

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

TAÍS RENATA ZANATO

**CONTRIBUIÇÃO DO MÉTODO DA ELETRORRESISTIVIDADE NA
INVESTIGAÇÃO DA POSSÍVEL CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME EM
AQUÍFEROS FRATURADOS NO CEMITÉRIO SANTO ANTÔNIO**

**Caçapava do Sul - RS
2016**

TAÍS RENATA ZANATO

**CONTRIBUIÇÃO DO MÉTODO DA ELETORRESISTIVIDADE NA
INVESTIGAÇÃO DA POSSÍVEL CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME EM
AQUÍFEROS FRATURADOS NO CEMITÉRIO SANTO ANTÔNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Geofísica da Universidade Federal
do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em Geofísica.

Orientador: Maximilian Fries

**Caçapava do Sul
2016**

Z27i

Zanato, Tais Renata

CONTRIBUIÇÃO DO MÉTODO DA ELETRORRESISTIVIDADE NA INVESTIGAÇÃO DA POSSÍVEL CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME EM AQUÍFEROS FRATURADOS NO CEMITÉRIO SANTO / Tais Renata

Zanato.

39 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, GEOFÍSICA, 2016.

"Orientação: Maximilian Fries".

1. Contaminação. 2. Eletorresistividade. 3. Necrochorume. 4. Cemitério. 5. Água subterrânea. I. Título.

TAÍS RENATA ZANATO

**CONTRIBUIÇÃO DO MÉTODO DA ELETORRESISTIVIDADE NA
INVESTIGAÇÃO DA POSSÍVEL CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME EM
AQUÍFEROS FRATURADOS NO CEMITÉRIO SANTO ANTÔNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Geofísica da Universidade Federal
do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em Geofísica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 02, de Dezembro de 2016.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Maximilian Fries
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich
UNIPAMPA

Prof. Ms. Hasan Shihadeh
UNIPAMPA

Dedico primeiramente este trabalho a minha amada mãe Edilça, meu pai Renê e ao meu irmão Luís Henrique, família a qual amo incondicionalmente e que sempre tem me direcionado e apoiado para o caminho da educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos meus Professores que somam a base do conhecimento do profissional que me formarei. Ao meu orientador Maximilian Fries pela paciência e atenção prestada. Ao Eder Molina e Miguel Carminatti por toda ajuda e conselhos prestados ao longo da graduação. Ao Lenon Ilha, Samuel Correa e Pedro Kemerich pelo auxílio prestado em campo. Agradeço a minha amiga Jéssica Lustre e Joyce Simões de Sá por todo esse tempo de companheirismo, a todos meus amigos e companheiros que de alguma maneira contribuíram para esse momento de consagração.

“Não se pode experimentar a sensação de existir sem se experimentar a certeza que se tem de morrer (...). É igualmente impossível pensar que se tem de morrer sem pensar ao mesmo tempo em como a vida é fantástica”.

Jostein Gaarden

RESUMO

Cemitérios são encontrados próximos às habitações, vilas e cidades. Constituem-se em potenciais contaminantes do meio ambiente e, por razões culturais e religiosas, seus impactos e danos à saúde humana são negligenciados pelos órgãos competentes e cidadãos. O corpo humano, ao entrar em decomposição, passa a ser um ecossistema de populações, composto por artrópodes, bactérias, vírus, microrganismos patogênicos entre outros. Como consequência da percolação desses elementos, ocorre a formação de plumas de contaminação no solo (necrochorume) que atingem o aquífero colocando em risco o meio ambiente e a saúde pública. Agências e órgãos controladores ambientais em países como Canadá, EUA e na Europa usam amplamente a geofísica entre os métodos de investigação para mitigação, detecção e caracterização em aterros sanitários e cemitérios. No Brasil, poucos estados adotam estas metodologias avançadas. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) incorpora, entre os métodos investigativos principais, o uso da eletrorresistividade, georadar e eletromagnético em suas rotinas e etapas para geração de modelos de contaminantes e mapas de fluxo freático/contaminantes em subsuperfície. Este trabalho tem como objetivo principal detectar e delimitar uma contaminação de necrochorume em um aquífero fissurado decorrente de uma necrópole conhecida como Cemitério Municipal Santo Antônio, localizado na cidade de Caçapava do Sul-RS. Foi implementado o método geofísico da eletrorresistividade obtendo-se pseudo-seções em profundidade a partir de perfis de caminhamento elétrico (CE). Os resultados, integrados a um Modelo Digital de Terreno (MDT) e geologia local (principais descontinuidades e falhas) poderão servir como subsídio na detecção, análise e caracterização dos prováveis níveis contaminantes associados ao nível d'água. Por meio dessa análise dos dados, foi possível inferir os melhores locais para análise química do solo e poços de monitoramento.

Palavras-Chave: Caminhamento elétrico, Necrochorume, Cemitério, Água-subterrânea.

ABSTRACT

Cemeteries are found near the habitations, villages and cities. Are in potential environmental contaminants and for cultural and religious reasons, their impacts and damage to human health are neglected by the relevant bodies and citizens. The human body, when entering decomposition, becomes an ecosystem of people, consisting of arthropods, bacteria, viruses, pathogenic microorganisms among others. As a consequence of percolation of these elements, happens the formation plumes of contamination in the soil (necrochorume) reaching the aquifer endangering the environment and public health. Environmental agencies and regulatory bodies in countries like Canada, USA and Europe widely use geophysics between research methods for mitigation, detection and characterization in sanitary landfills and cemeteries. In Brazil, few states have adopted these advanced methodologies. The Environmental Company of the State from São Paulo (CETESB) incorporates, among the main investigative methods, the use of electrical resistivity, GPR and electromagnetic in their routines and steps for generating models of groundwater flow and contaminant maps / contaminants in the subsurface. This work aims to detect and demarcate a necrochorume contamination in a fissured aquifer resulting from a necropolis known as Municipal Cemetery Santo Antônio, located in Caçapava do Sul, RS. It is proposed the method of geophysical resistivity obtaining pseudo-sections in depth and 3D views from resistivity profiles (EC) sectioning the major structures of interest (imaging). The results, integrated into a Geographical Information System (GIS), Digital Terrain Model (DTM) and local geology (major discontinuities and failures) will serve as an aid in the detection, analysis and characterization of the probable contaminant levels associated with the water level. They offer also an interpretive model of contaminant flows and zoning of contamination levels on the ground and the whole area covered.

Keywords: Electrical Resistivity, Necrochorume, Cemetery, Water-underground.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Localização da área de estudo e ruas de acesso.....	15
Figura 2 – Mapa do contexto geológico Regional e Local da área de estudo.....	16
Figura 3 – Modelo das atitudes estruturais	17
Figura 4 – Superfície potenciométrica dos aquíferos da região de Caçapava do Sul – RS ...	18
Figura 5 – Modelo Digital do Terreno	19
Figura 6 – Esquematização dos perfis de eletrorresistividade em campo.....	20
Figura 7 – Disposição do arranjo dipolo-dipolo-CE.....	22
Figura 8 – Seção ideal mínima de CE- dez mudanças de cinco níveis.....	23
Figura 9 – Composição média do necrochorume.....	28
Figura 10 – Perfis de caminhada elétrica já realizados. Zona UTM 22J.....	32
Figura 11 – Perfil I de eletrorresistividade.....	33
Figura 12 – Perfil II de eletrorresistividade	34
Figura 13 – Perfil III de eletrorresistividade	35
Figura 14 – Perfil IV de eletrorresistividade.....	36
Figura 15 – Perfil V de eletrorresistividade	37
Figura 16 – Perfil VI de eletrorresistividade.....	38
Figura 17 – Perfil VII de eletrorresistividade	39
Figura 18 – Perfil VIII de eletrorresistividade	40
Figura 19 – Perfil IX de eletrorresistividade.....	41
Figura 20 – Sugestão para locais de análise química e poços de monitoramento	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atitudes estruturais	18
Tabela 2 – Composição do corpo humano	27
Tabela 3 – Cronograma de atividades	37

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO	13
2-OBJETIVOS	14
3- ÁREA DE ESTUDOS	14
3.1. Localização e História do Cemitério Santo Antônio	14
3.2. Contexto Geológico	15
4- MATERIAIS E MÉTODOS	19
4.1. Método da Eletrorresistividade	20
4.2. Técnica de aquisição - Caminhamento Elétrico (CE).....	21
4.2.1 Arranjo Dipolo-dipolo.....	21
5-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
5.1. Breve Histórico- Cultura dos cemitérios.....	23
5.2. Histórico da Legislação do Brasil	24
5.3. Legislação Vigente no Brasil	24
5.4. Cemitérios como risco potencial para o Meio Ambiente.....	25
5.5. Processos transformadores	25
5.6. Processos transformativos conservadores	26
5.7. Composição do Necrochorume	27
5.8. Mobilidade do Necrochorume no Meio Ambiente	29
5.9. Cemitérios e Meio Ambiente – Revisão Bibliográfica	29
5.10. Trabalhos Anteriores na Área de Estudo – Revisão Bibliográfica	30
6- RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
7- RECOMENDAÇÕES	43
8- CONCLUSÕES	44
9- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1- INTRODUÇÃO

O necrochorume, líquido liberado pelo corpo humano durante a sua decomposição, apresenta viscosidade de cor castanho-acizentada, forte cheiro e grau variado de patogenicidade. Cerca de 60 % de sua composição é constituída por água, 30% sais minerais e 10% substâncias orgânicas. Ele apresenta um alto risco para a saúde pública e o meio ambiente, pois ao entrar em contato com o aquífero, contamina a água subterrânea com um ecossistema de populações composto por artrópodes, bactérias, vírus e microrganismos patogênicos extremamente nocivos à saúde humana.

