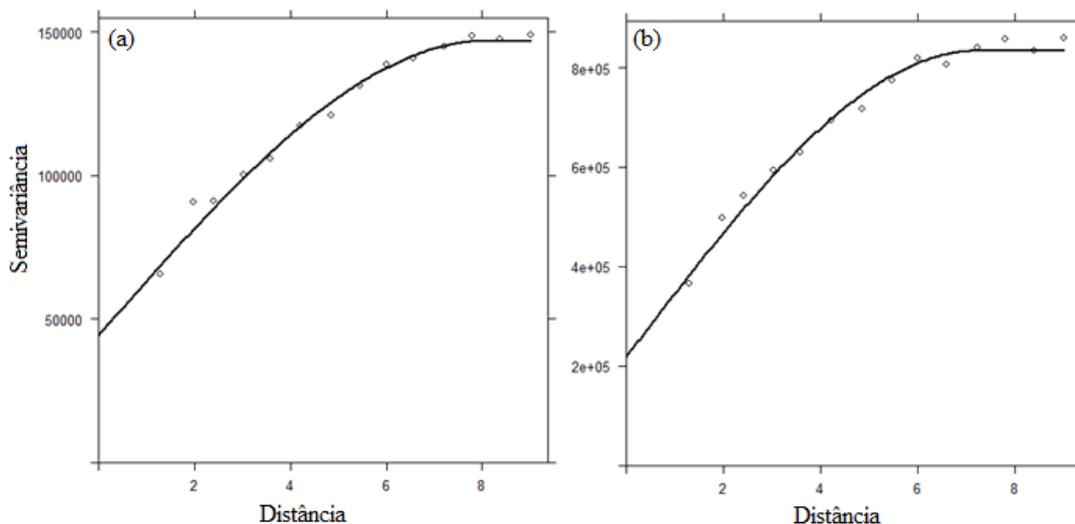


Figura 12 - Semivariogramas experimentais e modelos ajustados sem tendência no período chuvoso (a) e menos chuvoso (b).

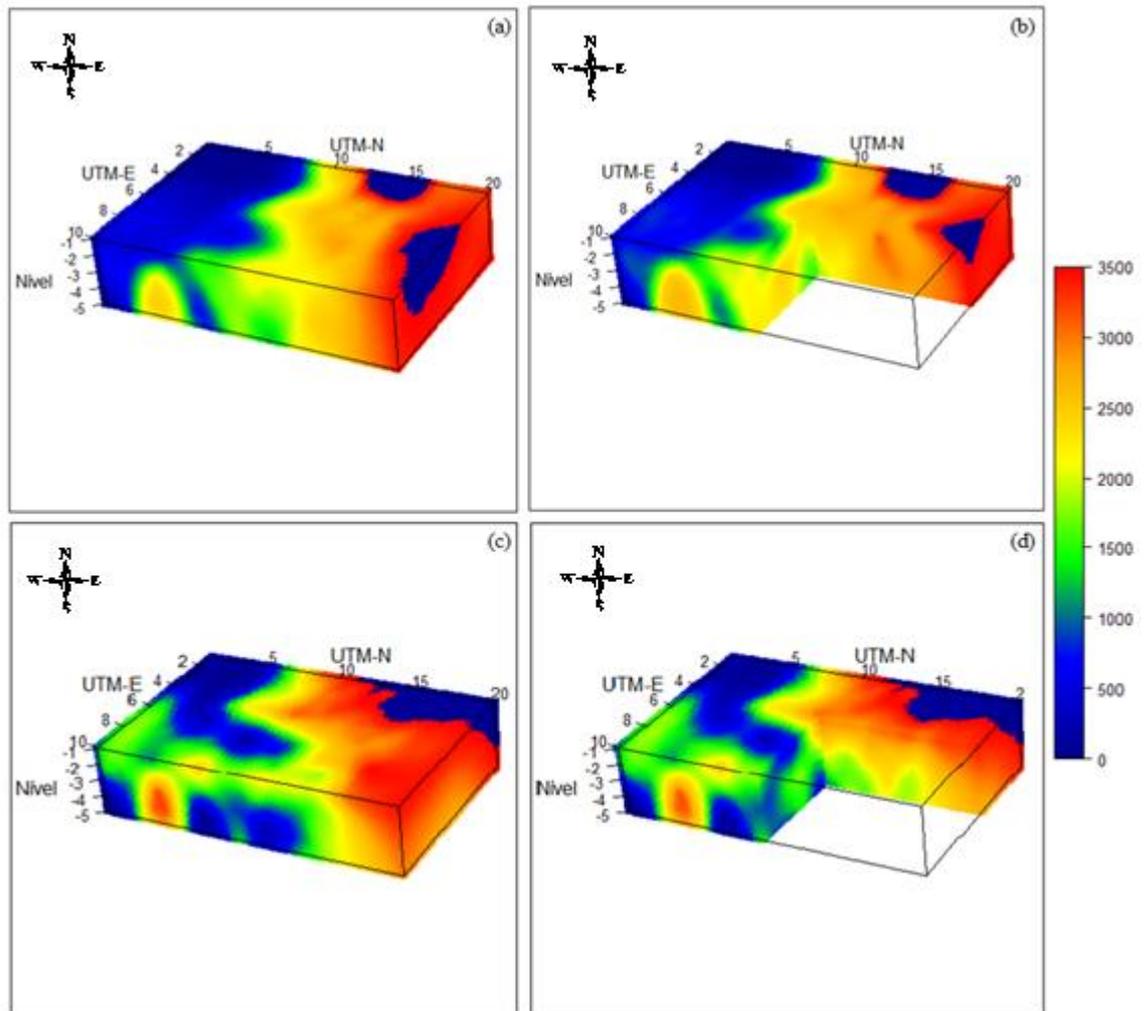


A Figura 13 mostra a resistividade elétrica aparente em bloco 3D na subsuperfície do solo arqueológico dentro da UNIFAP, com seus respectivos cortes de seções, para maior investigação na subsuperfície. Observa-se que a época menos chuvosa apresenta maior área com resistividades aparentes mais altas em relação a época chuvosa. As maiores resistividades ocorrem na parte leste da área de estudo. Entretanto, na parte sudoeste da área observa-se uma anomalia que pode estar relacionada a algum objeto arqueológico, com uma resistividade superior a 2500 ohm.m.

Moura (2009) afirma que resistividade predominantemente acima de 2000 ohm.m estão associadas a feições arqueológicas, com a presença fragmentos de rochas lateritas

com ou sem vasilhas cerâmicas, compreendendo que intervalo entre os valores de resistividade aparente de 1000 ohm.m a 1500 ohm.m estão associados ao meio natural.

Figura 13 - Bloco 3D para resistividade elétrica aparente na época chuvosa (a), corte de secção na época chuvosa (b), na época menos chuvosa (c) e corte de secção na época menos chuvosa (d).



Na Figura 13 nota-se a influência da paisagem nos dados coletados de resistividade elétrica aparente, em que se observa que no lado Oeste dos Blocos 3D encontra-se uma parte coberta devido a presença do telhado da infraestrutura da UNIFAP, em que se ressalta nas áreas em azul na Figura 13(a) e (b). No Norte dos Blocos 3D contém uma mata do sussuro com espécies de porte arbóreo, em que permite a permanência de água no solo mesmo em épocas menos chuvosas, como é demonstrado na Figura 13(c) e (d). Já no Sul dos Blocos 3D há a ausência de cobertura vegetal no solo em que permite que a resistividade elétrica aparente aumente devido

uma menor quantidade de água no solo. O teor de umidade no solo é um dos fatores que afetam a condutividade elétrica do solo (FRIEDMAN, 2005), dessa forma as mudanças sazonais que permitem um maior teor de umidade do solo ou no nível do lençol freático irá causar variação na resistividade do solo (JERVIS, 2014).