Desde o século XIX a insalubridade dos cemitérios vem trazendo preocupações as populações e órgãos públicos. A partir da idade média os cemitérios começaram a ser difundidos na Europa, acreditando estarem mais próximos do caminho da salvação, fiéis foram sepultados no interior e aos redores das igrejas. Os fortes odores de gases provenientes da decomposição de cadáveres começaram a incomodar a comunidade cristã. Preocupados com a insalubridade do local, a igreja católica decidiu sepultar os corpos em um local afastado dos centros urbanos.

A partir da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº335 de 03 de abril de 2003 que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios horizontais e verticais a serem implantados no Brasil, os cemitérios são vistos como fontes de contaminação do ambiente e sua implantação está sujeita ao atendimento dos critérios legais, fazendo-se necessária a utilização de equipamentos de proteção ambiental para salvaguardar o solo e suas águas subterrâneas. Em 28 de março de 2006, foi promulgada a Resolução do CONAMA nº368, que altera alguns dispositivos nos artigos 3º e 5º da Resolução nº 335 (SILVA et al., 2009 p. 390)

Os métodos geofísicos tem se mostrado eficazes e eficientes para estudos ambientais, sua aquisição é feita em um curto período de tempo, de maneira não invasiva, sem danos ambientais e com baixo custo. Trabalhos realizados por Braga (2007), Moreira et al. (2009), Saraiva (2010), Silva et al. (2009) e Santos (2015) mostrou a eletroresistividade como uma técnica eficiente na delimitação de zonas contaminadas pelo necrochorume.

A consequência da instalação de necrópoles em zonas urbanas na a saúde pública tem como principal justificativa a proposta deste estudo. A necrópole municipal Santo Antônio no município de Caçapava do Sul situa-se geomorfologicamente na encosta de uma estrutura dômica de composição granítica (aquífero fissurado), com alto gradiente horizontal tendo, desta forma, um alto potencial de fluxo dos jazigos para todo o entorno da região.

2-OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo compreende em realizar uma investigação geofísica, aplicando o método da eletrorresistividade, na detecção, delimitação e caracterização de zonas saturadas suscetíveis a contaminação no necrochorume.

Especificamente é proposto:

- Identificar as principais discontinuidades e fraturas;
- Mapear, a localização de zonas de fraturas e principais falhas na área do cemitério e entorno;
- Determinar contrastes correlacionáveis a anomalias associadas à baixa resistividade elétrica (alto teor de sais) a possíveis zonas de contaminação por necrochorume;
- Gerar mapas de modelo de terreno integrados as pseudo-seções de eletrorresistividade, perfis geológicos (seções geoeletricas);
- Viabilizar os melhores locais para a coleta de análises químicas do solo e implantações de poços de monitoramento.

3- ÁREA DE ESTUDO

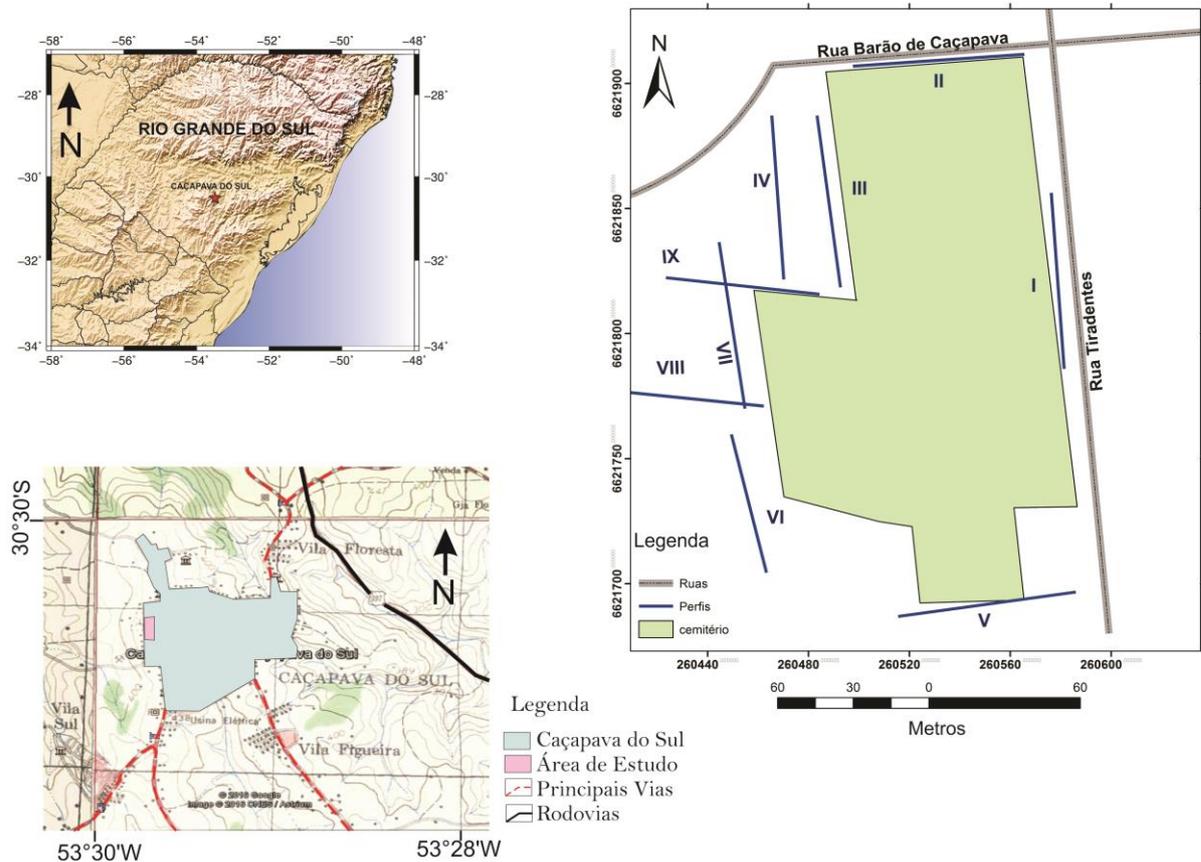
3.1. Localização e História do Cemitério Santo Antônio

A área de estudo localiza-se no município de Caçapava do Sul – RS, região centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul. O acesso se dá pela Rodovia BR – 290 partindo de Porto Alegre e BR – 392 sentido Pelotas. A área encontra-se na Rua Tiradentes com Rua Barão de Caçapava, zona central da cidade de Caçapava do Sul (Figura 1).

Segundo Moreira (2011) aos sete de janeiro de 1837, por ordem do Ministro Referendo Senhor Vigário, da vara instância do Ilmo, foi fundado o segundo cemitério por nome de Santo Antônio, com cento e setenta palmo em quadra, com proibição de enterro no primeiro cemitério que se localizava na capela no centro de Caçapava do Sul.

O restante dos arquivos do Cemitério Municipal Santo Antônio foram destruídos durante um incêndio na Prefeitura Municipal de Caçapava do Sul.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo e ruas de acesso



Fonte: Adaptação: GMT, Google Earth, Carta Topográfica do Exército da Região do Rio Grande do Sul com escala de 1:50.000. Zona UTM: 22J.

3.2. Contexto Geológico

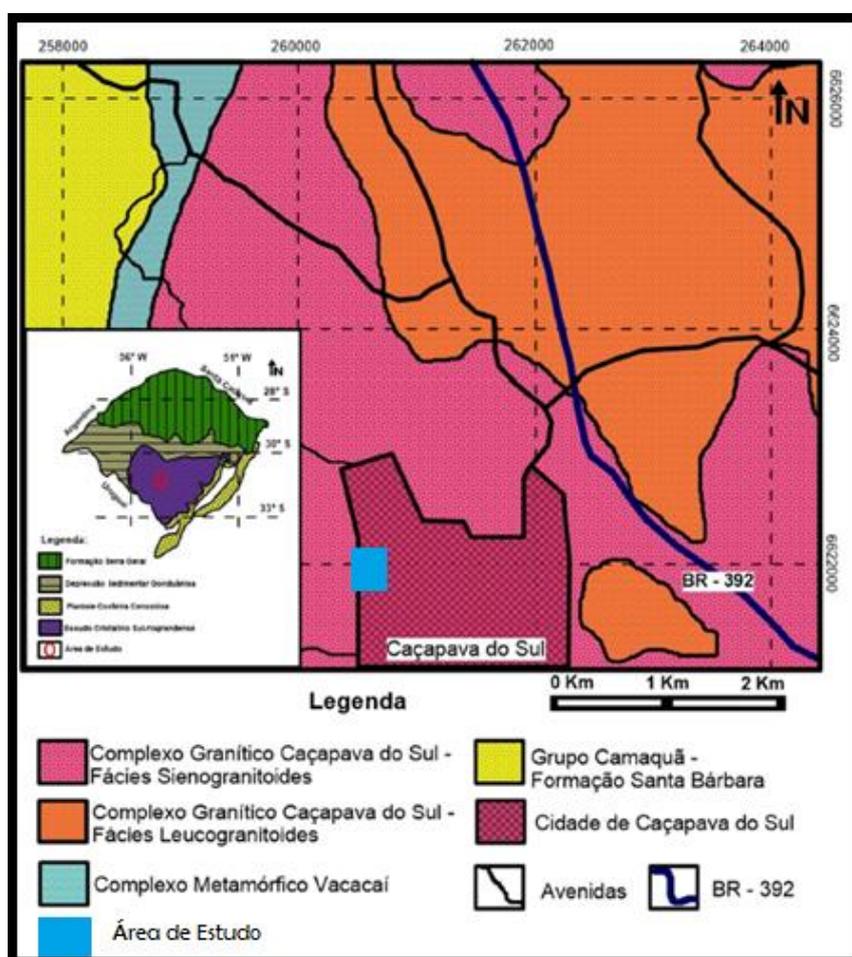
O local está assentado sobre as rochas da Suíte Granítica Caçapava do Sul regionalmente situada no Escudo Sul-riograndense, porção sul da Província da Mantiqueira (ALMEIDA, 2001).

Segundo Picada (1971), a região de Caçapava do Sul faz parte do Escudo Sulriograndense o qual compreende rochas metamórficas, ígneas e sedimentares de idades, de origens e histórias evolutivas diversas. A região faz parte do Bloco São Gabriel, estando este limitado a Sul pelo Bloco Taquarembó, a Norte e Oeste com rochas da Província Paraná e a Leste com o Bloco Encruzilhada do Sul. O sistema de Falhas Santa Bárbara, com orientação NE-SW estende-se da borda W do Complexo Granítico Caçapava do Sul até as proximidades

do Complexo Granítico Lavras do Sul, passando pela Sub-bacia Santa Bárbara da Bacia do Camaquã (TREVISOL, 2007).

Próximo à área de estudo, têm-se a presença do Complexo Metamórfico Vacacaí, uma sequência de rochas vulcano-sedimentares que foram metamorfizadas, que pode conter desde ardósias, filitos, xistos grafíticos, mármore, quartzitos, metaconglomerados, anfibolitos e metabasaltos de acordo com Remuset al. (2000), de idade entre 556 e 666 M.a de datações K-Ar realizadas por Soliani Jr. (1986) (Figura 2).

Figura 2- Mapa do contexto geológico Regional e Local da área de estudo.



Fonte: CPRM (2007)

Segundo Bitencourt (1983) o Complexo Granítico Caçapava do Sul é um corpo intrusivo com aproximadamente 250 km² aflorantes, constituído por sienogranitos a granodioritos, apresentando foliação, principalmente nas bordas, definida por forte estiramento de quartzo e feldspato e alinhamento de minerais placóides e prismáticos.

As rochas desse complexo são bastante fraturadas no centro do corpo, sendo comum falhas normais de direção NW-SE, com planos subverticais e falhas de direção N-NE com

deslocamentos laterais, responsáveis pelo desenvolvimento das zonas cataclásticas. (BITENCOURT, 1983)

Um estudo de datação realizado por Leite et al. (1995), identificou-se idade de cristais de zircão em torno de 561 ± 6 e 541 ± 11 M.a., além de informações de Sm-Nd, onde se obteve idades que variam entre 2,05 e 2,22 G.a., com a razão de Sm-Nd.

As descrições feitas em campo descreveram um afloramento tipo campo de blocos e matacões, moderadamente alterado, apresentando disfunção esferoidal. Rocha fanerítica, média, em geral equigranular; holocristalina e mesorática. Composta predominantemente de feldspato alcalino e quartzo, ocorrem plagioclásios centimétricos. Localmente, ocorrem presença de biotitas milimétricas. Apresenta-se em foliação protomilonítica.

Granitos com textura pegmatítica presença de megacristais de feldspatos alcalinos euédricos com macla calrsbad, também foram encontrados em campo.

A área de investigação está situada sobre o solo residual proveniente da alteração do granito Caçapava. Este solo é caracterizado por granulação argilo-siltosas, subsaturado com muita boa plasticidade, marrom claro. Segundo Hansen & Fensterseifer (2000) este solo é classificado coopedzólico vermelho-amarelo distrófico e eutrófico.

Devido a presença de camada de solo em toda área de estudo, a medida de planos de atitude e mergulho de juntas e fraturas limita-se a poucas exposições do granito no local. Através das atitudes estruturais tomadas em trama (Tabela 1) foi gerado um modelo das atitudes estruturais gerados a partir do programa computacional *Estereonet* (Figura 3).

Figura 3- Modelo das atitudes estruturais

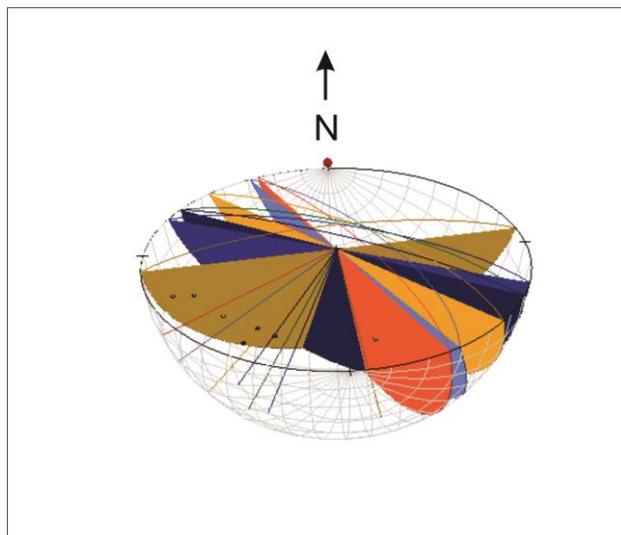
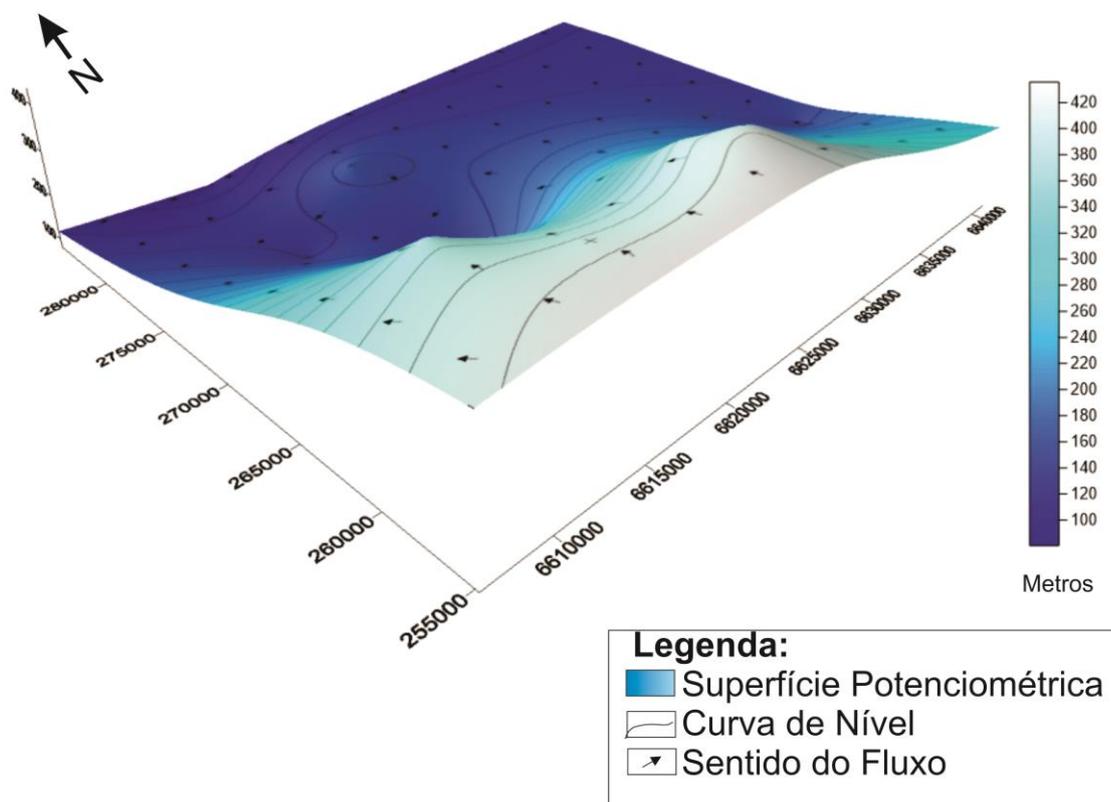