De acordo com Binley (2002) a condutividade elétrica do solo assemelha-se ao comportamento do teor de umidade do solo, através da perda líquida ou ganho de umidade do solo, a partir dos efeitos combinados de precipitação e evapotranspiração. Além de afetar a resistividade do solo, as mudanças sazonais podem influenciar na detecção de características individuais em conjuntos de dados de levantamento de resistividade (JERVIS, 2014). As anomalias de resistividades associados a alguns sítios arqueológicos são mais fáceis de detectar em época com pouca umidade no solo, em solos relativamente secos (CLARK, 1996).

Para realização de estimativas de volumes em regiões com diversos níveis de resistividade elétrica aparente foi considerada a técnica da krigagem indicativa. Neste caso, foram definidos os quartis para as resistividade em cada período e foram utilizadas variáveis indicadoras para cada quartil. Neste caso, a distribuição foi dividida em 4 partes iguais (os quartis) com 25% dos valores medidos de resistividade elétrica aparente em cada quartil. Os 25% dos valores de eletrorresistividade do quartil 1 estavam na faixa de 394 a 1252.75 omh.m. Para os quartis 2, 3 e 4 as variações de resistividade elétrica aparente foram de 1252.75 a 1770.5, 1770.5 a 2635 e 2635 a 5863 ohm.m, respectivamente. A Figura 14 mostra os valores observados de resistividades para os quartis nas duas coletas. Na Figura 15 são apresentados os semivariogramas experimentais para os dois períodos. A maior correlação espacial foi observada no quartil 4, que concentra 25% dos mais altos valores de resistividade.

Figura 14 - Dados observados dos quartis para a época chuvosa (a) e época menos chuvosa (b).

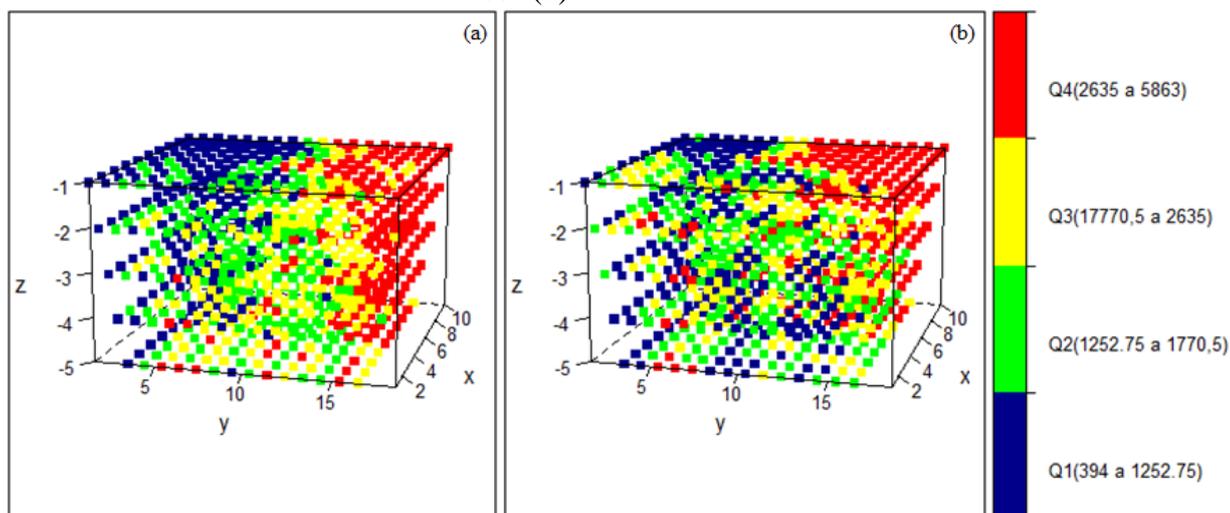
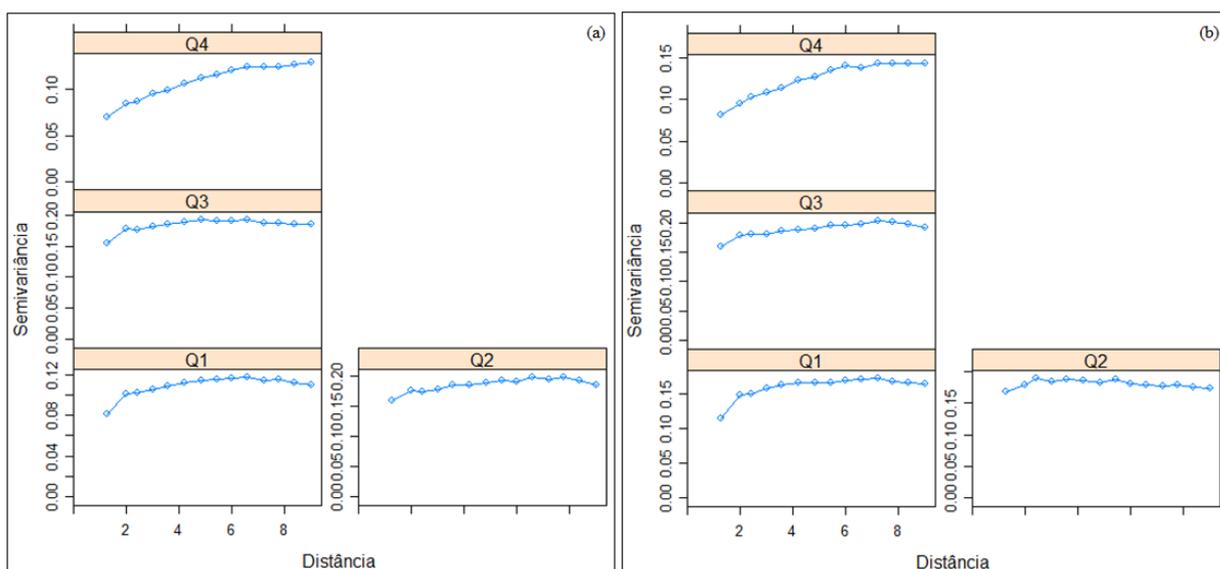
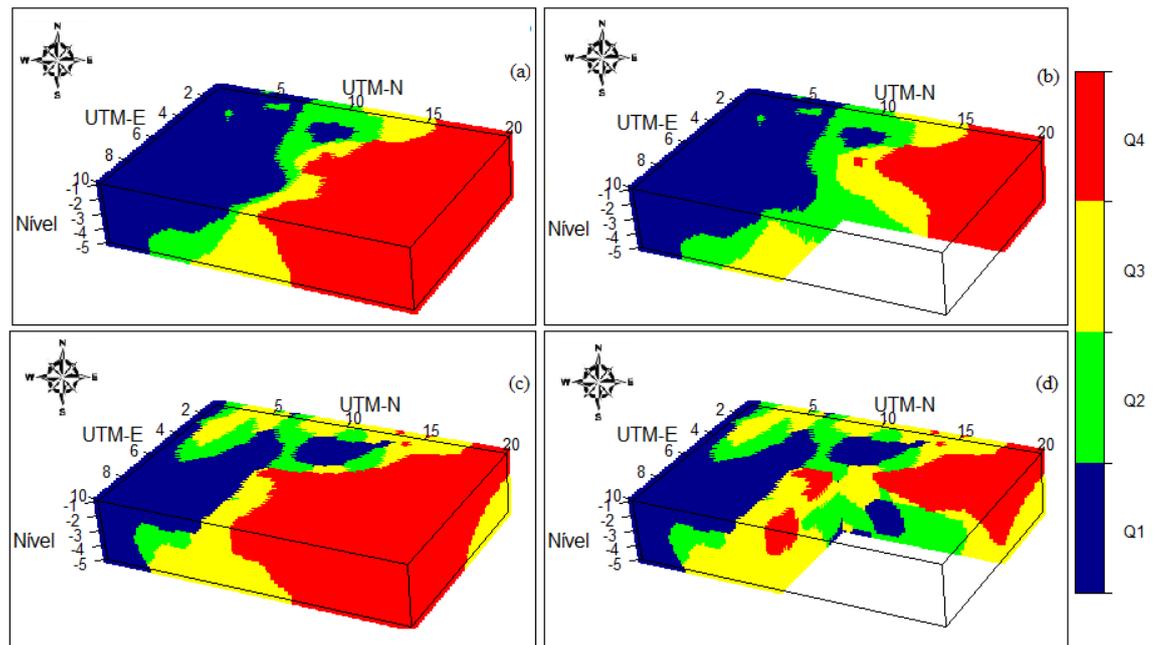