Tabela 1 - Atitudes Estruturais

314/68
300/79
300/67
335/78
292/36
260/61
331/69

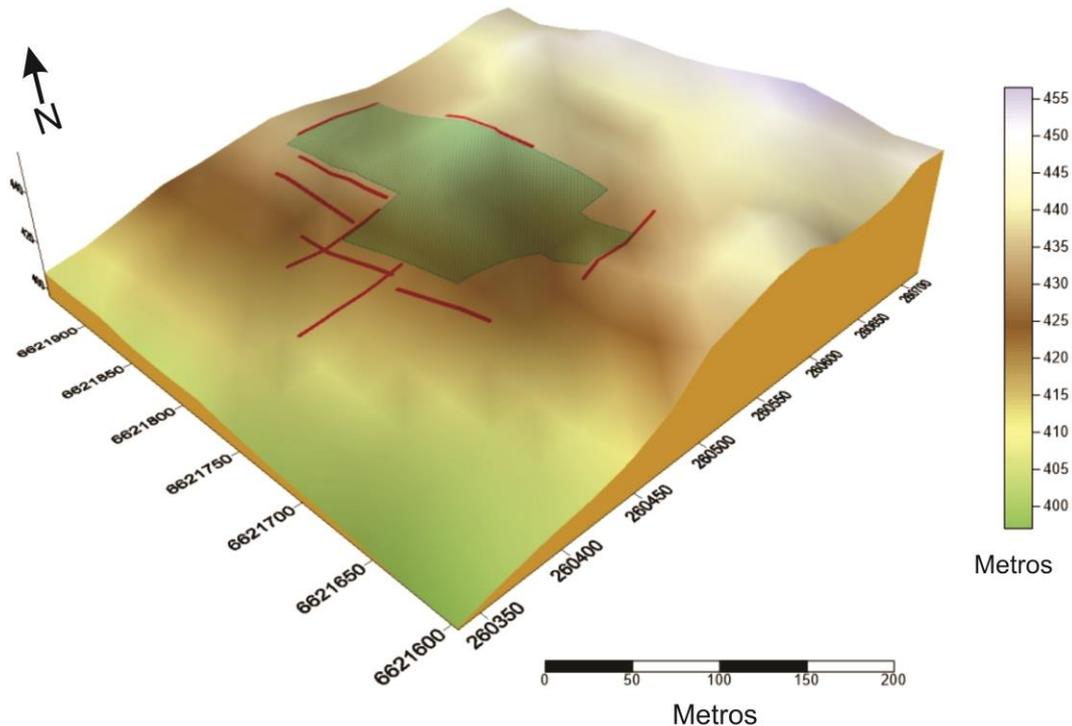
Para um melhor entendimento do sentido de fluxo preferencial das águas subterrâneas, foi elaborado um mapa com a superfície potenciométrica da região de Caçapava do Sul, com os dados disponíveis no SIAGAS. Foram utilizados 18 poços tubulares profundos, interpolados pelo método da krigagem a partir do programa computacional *Surfer* (Figura 4). A superfície potenciométrica foi calculada a partir da subtração do nível de água do poço e a cota.

Figura 4 – Superfície potenciométrica dos aquíferos da região de Caçapava do Sul – RS



Um modelo digital do terreno também foi gerado através dos dados de satélite Asterg (Figura 5).

Figura 5- Modelo Digital do Terreno

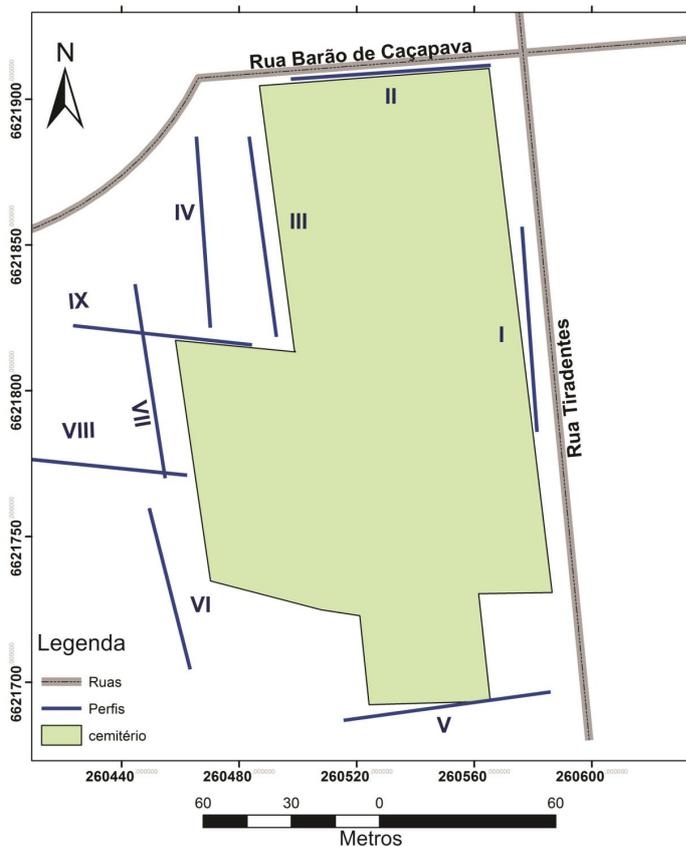


4- MATERIAIS E MÉTODOS

Para caracterização do estudo será aplicado o método da eletrorresistividade, utilizando-se seções de caminhamento elétrico (perfis) por meio do arranjo dipolo-dipolo. O equipamento utilizado será o resistivímetro modelo *Syscal Pro* de 10 canais fabricado pela *IRIS Instruments* (França), pertencente à UNIPAMPA Caçapava do Sul.

Para a realização das medidas, são propostos nove (9) perfis de Caminhamento Elétrico (CE) de aproximadamente 70 m de comprimento (Figura 6). O espaçamento entre eletrodos será de 2 metros. Adicionalmente, um perfil seccionando as principais discontinuidades e, empregando maior espaçamento entre eletrodos (10 metros) a fim de detecção das interfaces água/contaminantes/rocha em maiores profundidades. As seções de resistividade são apresentadas em mapas e seções de contornos (isópacas) integrados a mapas e perfis geológicos por meio de *softwares* apropriados.

Figura 5- Esquematização dos perfis de eletrorresistividade em campo



4.1. Método da Eletrorresistividade

Segundo Kearey (2009) esse método geofísico aplica correntes elétricas artificiais no solo, e as diferenças de potencial resultantes são medidas na superfície. Os desvios do padrão de diferenças de potencial esperado do solo homogêneo fornecem informações sobre a forma e as propriedades elétricas das inhomogeneidades de subsuperfície. Para esse dispositivo de quatro eletrodos a resistividade é assumida como constante e pode ser calculada através da expressão:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Onde:

ρ : resistividade elétrica (ohm,m)

K: fator geométrico (m)

ΔV : diferença de potencial entre os pontos M e N (mV)

I: intensidade de corrente que passa entre os eletrodos A e B (mA)

O fator K depende da geometria do arranjo de eletrodos na superfície e pode ser calculado através da fórmula geral:

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

Onde:

AM, NA, BM, BN: São as respectivas distâncias entre os eletrodos

O parâmetro resistividade é o inverso da condutividade elétrica, e depende da natureza e estado físico do material. A resistividade elétrica (e seu inverso, a condutividade elétrica) de um material expressa a facilidade com que ele transporta cargas elétricas através de campos elétricos externos. O fenômeno de condução pode ser classificado como eletrônico ou iônico, onde os transportadores de carga geralmente são elétrons ou íons. Na condução normal, o fluxo das cargas se processa por deslocamentos dos transportadores, sob ação do campo elétrico (LIMA, 2014).

No ambiente geológico a condutividade é eletrolítica, pois apenas em casos específicos os minerais condutores ocorrem em rochas em quantidades suficientes para aumentar sua condutividade global. A resistividade dos solos e rochas que possuem condutividade eletrolítica é afetada principalmente por quatro fatores:

- composição mineralógica;
- porosidade;
- teor em água;
- quantidade e natureza dos sais dissolvidos

4.2. Técnica de aquisição - Caminhamento Elétrico (CE)

A técnica do caminhamento elétrico está baseada na análise e interpretação da resistividade, obtido a partir de medidas efetuadas na superfície do terreno, investigando, ao longo de uma seção, sua variação na horizontal, a uma ou mais profundidades determinadas (Figura 7).

Os arranjos dessa modalidade são o dipolo-dipolo, gradiente e polo-dipolo. Sendo o arranjo dipolo-dipolo a técnica utilizada neste trabalho por ser mais precisa e rápida de ser executada em campo, como foram feitos em trabalhos realizados por Braga (2007), Moreira et al. (2009), Saraiva (2010), Silva et al. (2009) e Santos (2015).

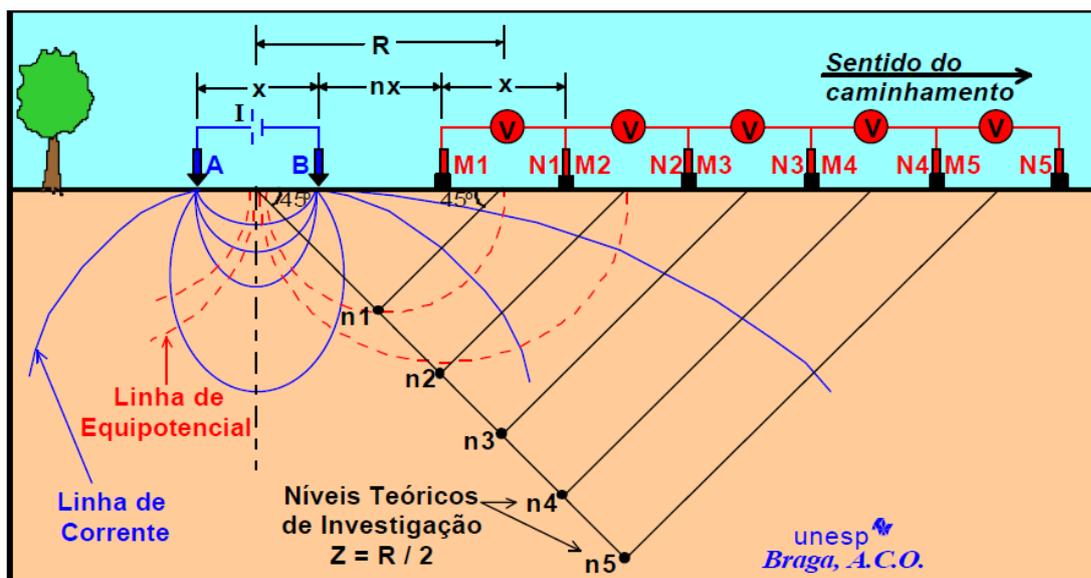
4.2.1. Arranjo Dipolo-dipolo

Segundo Braga (2007) neste arranjo, o estudo da variação da resistividade lateral pode ser efetuado em vários níveis de profundidades, obtendo assim a caracterização do material, tanto horizontal como verticalmente (Figura 7).

Suas características são:

- Centro dos dipolos AB e MN não permanecem fixos, mas se deslocam ao longo das linhas a serem levantadas;
- Espaçamento entre os eletrodos A-B igual ao M-N;
- Espaçamento entre os dipolos AB e MN pode variar, utilizando-se, simultaneamente, vários dipolos MN dispostos ao longo da linha;
- Cada dipolo MN refere-se a um nível de investigação.

Figura 7 – Disposição do arranjo dipolo-dipolo – CE.



Fonte: Braga(2007).

Nesse arranjo, a diferença de potencial, diminui sensivelmente à medida que nos afastamos do dipolo AB, as leituras mais afastadas se tornam difíceis de serem obtidas com precisão.

Nesse dispositivo, os eletrodos AB de indução de corrente e MN de potencial são dispostos segundo um mesmo perfil e o arranjo é definido pelos espaçamentos $x=AM=MN$. A

profundidade de investigação cresce com o espaçamento (R), e teoricamente corresponde a R/2.

Na Figura 7 tem-se que o espaçamento x a ser utilizado deve ser definido em função dos objetivos do trabalho e da profundidade máxima de investigação a ser atingida..

Para estudos ambientais, recomenda-se obter 10 mudanças completas de cinco níveis, e que o arranjo se inicie e termine além da área de interesse de investigação (Figura 8) (BRAGA, 2007).

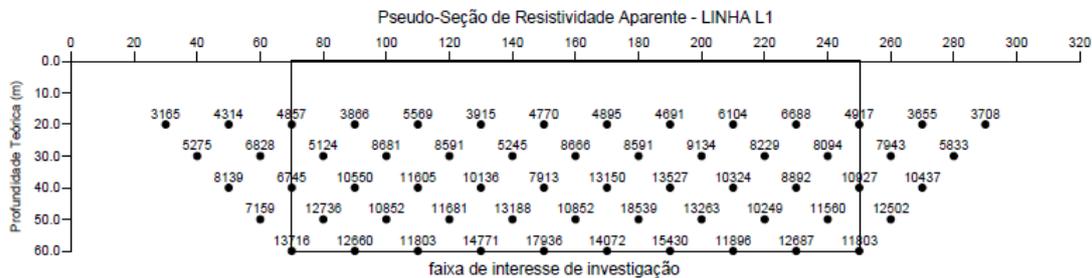
O fator Geométrico K para o arranjo dipolo-dipolo é calculado pela fórmula:

$$K = 2\pi Gx \quad (3)$$

Onde:

$$G = \frac{1}{\frac{1}{N} + \frac{1}{N+1} + \frac{1}{N+2}} \quad (4)$$

Figura 8- Seção ideal mínima de CE- dez mudanças de cinco níveis



Fonte : Braga, 2007

5-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1. Breve Histórico - Cultura dos cemitérios

A palavra cemitério do grego *koimetérion*, “dormitório”, do latim *coemeteriu*, designava, a princípio, o lugar onde se dorme, quarto, dormitório. Sob a influência do cristianismo, o termo tomou o sentido de campo de descanso após a morte. O cemitério também é conhecido como necrópole, carneiro, sepulcrário, campo-santo e vários eufemismos, como “cidade dos pés-juntos” e “última morada” (MATOS, 2001).

Os cemitérios são monumentos à memória dos falecidos e que os vivos fazem questão de perpetuar. Cada cultura traz consigo hábitos e costumes fúnebres que estão interligados a homenagens e a crença religiosas.

A partir da idade média os cemitérios começaram a ser difundidos na Europa. Acreditando que estariam mais próximos do caminho da salvação, fiéis começaram a ser sepultados no interior e ao redor das igrejas. Entretanto, os fortes odores de gases provenientes da decomposição de cadáveres começaram a incomodar a comunidade cristã. Preocupados com a insalubridade do local, a partir do século XX a igreja católica decidiu sepultar os corpos em um local afastado dos centros urbanos.

5.2. Histórico da Legislação no Brasil

Em 1789, a rainha de Portugal, D. Maria, enviou uma recomendação ao bispo do Rio de Janeiro para que os cemitérios fossem construídos separados das Igrejas, tal como já se fazia na Europa. Alguns anos depois, o Senado da Câmara Municipal do Rio de Janeiro, ao dirigir uma representação a alguns médicos locais, manifestou também a sua preocupação com o estado sanitário da cidade (CARNEIRO, 2008).

Em 1801, uma carta régia de Minas proibia os sepultamentos na Igreja e ordenava ao governador da capitania que procurasse, com o auxílio do bispo, construir cemitérios afastados das cidades (VIEIRA, 2002).

Esta legislação foi responsável pelo desencadeamento de inúmeros protestos populares em toda a Colônia que impediram a implementação da mesma. Isto porque ela foi de encontro aos anseios da cristandade colonial e eclesiástica que previa para todos os cristãos, o direito de serem enterrados em “solos sagrados”(VIEIRA, 2002).

No ano de 1828, uma lei imperial reiterava a proibição do sepultamento na Igreja e ordenava a construção de cemitérios fora da cidade. A incumbência do projeto foi delegada às Câmaras Municipais que, se viram responsáveis pelas questões de saúde pública (CARNEIRO, 2008).

5.3. Legislação Vigente no Brasil

No Brasil O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA – dispõe em duas Resoluções que vivenciam o Licenciamento Ambiental de cemitérios. Segundo a resolução CONAMA 335/01 “os cemitérios deverão ser submetidos ao processo de licenciamento

ambiental, nos termos desta Resolução, sem prejuízo de outras normas aplicáveis à espécie”. Resolução CONAMA 335/03 “Na fase de Licença Prévia do licenciamento ambiental, deverão ser apresentados estudos demonstrando o nível máximo do aquífero freático, ao final da estação de maior precipitação pluviométrica”. Resolução CONAMA 335/05 “o nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias”.

De acordo com a resolução CONAMA 368/01 “a área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade, de acordo com estudos apresentados e a critério do órgão licenciador; o subsolo da área pretendida para o cemitério deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol freático”.

5.4. Cemitérios Como Risco Potencial Para o Meio Ambiente

Os cemitérios implantados sem os devidos cuidados geológicos e hidrogeológicos são um risco potencial para o meio ambiente, podendo gerar impactos ambientais, tais como alterações físicas, químicas e biológicas.

Pacheco (1986) classifica esses impactos como físico primário e secundário.

O impacto físico primário ocorre quando há a contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Sendo a indução de microorganismos nos recursos hídricos é a principal e a mais preocupante contaminação gerada pelos cemitérios.

O impacto físico secundário ocorre quando há presença de maus odores provenientes da decomposição de cadáveres, que são liberados por problemas relacionados com os sepultamentos (PACHECO, 1986)

5.5. Processos transformadores

A putrefação de um cadáver inicia-se com as bactérias endógenas intestinais, do tipo saprófitas, principalmente, enterobactérias. A esta fase anaeróbia segue-se a atenuação de

bactérias aeróbias-anaeróbias facultativas da família *Neisseriaceae* e *Pseudomonadaceae* e outras anaeróbias do gênero *Clostridium*. Estes microorganismos são originários do cadáver e do meio circundante. (PACHECO, 1986)

No caso de morte por doenças infecto contagiosas ou epidemia estão presentes os agentes da infecção, que competem com outros organismos como algas, protozoários, fungos, bactérias, alguns dos quais são seus depredadores ou convivas. (PACHECO, 1986)

Há um conjunto de fatores que concorrem para acelerar ou retardar o processo putrefativo. Sendo alguns deles intrínsecos pertinentes ao cadáver e outros extrínsecos, ligados a fatores ambientais como temperatura, umidade, ventilação e o solo.