Figura 15 - Semivariogramas experimentais dos quartis para a época chuvosa (a) e época menos chuvosa (b).



O resultado da krigagem indicativa para os quartis são apresentados na Figura 16. Observa-se que os blocos em 3D totais e seccionados para o período menos chuvoso apresentam maiores valores de resistividade em relação ao período mais chuvoso. Com base no tamanho do suporte do *grid* 3D pode-se estimar o volume de cada quartil de acordo com a quantidade de valores estimados em cada ponto do *grid*. Na coleta 1 (mais chuvoso) ocorre maior quantidade de valores baixos (quartil 1) em relação ao período 2.

Figura 16 - Bloco 3D dos quartis no período chuvoso (a) com secção (b) e no período menos chuvoso (c) com secção (d).



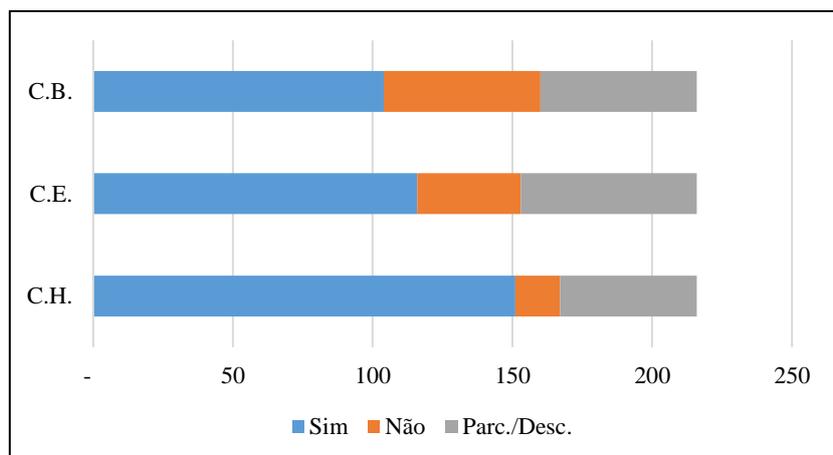
6.3 Caracterização da percepção social dos alunos da UNIFAP

Um modelo linear generalizado para dados categorizados foi utilizado na avaliação da percepção social dos alunos da UNIFAP das áreas de Ciências Biológicas (bacharelado em ciências biológicas), Ciências Exatas (engenharia elétrica) e de Ciências Humanas (história) em relação ao conhecimento sobre a ciência arqueológica, foi realizada por meio de questionários com perguntas sobre assuntos relacionados ao tema.

Neste caso, o teste de homogeneidade foi utilizado para avaliar se as probabilidades de respostas (sim, não, parcialmente/desconheço) são as mesmas para as populações (alunos dos cursos CH, CE e CB). Neste modelo, as frequências de sim, não e parcialmente dos questionários foram consideradas como variáveis respostas, y e os cursos, CH, CE e CB como variáveis independentes, x (populações). Para a avaliação das respostas dos alunos de cada curso no modelo linear $F(p) = \chi\beta$, foi utilizada a estatística de qui-quadrado, χ^2 . No modelo, $F(p)$ são as probabilidades de resposta, χ o vetor de variáveis independentes e β os parâmetros do modelo a serem estimados.

Foram entrevistados 27 alunos do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, 27 alunos do curso de Engenharia Elétrica e 27 alunos do curso de história. As respostas do questionário submetido aos alunos das áreas de CB, CE e CH da UNIFAP foram tabuladas e apresentadas na Figura 17.

Figura 17 - Respostas do questionário submetido aos alunos de Ciências Biológicas (C.B.), Ciências Exatas (C.E.) e de Ciências Humanas (C.H.) da UNIFAP.



O questionário abordou o conhecimento que os próprios alunos da Universidade Federal do Amapá têm sobre a existência do sítio arqueológico, sobre sua importância, órgãos e leis que regem o sítio, espaços participativos, interesses e sobre ações para a valorização do mesmo. Os alunos das áreas de CH apresentaram um maior grau de compreensão, valoração da importância socioambiental e interesse sobre o sítio arqueológico AP-MA-05.

Dos discentes de CH, 95% sabem o que é um sítio arqueológico e têm o conhecimento sobre a existência de um sítio arqueológico dentro da universidade, e dos discentes de CE 74% deles, porém apenas 52% dos discentes de CB têm a noção sobre sítio arqueológico e sobre a existência do mesmo dentro da universidade.

Do total de alunos pesquisados, 64% têm o interesse e valoriza os sítios arqueológicos, visto que 23%, 22% e 19% os alunos de ciências humanas, biológicas e exatas, respectivamente. Visto que, 30,9% do total dos alunos entrevistados têm o conhecimento de ações que aumentem o conhecimento e a valorização do sítio.

Apenas 11,1% dos alunos têm o conhecimento da existência de espaços participativos para a discussão sobre o sítio arqueológico e 33,3% não têm conhecimento algum sobre os espaços participativos.

Porém, 86,4% dos alunos pesquisados têm a opinião que o sítio deve permanecer na universidade como uma área a ser preservada e 60% dos alunos têm o conhecimento que há um órgão responsável pela preservação de sítios arqueológicos e legislação de proteção aos sítios arqueológicos. Houve diferenças significativas entre os cursos da

UNIFAP em relação a percepção sobre arqueologia ($\chi^2 = 38.01$, $p < 0.0001$), como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultado – ANOVA.

Análise de Variância			
Fonte de variação	GL	χ^2	Pr > χ^2
Intercepto	2	1858.32	<.0001
Curso	4	38.01	<.0001
Residual	0	.	.

Por meio de análise de contrastes foram comparados os cursos entre si para se verificar quais apresentavam diferenças entre si. Os resultados são mostrados na Tabela 3. Os cursos CE e CB não apresentaram diferenças entre si ($\chi^2 = 1.34$, $p < 0.2474$). Houve diferenças entre os cursos CH e CE ($\chi^2 = 38.01$, $p < 0.0004$) e entre os cursos CH e CB ($\chi^2 = 22.23$, $p < 0.0001$). Portanto, não há diferença na percepção social dos alunos de CB e CE em relação aos alunos de CH.

Tabela 3 - Análise de Contraste entre os cursos.