Ainda segundo Pacheco (1986) decomposição do cadáver segue a sequência de:

- *Período gasoso*: Os gases que se desenvolveram no interior do cadáver começam a se espalhar por todo o corpo, conferindo ao cadáver um aspecto volumoso, ocorrendo a ruptura das paredes abdominais. Sendo essa fase desenvolvida dentro de um prazo de três a quatro semanas.
- *Período coliquativo*: Se trata da dissolução pútrida das partes moles dos cadáveres, pela ação conjunta da fauna necrófaga. Ocorrendo a formação de um líquido intermitente, liquame funerário ou necrochorume, tendo a presença de germes putrefativos, larvas e insetos conhecidos por “fauna dos túmulos” ou “fauna cadavérica”, que são coadjuvantes no processo da decomposição. O período coliquativo leva em média a duração de dois a oito anos.
- *Período esqueletização*: Período que segue após a destruição da matéria orgânica, pode durar vários meses a vários anos, dependendo das condições ambientais. O residual da matéria orgânica dos ossos costuma liberar fósforo sob a forma de fosfina (PH_3), reagindo com o oxigênio dando origem a um fenômeno luminoso e de curta duração, conhecido por “fogo-fátuo”. Por meio da sua porção mineral, a ossatura dos esqueletos pode induzir carbonato de cálcio para o aquífero. As águas ácidas atacam o esqueleto, enquanto as águas e solos calcários asseguram a sua conservação.

5.6. Processos transformativos conservadores

- *Mumificação*: é a dessecação ou dessecação ou desidratação dos tecidos. Aparece em condições de clima quente, seco, com correntes de ar. Existem determinados

tipos de solos que propiciam a mumificação, como os arenosas das regiões desérticas. Em solos calcários, os corpos inumados podem sofrer uma fossilização incipiente, graças à substituição catiônica de sódio e potássio pelo cálcio. Assim, têm sido encontradas múmias naturais, muito bem conservadas, sem ataúdes, depositadas no solo, em cavernas ou catacumbas. (MATOS, 2001)

- *Saponificação*: É a hidrólise da gordura com liberação de ácidos graxos, os quais inibem as bactérias putrefativas, atrasando a decomposição do cadáver. A adipocera é a massa branca, mole, de aspecto céreo, que se forma nos diversos tecidos e órgãos do cadáver resultante da saponificação. Em um ambiente quente, úmido e anaeróbio, e com a presença de bactérias endógenas, é favorável a saponificação; assim como o solo argiloso, pouco permeável saturado de água. (MATOS, 2001)

5.7. Composição do Necrochorume

A composição do corpo de um homem adulto de aproximadamente 70 kg é apresentado na Figura 9, a da mulher é acerca de um quarto a dois terços da do homem (MATOS, 2001)

Após a morte, o corpo humano sofre destruição dos tecidos do corpo por ação das bactérias e enzimas, resultando na dissolução gradual dos tecidos em gases, líquidos e sais. Os gases produzidos são H_2S , CH_4 , CO_2 , NH_3 E H_2 . O odor é causado por alguns destes gases e por pequena quantidade de marcaptan – substância que contém sulfeto de hidrogênio a carbono saturado (POUNDER, 1995).

TABELA 2

Composição do corpo humano

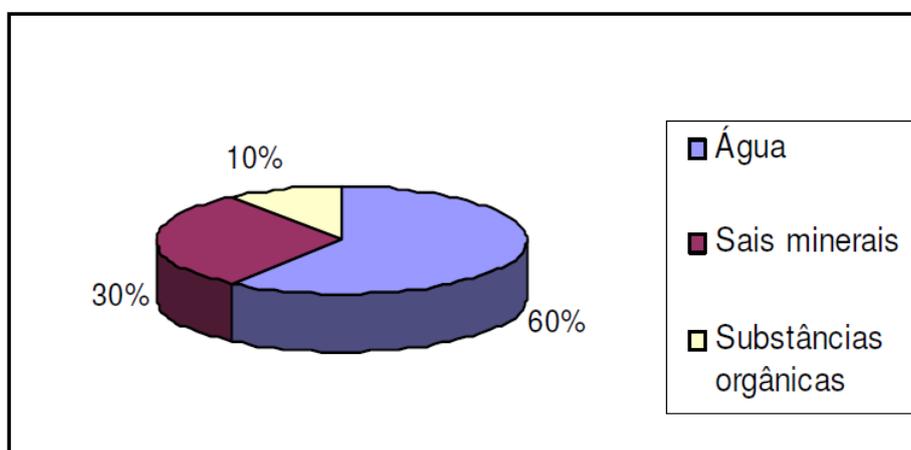
Substância	Quantidade (g)
Carbono	16.000
Nitrogênio	1.800
Cálcio	1.100
Fósforo	500
Enxofre	140
Potássio	140
Sódio	100
Cloreto	95
Magnésio	19
Ferro	4

Fonte: MATOS, 2001

A putrefação depende das condições ambientais, podendo ser observada em até 24 horas após a morte, com formação dos gases em dois ou três dias. A decomposição do corpo pode durar alguns meses até vários anos, dependendo da ação ambiental. Em clima tropical, o cadáver demora aproximadamente três anos para ser decomposto; em clima temperado, a decomposição pode durar dez anos (POUNDER, 1995).

O necrochorume apresenta viscosidade de cor castanho-acinzentada, forte cheiro e grau variado de patogenicidade. Apresenta densidade média de $1,23 \text{ g/cm}^3$, a relação entre o volume de necrochorume produzido e a massa do corpo é de $0,6 \text{ l/Kg}$ (LOPES, 2008)

Figura 9- Composição média do necrochorume



Fonte: Lopes (1971)

Segundo Almeida e Macedo (2005), a decomposição das substâncias orgânicas do corpo podem produzir diaminas como a cadaverina ($\text{C}_5\text{H}_{14}\text{N}_2$) e a putrescina ($\text{C}_4\text{H}_{12}\text{N}_2$), que ao serem degradadas geram NH_4^+ , substância que apresenta toxicidade em altas concentrações.

A cadaverina e putrescina são danosas também por serem responsáveis pela transmissão de doenças infecto-contagiosas como a hepatite e a febre tifoide. Dependendo da geologia essas substâncias podem se proliferar em um raio superior a 400 metros de distância do cemitério.

Não se sabe muito sobre a composição do necrochorume em relação à carga microbiológica. Devido a sua composição química, é provável que encontremos números elevados de bactérias degradadoras de matérias orgânicas (bactérias heterótrofas), de proteínas (bactérias proteolíticas) e lípidos (lipolíticas). Devemos encontrar bactérias que são

normalmente excretadas por humanos, como *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter*, *Streptococcus faecalis*; alguns clostrídios como *Clostridium perfringens* e *Clostridium welchii*, entre outros. É provável que estejam presentes bactérias patogênicas, como *Salmonella typhi*, e vírus humanos, como enterovírus (OTTMAN, 1987).

5.8. Mobilidade do Necrochorume no Meio Ambiente

O comportamento do contaminante depende de suas propriedades físico-químicas e do meio em que está sendo percolado. Solos arenosos possuem grãos maiores e conseqüentemente áreas superficiais menores. Isto implica que não possuem capacidade de reter água ou contaminante em seus interstícios. Todavia o solo argiloso consegue reter líquido, pois seus grãos são muito pequenos e sua área superficial maior, onde as moléculas do líquido conseguem ficar sorvidas. Para retirar água ou contaminante de solos argilosos é necessária uma pressão maior do que em solos arenosos (CARNEIRO, 2008).

A mobilidade do poluente no solo é medida pela condutividade hidráulica do mesmo. A condutividade hidráulica depende do peso molecular e densidade do poluente e significa a velocidade de infiltração em solo saturado.

A atenuação do necrochorume é mais eficiente em argilas, já que estes possuem mais microorganismos em seu interior. Os vírus presentes no necrochorume ficam adsorvidos nos grãos de argila, dificultando sua chegada ao aquífero. Porém em solos arenosos e cascalhos, os vírus podem percolar longas distâncias (CARNEIRO, 2008).

Ainda segundo Carneiro (2008) a chuva ajuda a percolação e infiltração do necrochorume no solo até atingir o aquífero. Com a chuva, a carga hidráulica é maior sobre o solo o que aumenta a velocidade de infiltração. Quanto mais rápido o contaminante atravessar o solo, menos tempo terá para ser degradado e adsorvido pelo mesmo.

O necrochorume quando está no interior do aquífero pode ser dissolvido, carregado no sentido de fluxo do aquífero ou se depositar em sua camada inferior impermeável. Apesar da densidade do necrochorume ser maior que a da água ($1,23 \text{ g/cm}^3$), seu valor não é tão elevado a ponto de todo o poluente atravessar o aquífero até sua camada impermeável. Com isto, parte do necrochorume deverá ser carregada com o aquífero no sentido do fluxo da água e ser espalhado pela região.

5.9. Cemitério e Meio Ambiente – Revisão Bibliográfica

Matos (2001) avaliou a ocorrência e o transporte de microrganismos no cemitério de Vila Nova Cachoeirinha em São Paulo- SP. Seu trabalho foi dividido em etapa de campo e laboratorial. Em laboratório injetou-se traçadores químicos e biológicos em colunas de solo do cemitério a fim de simular o transporte dos de elementos químicos, bactérias e vírus nas águas subterrâneas. Em campo utilizou-se sondagem elétrica e caminhamento eletromagnético a fim de caracterizar-se o aquífero freático.