Análise de Contraste			
Contraste	GL	χ^2	Pr > χ^2
CH & CE	1	12.36	0.0004
CH & CB	1	22.23	<.0001
CE & CB	1	1.34	0.2474

O nível de conscientização dos alunos varia em virtude do grau de afinidade de curso com a arqueologia, podendo estar presente maior em história e geografia, como é confirmada pela Dra. Jucilene Amorim Costa que afirma:

“A comunidade acadêmica em parte conhece a existência, mas em alguns cursos com alguma afinidade maior com a arqueologia, ela existe uma proximidade maior como história, geografia, e acho que pedagogia. Mas a comunidade em torno da universidade eu acredito que desconheça da existência desse sitio.”

6.4 Percepção dos professores e responsáveis pelo sítio arqueológico AP-MA-05

Neste caso, foi feita uma análise descritiva devido ao pequeno número de entrevistas (4) realizadas com esse grupo. Com os professores e responsáveis pelo sítio arqueológico AP-MA-05 foi aplicado uma entrevista com o intuito de um maior conhecimento específico sobre a situação atual do sítio. De acordo com Msc. Jennefer Lavor Bentes, atual representante da prefeitura da UNIFAP, explica sobre a necessidade que a prefeitura do campus tem de oferecer infraestrutura para os cursos, laboratórios, salas de aulas, dentre outros, porém com a elaboração de projetos para poder implantar edificações:

“O cuidado que a gente tem é de não fazer locação de qualquer obra, qualquer intervenção de qualquer via, qualquer intervenção de urbanização, qualquer ação dessas áreas que temos conhecimento de haver o sítio patrimonial. E mesmo as outras áreas que não estão patrimoniadas, nós acionamos o grupo de arqueológicos dentro da universidade, para que eles façam primeiro um estudo, um relatório com um parecer sobre a possibilidade de indícios ou não, meio que uma liberação arqueológica ali, para que a gente possa construir. Então, o cuidado que temos é de estarmos em comunicação com os professores e com o próprio IPHAN para não termos nenhuma intervenção em uma área que tenha o potencial para ter ali uma história arqueológica que deva ser preservada.”

A Dra. Mariana Petry Cabral, uma das responsáveis pela pesquisa arqueológica realizada no Campus Marco Zero da UNIFAP no período de 2008 a 2010, esclarece a situação sobre impactos que ocorreram no sítio e sobre a permanência e a preservação do sítio dentro da universidade:

“...O sítio foi impactado por obras mais antigas, como a construção de prédios da geografia, além da vala aberta na década de 1990 que levou ao registro formal do sítio arqueológico. (...) As pesquisas que realizamos, com base nas informações que Ana Lucia Machado (que foi pesquisadora do MPEG e registrou o sítio) havia observado durante o registro do sítio, indicam que este é um sítio funerário, do período pré-colonial, com uso intenso e controle cuidadoso do espaço, com presença de urnas funerárias cerâmicas de diferentes estilos, o que indica um uso por populações culturalmente distintas. Isto caracteriza este sítio como um local singular, que deve ser preservado. Em 2012, através de uma Consulta Popular do Patrimônio Cultural no Município de Macapá, este sítio foi o patrimônio mais votado, refletindo seu potencial de impacto na opinião pública.”

Em relação aos impactos de construções e da ocupação de espaços demonstra que não há uma erosão considerável do solo em torno do sítio, afirma a Dra. Jucilene Amorim Costa, que atualmente obtém junto com a Msc. Irislane Pereira de Moraes (atual Diretora do CEPAP) a portaria do IPHAN para fazer os estudos arqueológicos e diagnósticos e prospecção em toda área do campus da universidade, que:

“(...) se há é muito pouco, devido a cobertura rasteira e gramínea na área, com uma certa parte de capoeira, a erosão que ocorre é mínima, não tem inclinação, praticamente o terreno é plano, embora o solo seja arenoso, mas não significa um grau de erosão.”

Ainda confirma a presença da supressão da vegetação, que no qual é recuperada com o paisagismo na universidade:

“É constantemente suprimida, em função da estruturação do campus da universidade, sempre alguma área está sendo requerida para construir novos blocos de aula ou da área do administrativo, então sempre eles estão impactando de alguma forma, retirando a vegetação. (...) sempre quando eles fazem uma construção, há um conjunto de um pouco de paisagismo, para criar um ambiente mais agradável, mas não há uma preocupação com a recuperação de vegetação, não há nenhum tipo de trabalho nesse sentido.”

Atualmente, os pesquisadores ligados ao sítio estão interligados, sem nenhum conflito em torno da gestão do sítio como afirma a Dra. Jucilene Amorim Costa:

“(...) Então, há sim uma relação em conjunto com o IEPA, nós já participamos de umas reuniões, a Mariana representante do IEPA que foi quem escavou em 2008. E há esse consenso sobre a preocupação de que tenha um cuidado pela importância do sítio dentro da figura Amazônica, inclusive, não só do Amapá, mas Amazônica. (...) Não há nenhum tipo de conflito, até por que nós estamos legalmente respaldados com portaria do diário oficial da coordenação de trabalhos arqueológicos aqui na área do sítio na universidade que inclui o sítio. Então, hoje conflito que por algum momento houve não tem mais.”

Há a interação entre os pesquisadores que atuaram no sítio AP-MA-05 com os atuais responsáveis por ele, e a presença de parcerias interinstitucionais e intersetoriais voltadas para o acompanhamento e o planejamento das atividades ligadas ao sítio, porém não há fóruns de participação voltadas para o planejamento e a gestão do mesmo, como afirma a Dra. Jucilene Amorim Costa:

“sempre temos essa preocupação, inclusive de trazer pessoas que estão dentro da arqueologia e estão ligadas a ela, que podem contribuir com a compreensão do contexto ou a melhoria de conservação dos materiais. Então, há sim sempre que há dúvida ou uma necessidade a gente acessa essas instituições. (...) Não há nenhum tipo de fórum, o que houve foi algumas reuniões. Hoje, a portaria já existe, mas a gente entra no contexto econômico nacional que dificulta a gente iniciar as atividades arqueológicas prevista desde que a gente fez o projeto de diagnóstico e prospecção do campos que foi um pedido ou uma determinação do IPHAN, que fosse feito em todo o campus um estudo arqueológico, então a gente atende hoje a CEPAP, que é o Centro de Estudos de Pesquisas Arqueológicas da universidade, ele atende a essa demanda que é um pedido da universidade em conjunto com IPHAN. Então nós víssemos esse projeto para atender justamente essa determinação.”

De acordo com a atual Diretora do CEPAP a Msc. Irislane Pereira de Moraes confirma que não há e nem houve nenhum tipo de desrespeito e violação ao sítio recentemente, visto que antes houve apenas uma ausência de comunicação com o centro de arqueologia. Atualmente, há uma maior ciência e consciência sobre a necessidade de um planejamento prévio de obras, com o objetivo de menor desrespeito e violação ao sítio. Juntamente com a Dra. Jucilene Amorim Costa, a atual Diretora do CEPAP apresentou para o IPHAN um projeto de prospecção para todo o campus, que no qual, sinaliza a ação mais adequada em termos de legislação de preservação de patrimônio a serem tomadas, com a espera, exclusivamente, de novos recursos disponíveis, como afirma a Diretora:

“Existe o sítio que está na área do campus, então a gente pegou a portaria do IPHAN que é nacional e é nominal para o arqueólogo, para a área do campus que vai incluir essa área do sítio, então dentro dos objetivos específicos da prospecção do campus a gente incluiu a sinalização de lá, mas até então a gente está esperando a universidade apresentar os recursos para tal ação.”

A reitoria do campus abre espaços participativos para a discussão sobre o sítio arqueológico que está localizado na UNIFAP, como afirma Msc. Irislane Pereira de Moraes.

“...como a universidade tem a vontade de resolver esse embrólio do embargo, expansão do sítio e expansão do campus sem impactar o sítio, ela tem seguido, é uma característica de gestão dela de receber a gente e vários outros grupos sobre outras pautas, então ela tem recebido, se dispõe, despacha algumas ordens,

algumas proposições, dá a abertura para os pró reitores nos receberem que é importante, que eu considero um diferencial para uma gestora.”

De acordo com a Dra. Jucilene Amorim Costa há ações para a valorização patrimonial com os alunos e que estão previstas a serem realizadas nas aproximações das comunidades do entorno e da própria comunidade universitária para resgatar e valorizar a cultura local, afirmando:

“... Então existe essas ações que estão prevista no projeto, inclusive de seminários e workshops, além dos pesquisadores que trabalham aqui na região há uma intenção de trazer outros especialistas de algumas áreas de que por ventura tenhamos carência. Mas, sim está prevista e tudo está dependendo agora mais de questões de conjuntura econômica do que qualquer outra coisa.”

Ainda explica os tipos de ações para os discentes/docentes conheçam e valorize o sítio:

“... com bolsista, estagiários ou voluntários, como algumas atividades de pesquisas, de TCC's dentro da universidade e de forma mais ampla são as atividades de extensão de minicursos e palestras que estão previstas a serem realizados, de forma que leve essa informação e aproxime a comunidade de área do sítio arqueológico.”

6.5 Consciência socioambiental a partir da paisagem de sítios arqueológicos

A paisagem de sítios arqueológicos está muito ligada a uma conscientização socioambiental e sociocultural, visto que uma maior presença dessas paisagens faz com que gere uma maior conscientização da importância da conservação desses bens e das áreas onde estão localizadas.

Como exemplo do sítio arqueológico AP-MA-05, somente a partir do conhecimento da presença do mesmo, dentro da universidade, fez com que houvesse o aumento da valorização socioambiental de paisagens de sítios arqueológicos em discentes, docentes e responsáveis pela administração direta ou indiretamente da universidade. Com o conhecimento das características da paisagem de sítio arqueológico, a prefeitura da UNIFAP, responsável de forma geral pela construção de infraestrutura que a universidade necessita, têm a consciência da importância socioambiental da conservação dessa paisagem, como afirma a Msc. Jenifer Lavor Bentes, atual representante da prefeitura da UNIFAP:

“A prefeitura tem o cuidado de não fazer locação e construção nas áreas patrimoniadas delimitadas. (...) Há o cuidado e uma cautela de não haver a

alteração na área, para não haver nenhum impacto na região, então não há nenhuma ação nesse em torno.”

7 CONCLUSÃO

As medidas de resistividade elétrica aparente observadas no sítio AP-MA-05 apresentaram influência da precipitação pluviométrica, visto que maiores resistividades estão associadas a períodos menos chuvosos, enquanto menores resistividades relacionam-se com períodos mais chuvoso. Assim, em épocas menos chuvosas, os dados coletados são mais promissores. Métodos geoestatísticos, com o uso de modelos em 3D, permitiram melhor visualização e análise da distribuição dos valores estimados na área de estudo.

O grau de compreensão e valoração da importância socioambiental do sítio arqueológico AP-MA-05 observada entre os alunos varia a partir da área de estudo em que está relacionado, em que há uma diferença de conhecimento socioambiental do sítio entre os alunos das áreas de Ciências Biológicas e Ciências Exatas com os alunos de Ciências Humanas.

Os responsáveis pelo sítio arqueológico AP-MA-05 estão com planejamento de prospecção da área do sítio, que se dá com o diagnóstico, prospecção e com o resgate. A prefeitura da UNIFAP já tem conhecimento do sítio e uma consciência socioambiental, que conseqüentemente faz com que tenha consciência que suas ações de construção de infraestrutura na UNIFAP devem, primeiramente, passar por um planejamento da área, em virtude da presença do sítio arqueológico no campus.

REFERÊNCIAS

- AGRESTI, A. **An introduction to categorical data analysis**. New York : John Wiley & Sons, 1996.
- AMANAJÁS, J. C.; JESUS, E. S; CUNHA, A. C. da; OLIVEIRA, L. L. de; FAÇANHAS, A. T. Avaliação da precipitação pluviométrica observada nos municípios pertencentes à região dos lagos no estado do Amapá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., 2008, São Paulo, Brasil, 2008. **A Meteorologia e a cidade**. São Paulo: SBMET, 2008. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/242133493>>. Acesso em: 19 jun. 2015.
- ARAUJO, R. **Estudo geoquímico da contaminação dos recursos hídricos e sua propagação nas adjacências do aterro de resíduos sólidos Jockey Club – DF**. 1996. 74f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 1996.
- BACELLAR, L.; CATAPRETA, C. A. A. Emprego de eletrorresistividade para delimitação de pluma de contaminação por líquidos lixiviados no aterro sanitário de Belo Horizonte. **Águas Subterrâneas**, v. 24, n. 1, p. 60-72, 2010.
- BINLEY, A.; WINSHIP, P.; WEST, L.J.; POKAR, M.; MIDDLETON, R. Seasonal variation of moisture content in unsaturated sandstone inferred from borehole radar and resistivity profiles. **J. Hydrol**, v. 267 , n. 3, p.160–172, 2002.
- BONNIE, R. ‘Haven’t we dug enough now?’ Excavation in the light of intergenerational equity. **Archaeological Dialogues**, v. 18, n. 1, p. 48-58, 2011.
- CAMPOS, J. B. **O uso da terra e as ameaças ao patrimônio arqueológico na região litorânea dos municípios de Araranguá e Içara, Sul de Santa Catarina**. 2010. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010.
- CAVALCANTI, M. M. **Aplicação de métodos geoeletricos no delineamento da pluma de contaminação nos limites do aterro controlado do Jokey Clube de Brasília – DF**. 2013. 111f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Geofísica Aplicada, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2013.
- CLARK, A.J. **Seeing Beneath the Soil: prospecting methods in archaeology**. London: Batsford, 1996.
- CLUE, J. K. A new empiricism: excavating at the start of the 21st Century. **Archaeological Dialogues**, v. 18, n. 1, p. 30-41, 2011.
- COELHO, A. L. N.; FERREIRA, G. A. C. Geotecnologias aplicadas em área inundável: o caso de Brejo Grande, Serra-ES. **GeoTextos**, v. 7, n. 1, p.159-183, 2011.
- COSTA, A. F. de et al. Caracterização estrutural e geofísica da lixeira de Porto Velho (RO). **Geociências**, v. 27, n. 2, p. 229-236, 2008.

DEUTSCH, C. V. **Geostatistical reservoir modeling**. 1st ed. New York: Oxford University Press, 2002.

DREWETT, P. L. **Field archaeology: an introduction**. London: University College, 1999.

FACHIN, S. J. S. **Ensaio geoeletricos 2D no antigo lixão de Ribeirão Preto – SP: avaliação dos parâmetros de aquisição e monitoramento ambiental do problema**. 2007. 165f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2007.

FAGUNDES, M.; PIUZANA, D. Estudo teórico sobre o uso conceito de paisagem em pesquisas arqueológicas. **Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales**, v. 8, n. 1, p. 205-220, 2010.