Moreira et al. (2009) investigou a percolação de necrochorume o cemitério de Vila Rezende, em Piracicaba, São Paulo, por meio do método da eletrorresistividade através das técnicas da sondagem elétrica vertical e imageamento elétrico. As análises dos resultados mostraram que o cemitério apresenta condições desfavoráveis na percolação do necrochorume devido altas concentração do material argiloso. Entretanto é suscetível ao fenômeno conservativo de saponificação e a baixa expansão em profundidade da pluma de contaminante, devido à baixa profundidade do nível freático.

Saraiva (2010) implantou em uma área corpos e restos de animais com semelhanças a corpos humanos, onde por meio de métodos geofísicos acompanhou a formação da pluma de contaminação possivelmente originada a partir da formação do necrochorume. Os resultados mostraram que o método da eletrorresistividade com a técnica do caminhamento elétrico apresentou os melhores resultados quanto à delimitação da pluma gerada.

Silva et al. (2009) empregou métodos de eletrorresistividade (imageamento elétrico e sondagem elétrica vertical) na fase de investigação confirmatória em cemitérios contaminados. Onde constatou que os valores de resistividade aparente entre 700-2600 Ω m relacionam-se ao solo argilo-arenoso, areno-argiloso e aos sedimentos arenosos carregados por escoamento superficial. Os valores de resistividade entre 150-700 Ω m estão correlacionados a uma camada de solo argilo-arenosa saturada. E valores inferiores a 75 Ω m próximo a superfície, acima do nível freático corresponde a uma anomalia condutiva, proveniente do vazamento de necrochorume.

5.10. Trabalhos Anteriores na Área de Estudo – Revisão Bibliográfica

Santos (2015) investigou a ocorrência da contaminação por necrochorume em um cemitério municipal no município de Caçapava do Sul-RS. Através do método da

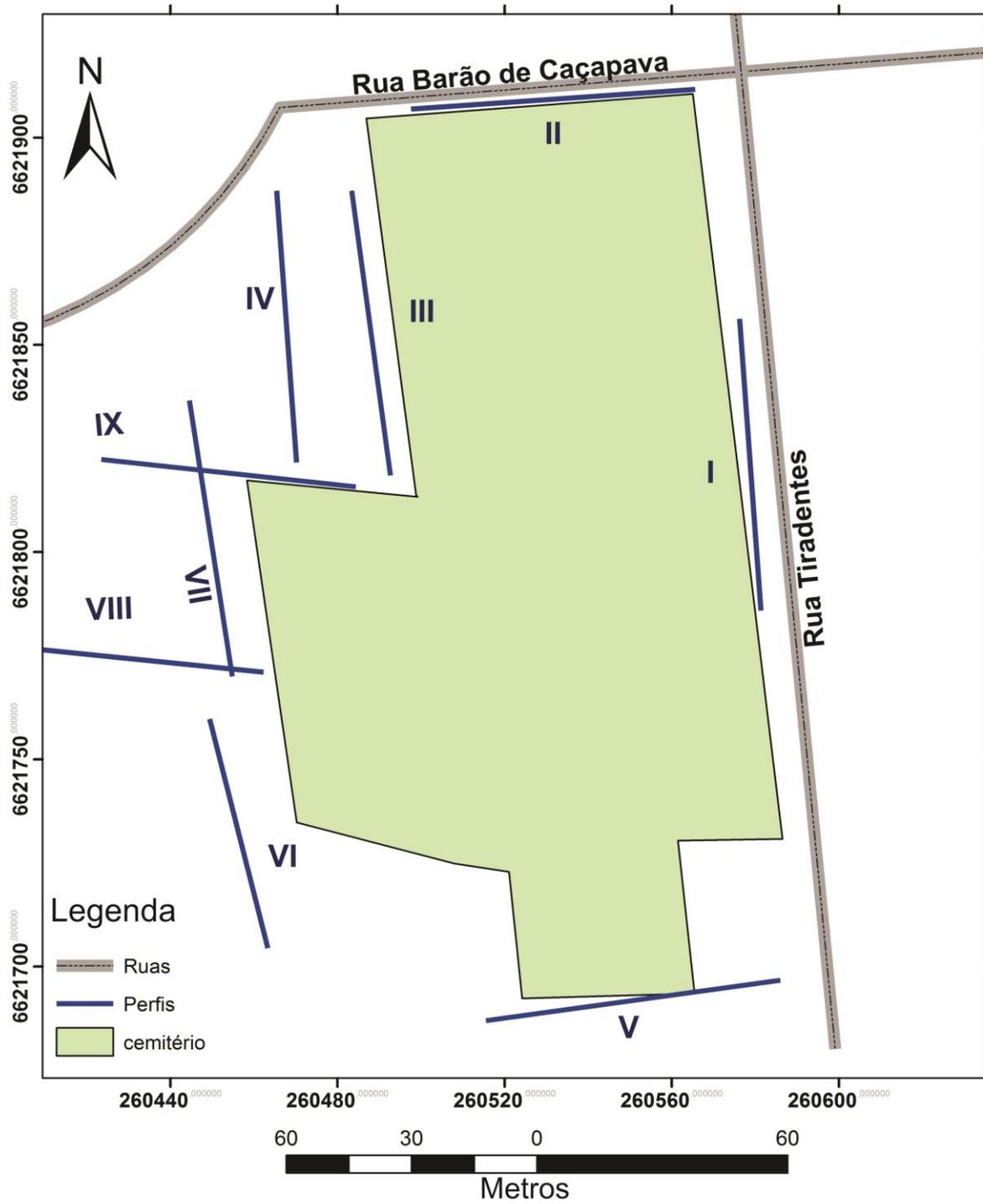
eletrorresistividade (caminhamento elétrico) determinou-se o fluxo da água subterrânea e delimitou zonas de baixa resistividade elétrica (inferiores a $46,7 \Omega\text{m}$) associadas a contaminação de necrochorume. Foram coletadas quatro amostras de água em pontos próximos ao cemitério e realizados testes microbiológicos de coliformes totais e *Escherichia Coli*. Todas as amostras apresentaram resultado positivo para coliformes totais e apenas uma deu negativa para *Escherichia Coli*.

Carvalho (2015) aplicou o método da eletrorresistividade através da técnica de Caminhamento Elétrico (CE) na caracterização de um aquífero fraturado no Complexo Granítico Caçapava do Sul. Obteve valores de resistividade aparente em torno de 1947-5963 Ωm para a rocha sã (Granito Caçapava) e valores de resistividade aparente entre 208-67,8 Ωm para zonas saturadas.

6- RESULTADOS E DISCUSSÕES

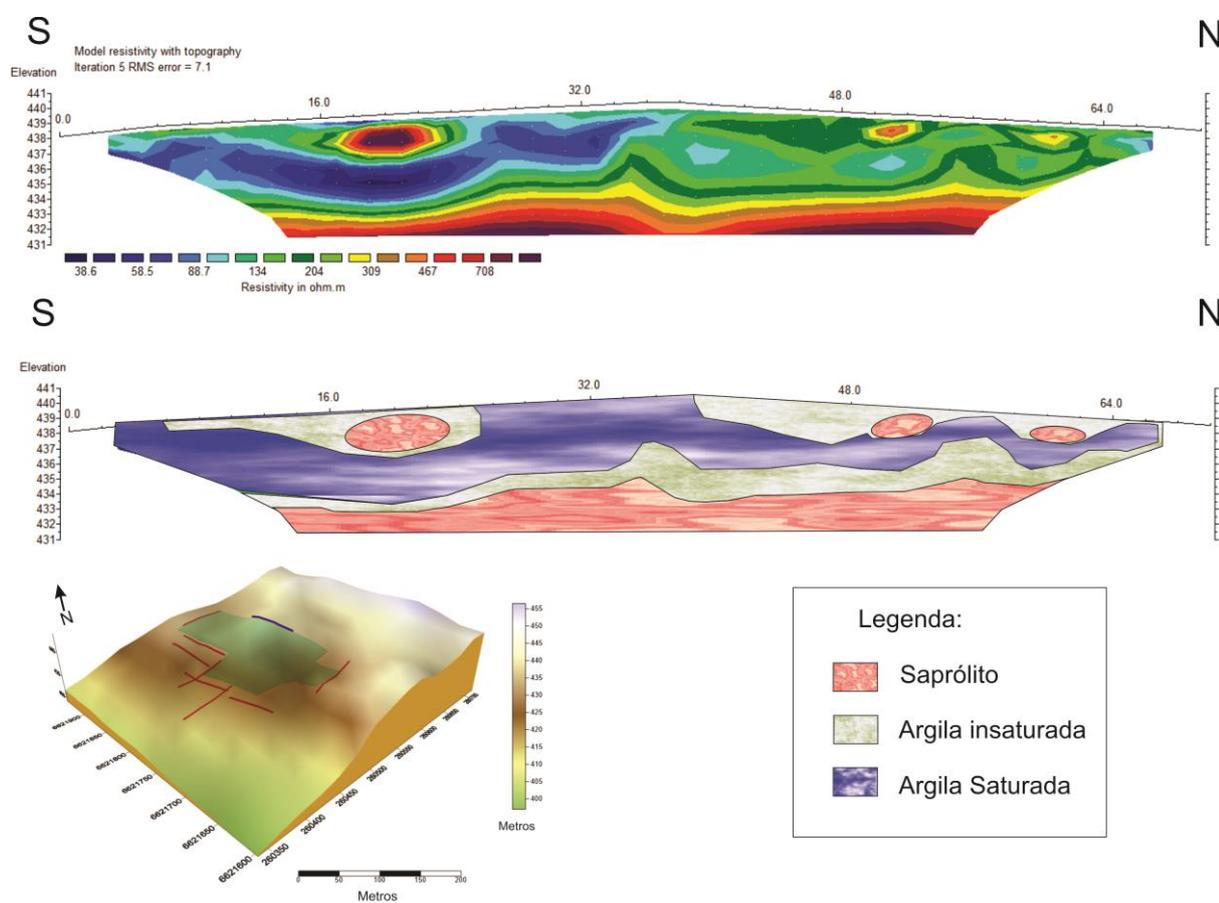
De acordo com o mapa do cemitério e os perfis de caminhamento realizados (Figura 10), os perfis de *Resistividade Aparente*, *Resistividade Calculada* e *Modelo de Inversão*. Uma interpretação prévia dos limites resistivos/conduativos realizadas.