FERREIRA, R. C. das M.; MENEZES, C. R. Levantamento florístico no sítio arqueológico no campus Marco Zero da UNIFAP. **Biota Amazônica**, Macapá, v. 1, n. 1, p. 74-80, 2011.

FRIEDMAN, S.P. Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review. *Comput. Electron. Agric.* 46, 45–70, 2005.

FUNARI, P. P. **Arqueologia**. São Paulo: Contexto, 2003. 126 p.

FUNARI, P. P.; NOELLI, F. S. **Pré-história do Brasil**. São Paulo: Contexto, 2002. 23 p.

GANDOLFO, O. C. B.; GALLAS, J. D. F. Eletrorresistividade 3D - uma avaliação preliminar da técnica. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 2, p. 191-198, 2005.

GANDOLFO, O. C. B.; GALLAS, J. D. F. O arranjo pólo-dipolo como alternativa ao dipolo-dipolo em levantamentos 2D de eletrorresistividade. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, p. 227-235, 2007.

GOOGLE Earth. Universidade Federal do Amapá, Campus Marco Zero – Macapá. Disponível em: <<http://www.earth.google.com>>. Acesso em: 20 out. 2015

GOOVAERST, P. **Geostatistics for natural resources evaluation**. New York: Oxford University Press, 1997. 481 p.

GRANT, J.; GORIN, S.; FLEMING, N. **The archaeology course: an introduction to study skills, topics and methods**. London: Routledge Grenville, 2002.

GUEDES, J. de A. Geoquímica e meio ambiente. **GEOTemas**, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v 2, n. 1, p. 145-151, jan/jun. 2012.

GÜNTHER, H. Como elaborar um questionário. Brasília, DF: UnB, Laboratório de Psicologia Ambiental, 2003. (Série Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais, 1).

HESSE, A. Count Robert du Mesnil du Buisson (1895 e 1986), a french precursor in geophysical survey for archaeology. **Archaeological Prospection**, v. 7, n.1, p. 43-49, 2000.

HONORATO, L. C. Arqueologia da paisagem e geoarqueologia: experiências em projetos de pesquisa. **Tópos**, v. 3, n. 1, p. 127 - 147, 2009.

JERVIS, J. R. J; PRINGLE, J. K. A study of the effect of seasonal climatic factors on the electrical resistivity response of three experimental graves. **Journal of Applied Geophysics**, v. 108, p.52-60, 2014.

JOHNSON, C.; ANDER, E. L. Urban geochemical mapping studies: how and why we do them. **Environmental Geochemistry and Health**, v.30, p.511-530, 2008.

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

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Unesp, 2003. 254 p.

LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R. **Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos**. Rio Claro: DGA, 2002.

LEUCCI, G.; GRECO, F. 3D ERT Survey to reconstruct archaeological features in the subsoil of the “Spirito Santo” church ruins at the site of Occhiolà (Sicily, Italy). **Archaeology**, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2012.

LIMA, L. P. Relatos de uma experiência em Arqueologia Pública. In: DOMINGUES, L.; FUNARI, P. P.; CARVALHO, A. V.; RODRIGUES, G. (orgs.) **Desafios da arqueologia: depoimentos**. Erechim: Habilis, 2009. p.221-223.

LINFORD, N. The application of geophysical methods to archaeological prospection. **Reports on Progress in Physics**, v. 69, n. 7, p. 2205-2257, 2006.

MACHADO, A. L. C. **Salvamento arqueológico do sítio AP-MA-5: campus Universitário**. Belém-PA: Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 1-9, 1997.

MEJU, M. Geoelectrical investigation of old/ abandoned, covered landfill sites in urban areas: model development with a genetic diagnosis approach. **Journal of Applied Geophysics**, v. 44, p. 115-150, 2000.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens?. **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2001.

MORAIS, J. L. Arqueologia da paisagem como instrumento de gestão no licenciamento ambiental de atividades portuárias. **Revista Eletrônica de Gestão de Negócios**, v. 3, n. 4, p. 97-115, 2007.

MORAIS, J. L. de. Arqueologia da paisagem como instrumento de gestão no licenciamento ambiental de atividades portuárias. **eGesta**, v. 3, n. 4, p. 97-115, 2007.

MOURA, H. P. **Emprego da eletroresistividade e polarização induzida na caracterização geométrica da área de disposição de resíduos sólidos urbanos**. 2002. 223f, Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Paulista, Rio Claro-SP, 2002.

MOURA, H. P.; OLIVEIRA, M. J. de; SACASA, R. de J. V.; ROSÁRIO, M. J.; MALAGUTTI FILHO, W.; SOUTO, F. A. F.; NERY, J. R. C. Emprego da sondagem elétrica vertical com o método da eletroresistividade no estudo do lixão de Macapá-AP. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 26, n. 3, p. 279-286, 2007.

MOURA, H. P.; SALDANHA, J. D. M.; CABRAL, M. P.; OLIVEIRA, M. J.; CAMARÃO, K. F.; NERY, J. R. Eletroresistividade aplicada no sítio arqueológico AP-MA-05, Macapá-AP: resultados preliminares. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 11., Salvador, Brazil, 2009. **Global Meeting Abstracts**. Salvador, Brazil: SEG, 2009. doi: 10.1190/sbgf2009-122.

MOURA, H. P.; MALAGUTTI FILHO, W. Métodos de eletroresistividade e de polarização induzida aplicados na área de disposição de resíduos urbanos: aterro Controlado de Rio Claro, SP. **Geociências**, v. 22, p. 129-139, 2003.

NAJJAR, R.; DUARTE, M. C. C. **Manual de arqueologia histórica em projetos de restauração**. Brasília-DF: IPHAN/Programa Monumenta, 2002. 57p.

NERY, J. R. C. et al. Estudo físico-químico de águas subterrâneas na área do bairro Zerão, Macapá (AP). **Águas Subterrâneas**, p. 1-8, 2015.

PARASNIS, D. S. **Principles of applied geophysics**. London, New York: Chapman & Hall, 1986. 402 p.

PEREIRA, S. **Levantamento plani-altimétrico e fisiográfico para operação de salvamento do sítio arqueológico do Campus Universitário da UNIFAP-Amapá**. 1997. 11p. (Relatório nº 01/07).

QUEIROZ, J. C. B. **Utilização da geoestatística na quantificação do risco de contaminação por metais pesados, na área portuária de Santana-Amapá**. 2003. 170f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, São Paulo, 2003.

SILVA, E. J.; TULUX, B. M.; BOURLEGAT, C. A. Educação e preservação patrimonial/arqueológica no desenvolvimento territorial de Mato Grosso do Sul. **Impulso**, v. 21, n. 51, p. 19-30 2011.

SILVA, J. L. A.; ALMEIDA, J. A. C. Reflexões arqueológicas: estudo dos sítios arqueológicos do município de Queimadas/PB. **Revista Eletrônica do Laboratório de Arqueologia e Paleontologia da UEPB**, v. 1, n. 2, p. 112-125, 2011.

SILVA, J. E. et al. Aplicação de ensaios elétricos e eletromagnéticos em problema de poluição ambiental. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 20, n. 3, p. 193-198, 2002.

SOUSA, B. T.; CUNHA, E. B. da. Valoração econômica ambiental: uma estimativa do valor de uso e valor de não uso do rio Amazonas no litoral da capital amapaense. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.3, n.2, p. 264-286, jun./dez. 2013.

TAVARES, J. P. N. Características da climatologia de Macapá-AP. **Caminhos de Geografia Uberlândia**, v. 15, n. 50, p. 138-151, 2014.

VIEIRA, S. R. et al. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. Tópicos em ciência do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-53.

VIEIRA, T. O. **Utilização de modelagem geoestatística em 3D na estimação volumétrica de litologias para estudos ambientais.** 2013. 96f. Dissertação (Mestrado em Estatística) - Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 2013.

VILHENA, J. da S.; BEZERRA, J. R. P. **Respostas de resistividade elétrica aparente de alvos arqueológicos sintéticos.** 2010. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Colegiado do Curso de Física da UNIFAP, Macapá, 2010.

VIOLA, M. R.; MELLO, C. R. de; PINTO, D.B.F.; MELLO, J.M. de; ÁVILA, L.F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.970-978, 2010.

ANEXOS

ANEXO A - SCRIPT DO PROGRAMA R DA ANÁLISE DESCRITIVA (PERFIL

1).

```

setwd("D:/DISSERTAÇÃO_ JÉSSICA/COLETA1_R")
library(geoR)
library(gstat)
library(lattice)
library(sp)
library(graphics)
#carregar arquivo de dados
Geo <- read.table("colet1.txt", head=T)
names(Geo) #mostrar o nome das variáveis do banco Geo
Geo[1:5,] #mostrar 5 linha(variáveis) na area de trabalho
#Resumo do arquivo Geo
tab1<-summary(Geo)
write.table(tab1,file="desc1.txt")
# Selecionar o perfil 1
perfil <- as.geodata(Geo,coords.col = 1:2, data.col = 3)
perfil #mostrar os dados na area de trabalho
# Principais estatísticas descritivas do perfil 1
summary(perfil$data)
#Histograma
hist(perfil$data, breaks = 20, main = "", xlab = "Perfil1", ylab
= "Frequência", col = 3)
#Box Plot
boxplot(perfil$data, col = "gray",xlab = "Perfil1")
#QQ Plot
qqnorm(perfil$data, main = NULL, ylab = "Resistividade", xlab =
"ResVal Perfil1")
#teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov
ks.test(perfil$data, "pnorm", mean = mean(perfil$data), sd =
sd(perfil$data))
#Mapa de pontos
points(perfil, xlab = "W-E", main = "Resist_Perfil1", ylab = "N-
S", cex.min = 1.5,
pt.divide = "quart", x.leg=c(10,18), y.leg=c(-12,-7.7))

```

**ANEXO B- SCRIPT DO PROGRAMA R DA ANÁLISE VARIOGRÁFICA E
KRIGAGEM (PERFIL 1).**

```

#Carregar pacotes
library(geoR)
library(gstat)
library(lattice)
library(sp)
library(scatterplot3d)
#Definir a area de trabalho
setwd("D:/DISSERTAÇÃO_ JÉSSICA/COLETA1_R")
#carregar arquivo de dados
Geo <- read.table("colet1.txt", head=T)
Geo[1:5,] #mostrar os dados (variáveis) na area de trabalho
#Resumo do arquivo Geo
summary(Geo)
## Selecionar o perfil 1
#carregar arquivo de dados
Geo <- read.table("colet1.txt", head=T)
Geo[1:5,] #mostrar os dados (variáveis) na area de trabalho
#Resumo do arquivo Geo
summary(Geo)
perfl <- as.geodata(Geo, coords.col = 1:2, data.col = 3)
perfl #mostrar a variavel do perfil 1
###Verificação da estacionaridade (ausencia de tendencia)
#Perfill
plot(perfl$coords[, 1], perfl$data, xlab = "W-E", ylab =
"Resistividade Perfi 1", pch = 20, cex = 1.5, main = "Perfill")
lines(lowess(perfl$data ~ perfl$coords[, 1]))
plot(perfl$coords[, 2], perfl$data, xlab = "S-N", ylab =
"Resistividade Perfil 1", pch = 20, cex = 1.5, main = "Perfill")
lines(lowess(perfl$data ~ perfl$coords[, 2]))
### Presença de não estacionaridade
x<-Geo$y1
y<-Geo$z1
z<-Geo$res
scatterplot3d(y,x,z, highlight.3d=TRUE, col.axis="blue",
col.grid="lightblue", main="Perfil 1", pch=20,

```

```

        xlab="longitud",ylab="latitud",zlab="Profundidade")
scatterplot3d(x,y,z, highlight.3d=TRUE, col.axis="blue",
        col.grid="lightblue", main="Perfil 1", pch=20,
        xlab="longitud",ylab="latitud",zlab="Profundidade")
###Semivariogramas experimentais direcionais
#Variavel Perfill1
v4p1 <- variog4(perfl1, uvec = seq(0,10, length = 20), direction
= c(0, 45, 90, 135), tolerance = 45,
unit.angle = "degrees")
v4p1
plot(v4p1)
title("Perfill1")
###Semivariograma de superficie
#Variavel perfill1
coordinates(Geo) = ~ y1 + z1;
trellis.par.set(sp.theme())
vgp1 = gstat(NULL, "Perfill1", I(res1)~1, Geo)
plot(variogram(vgp1, cutoff=5, width=.5, map=TRUE),cex=1.5,
        main = "Perfil 1")
### Analise semivariografica: Perfil 1
### Analise de tendencia: eliminar a tendencia dos dados
# Trend:
vario1<- variogram(res1~1,Geo)
vario1 # print it out
plot(vario1,type="b", lty=2, col="black",main="Perfil 1")
m1 <- vgm(model="Pow",nugget=86000,psill=10000,range=2)
plot(vario1, model=m1,type="b", lty=1,col="black")
# No Trend:
vario2<-variogram(res1~y1+z1, Geo)
vario2 # print it out
names(vario2)
plot(vario2,type="b", lty=2, col="black",main="Perfil 1")
m2.uk <- vgm(model="Sph", nugget=40000, psill=120000, range=5)
plot(vario2, model=m2.uk,type="b", lty=1,col="black")
geo.grid <- expand.grid(seq(1,20,l=100), seq(-5,-1,l=25))
names(geo.grid) <- c("y1","z1")
gridded(geo.grid) = ~y1+z1

```

```

ko.uk <- krige(res1~y1+z1, Geo,geo.grid,model=m2.uk)
pts <- list("sp.points",Geo,pch=3,col="black")
geo.layout <- list(pts)
spplot(ko.uk["var1.pred"], sp.layout=geo.layout,
       main = "UK perfil Coleta 1",scales=list(draw=TRUE))
spplot(ko.uk["var1.pred"],
       main = "UK perfill Coleta 1",scales=list(draw=TRUE))
# Paleta de cores
require(maptools)
library(maptools)
#Intervalo de classes e paleta de cores
brks <- c(0, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1300,
1600, 1900, 2300, 2750, 3000, 4000, 4500, 5000, 5500)
imagem (bluepal <- colorRampPalette(c("dark blue","blue","light
blue", "cyan","dark green", "green", "light green", "yellow
green", "yellow", "orange", "orange red", "red", "dark red",
"violet red", "dark violet")))
print(brks)
cols <- bluepal(length(brks) - 1)
image(ko.uk, breaks = brks, col = cols,axes=TRUE,ylim=c(-5,5))
legend("topright", fill = cols, legend = leglabs(brks,"<",
">="),
bty = "n", cex = 0.8)
title("UK perfil 1 Coleta 1")

```

ANEXO C- PROGRAMA R PARA ESTIMAÇÃO DA RESISTIVIDADE POR KRIGAGEM EM BLOCO 3D.

```

setwd("C:/Users/JAlbuquerque/Dropbox/Jessica/3DR")
library(gstat)
library(geoR)
library(rgl)
library(lattice)
library(sp)
dados <- read.table("3Data_coleta1.txt", head=T)
names(dados)
summary(dados)
dados[1:5,]
dados$x2 <- round(dados$x/1,2)
dados$y2 <- round(dados$y/1,2)
# Gráficos e Tabelas
# Figura 1 : pontos amostrais com poços em 2D eixos x vs y
plot(dados[,4:5], pch=19, xlab="UTM-E", ylab="UTM-N", xlim=c(1,11))
# Figura 2 : pontos amostrais Y vs profundidade
plot(dados[,5:6], pch=19, xlab="Y", ylab="Nível")
rgb.palette <- colorRampPalette(c("darkblue", "blue", "green",
                                "yellow", "orange", "red"), space = "rgb")
# Figura 3: amostras em 3D
cloud(z ~ x * y, data = dados, groups = res, pch=15,
      screen=list(z=100, x=-75, y=20),
      scales=list(arrows=FALSE),
      aspect=c(1, 0.6), col=rgb.palette(700), drape = TRUE,
      colorkey=list(col = rgb.palette, at = 0:2500))
cloud(z ~ y * x, data = dados, groups = res, pch=15,
      screen=list(z=135, x=-75, y=0), scales=list(arrows=FALSE),
      aspect=c(1, 0.6), col=rgb.palette(700), drape = TRUE,
      colorkey=list(col = rgb.palette, at = 0:2500))
rgb.palettel <- colorRampPalette(c("darkblue", "green",
                                "yellow", "orange", "red"), space = "rgb")
cloud(z ~ x * y, data = dados, groups = zona, pch=15,
      screen=list(z=135, x=-70, y=0), scales=list(arrows=FALSE),
      aspect=c(1, 0.6), col=rgb.palettel(5), drape = TRUE,
      colorkey=list(col = rgb.palettel, at = 0:5,

```

```

    labels = c("",paste("\n\n\n\n\n\n\n",
    c("Muito \n Baixa \n (763.98)", "Baixa \n (1115)", "Media \n
(1188.87)", "Alta\n(1508.25)", "Muito\nAlta\ n(3946)")))))
cloud(z ~ y * x, data = dados, groups = zona, pch=15,
    screen=list(z=135, x=-70, y=0), scales=list(arrows=FALSE),
    aspect=c(1, 0.6), col=rgb.palettel(5), drape = TRUE,
    colorkey=list(col = rgb.palettel, at = 0:5,
    labels = c("",paste("\n\n\n\n\n\n\n",c("Muito \n Baixa \n
(763.98)", "Baixa\n(1115)", "Media\n(1188.87)", "Alta\n(1508.25)",
"Muito\nAlta\n(3946)")))))
# Semivariograma Experimental
coordinates(dados) = ~x+y+z
gdados <- gstat(id="res", formula=res~x+y+z, data= dados)
vario <- variogram(gdados, boundaries=c(0,seq(0.3,9.3,by=0.6)),
cross=FALSE)
plot(vario,xlab="Distância (m)",ylab= "Semivariância", type =
"o")
# Modelagem Variográfica
mf.res<- fit.variogram(vario[vario$id=="res",],
    model = vgm(125000, "Sph", 6, nugget = 25000))
gdados <- gstat(gdados, "res", model = mf.res)
plot(vario,mf.res,type="p",col="black",lwd = 2,
main = "Variograma ajustado:Resistividade")
# Krigagem Universal
x <- seq(1,10, by=0.2)
y <-seq(1,20,by=0.2 )
z <- seq(-5,-1, by=0.2)
loc <- expand.grid(x=x,y=y,z=z)
gridded(loc) <- ~x+y+z
summary(loc)
kres <- predict(gdados["res"],formula=res~x+y+z,loc,
    maxdist = 10, block=c(0.2,0.2,0.2),data=dados)
names(kres)
summary(kres)
pred<-kres$res.pred
var <-kres$res.var
kresis <- cbind(as.data.frame(loc),pred,var)

```

```

summary(kresis)
names(kresis)
# Salvando os resultados em uma tabela
write.table(kresis, "kres_r.dat")
# Lendo os resultados salvos na tabela
kresis<-read.table("kres_r.dat", header = TRUE)
kresis[1:5,]
# Imagem em 3D
plot3d(kresis[,1:3], col=kresis[,4], xlim=range(x), ylim=range(y), z
lim=range(z))
plot1 <- cloud(z ~ x * y, data = kresis, groups = pred, pch=15,
      xlab="UTM-E", ylab="UTM-N", zlab="Nível", main="(a)", zlim =
c(-5, -1), screen=list(z=100, x=-75, y=20), scales =list(arrows =
FALSE), aspect=c(1.5, 0.35), panel.aspect=0.9, col=rgb.palette
(90000), drape = TRUE, colorkey=list(col=rgb.palette, at=0:3500))
print(plot1)
plot2 <- cloud(z ~ x * y, data = kresis, groups = pred, pch=15,
      xlab="UTM-E", ylab="UTM-N", zlab="Nível", main="(a)", zlim=c(-
5, -1), screen=list(z=200, x=-70, y=0), scales=list(arrows=FALSE),
aspect=c(1.5, 0.35), panel.aspect=0.9, col=rgb.palette(90000),
drape = TRUE, colorkey=list(col = rgb.palette, at = 0:3500))
print(plot2)
# Figuras em seção
plot3 <- cloud(z ~ x * y, data = kresis[kresis$x>=5 |
kresis$y>=10,], groups = pred, pch=15, xlab="UTM-E", ylab="UTM-
N", zlab="Nível", main="(a)", zlim=c(-5, -1), screen = list(z=20,
x=-70, y=0), scales=list(arrows=FALSE), aspect=c(1.5, 0.35), panel.
aspect=0.9, col=rgb.palette(64000), drape =
TRUE, colorkey=list(col = rgb.palette, at = 0:3500))
print(plot3)
plot4 <- cloud(z ~ x * y, data = kresis[kresis$x<=5 |
kresis$y<=10,],
      groups = pred, pch=15, xlab="UTM-E", ylab="UTM-
N", zlab="Nível",
      main="(a)", zlim=c(-5, -1), screen = list(z=70, x=-120,
y=170),

```

```

    scales=list(arrows=FALSE),aspect=c(1.5,0.35),
panel.aspect=0.9,
    col=rgb.palette(64000),drape = TRUE,
    colorkey=list(col = rgb.palette, at = 0:3500))
print(plot4)
plot5 <- cloud(z ~ x * y, data = kresis, groups = pred, pch=15,
xlab="UTM-E",ylab="UTM-N", zlab="Nível", main="(a)", zlim=c(-5,-
1),screen          =          list(z=70,          x=-120,          y=170),
scales=list(arrows=FALSE),
aspect=c(1.5,0.35), panel.aspect=0.9, col=rgb.palette(90000),
drape = TRUE,colorkey=list(col = rgb.palette, at = 0:3500))
print(plot5)
plot6 <- cloud(z ~ x * y, data = kresis[kresis$x<=5 |
kresis$y<=10,], groups = pred, pch=15, xlab="UTM-E",ylab="UTM-
N", zlab="Nível", main="(a)", zlim=c(-5,-1),screen = list(z=70,
x=-120, y=170), scales=list(arrows=FALSE),aspect=c(1.5,0.35),
panel.aspect=0.9, col=rgb.palette(64000), drape = TRUE,colorkey=
list(col = rgb.palette, at = 0:3500))
print(plot6)

```