Figura 10 – Perfis de caminhamento elétrico já realizados. Zona UTM 22J.



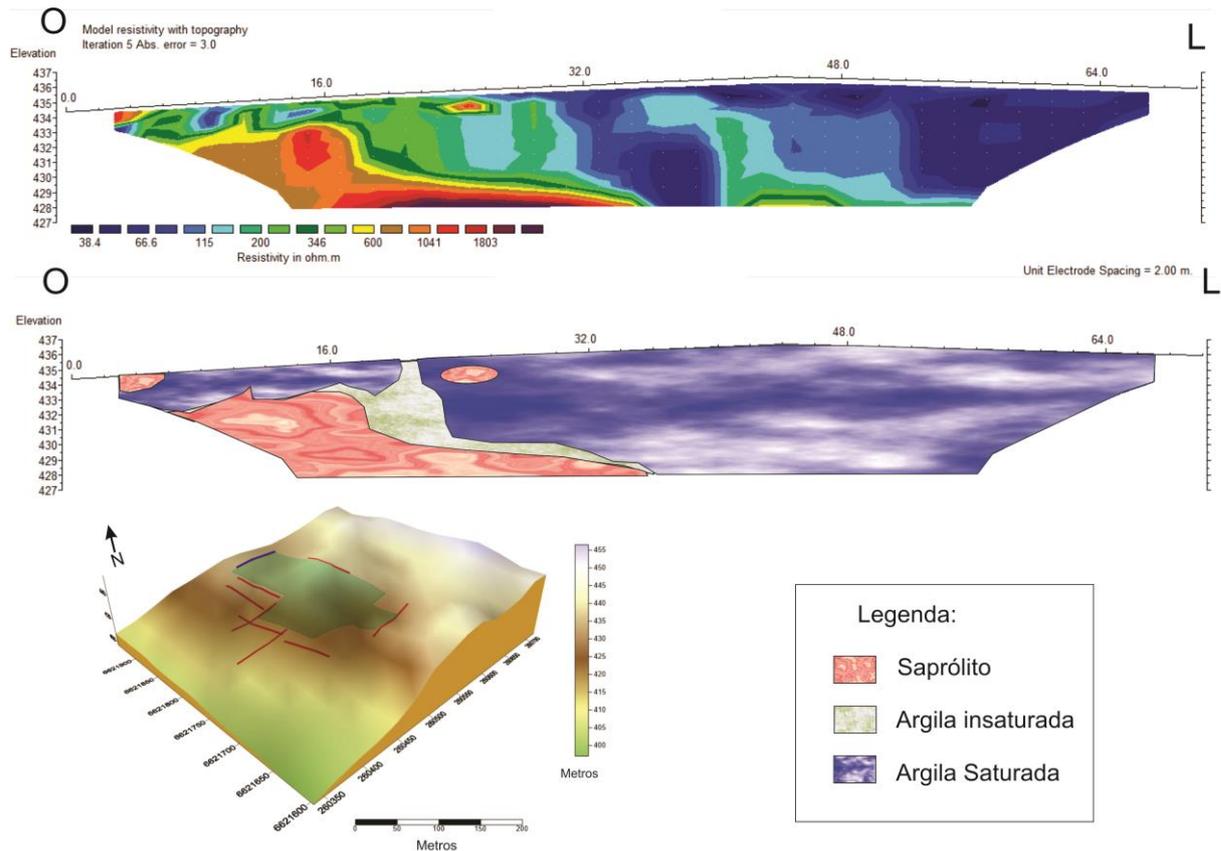
Perfil I – localiza-se paralelo à avenida principal (Rua Tiradentes), na entrada do cemitério (Figura 11). A uma cota de 436 m encontra-se uma zona resistiva (467 a 708 Ωm) associada a um matacão intemperizado (saprolito). A alteração do granito ocasionada pelo intemperismo também é notada a uma cota de 433 metros, onde nota-se uma zona resistiva (708 Ωm). Uma zona anômala de baixa resistividade (36,4 a 84,3 Ωm) saturada em água e possivelmente em sais, ascende desde a superfície, percolando abaixo do saprolito. É provável que essa zona saturada seja proveniente da pluviosidade, não descartando a hipótese de estar contaminada pelo contaminante (necrochorume).

Figura 11 – Perfil I de eletrorresistividade



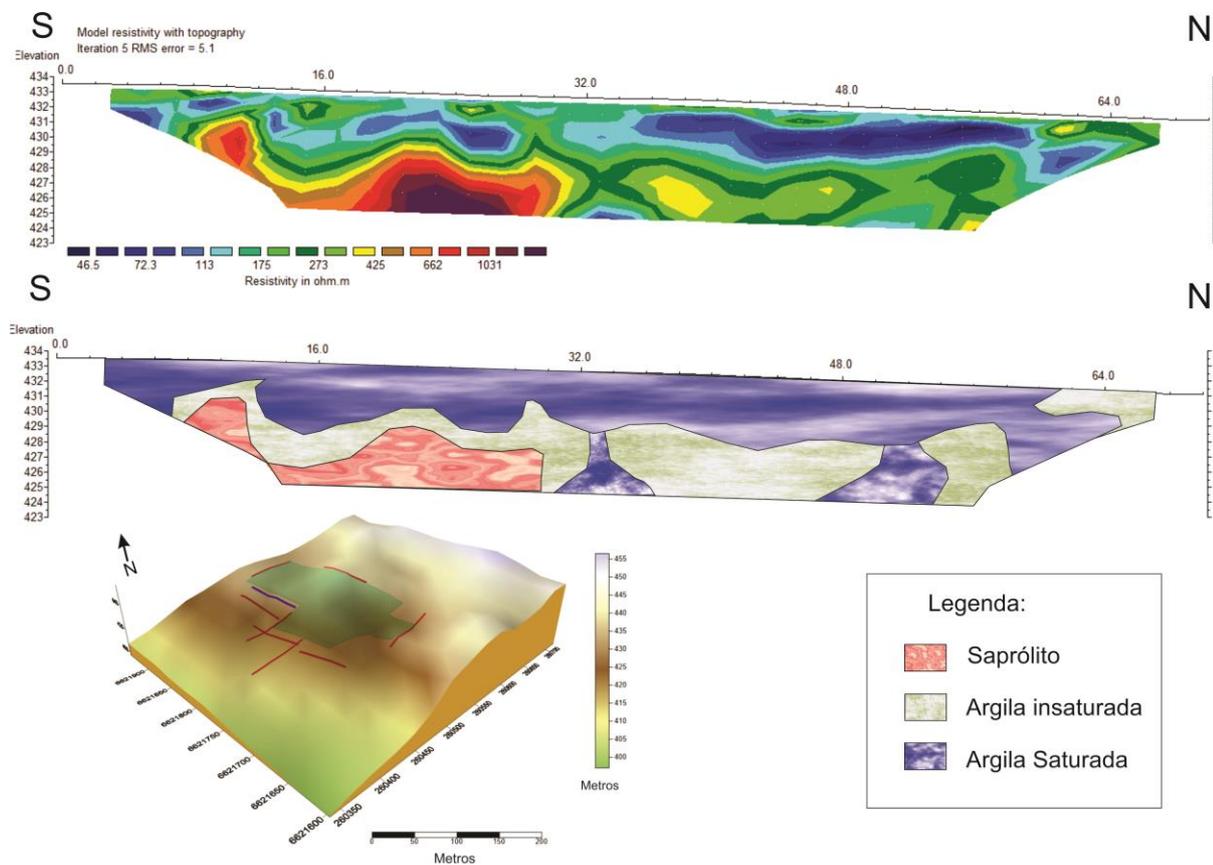
Perfil II - localiza-se junto a Rua Barão de Caçapava (Figura 12). Próximo a essa área encontra-se uma galeria da rede de esgoto que capta água da chuva. A baixa resistividade elétrica (38,4 a 115 Ωm) observada entre 32 a 64 metros da seção é principalmente associada ao fluído vazado dessas tubulações. O solo argiloso não saturado apresenta uma resistividade em torno de 346 a 600 Ωm , enquanto que o granito intemperizado (saprólito) (1041 Ωm).

Figura 12 – Perfil II de eletrorresistividade



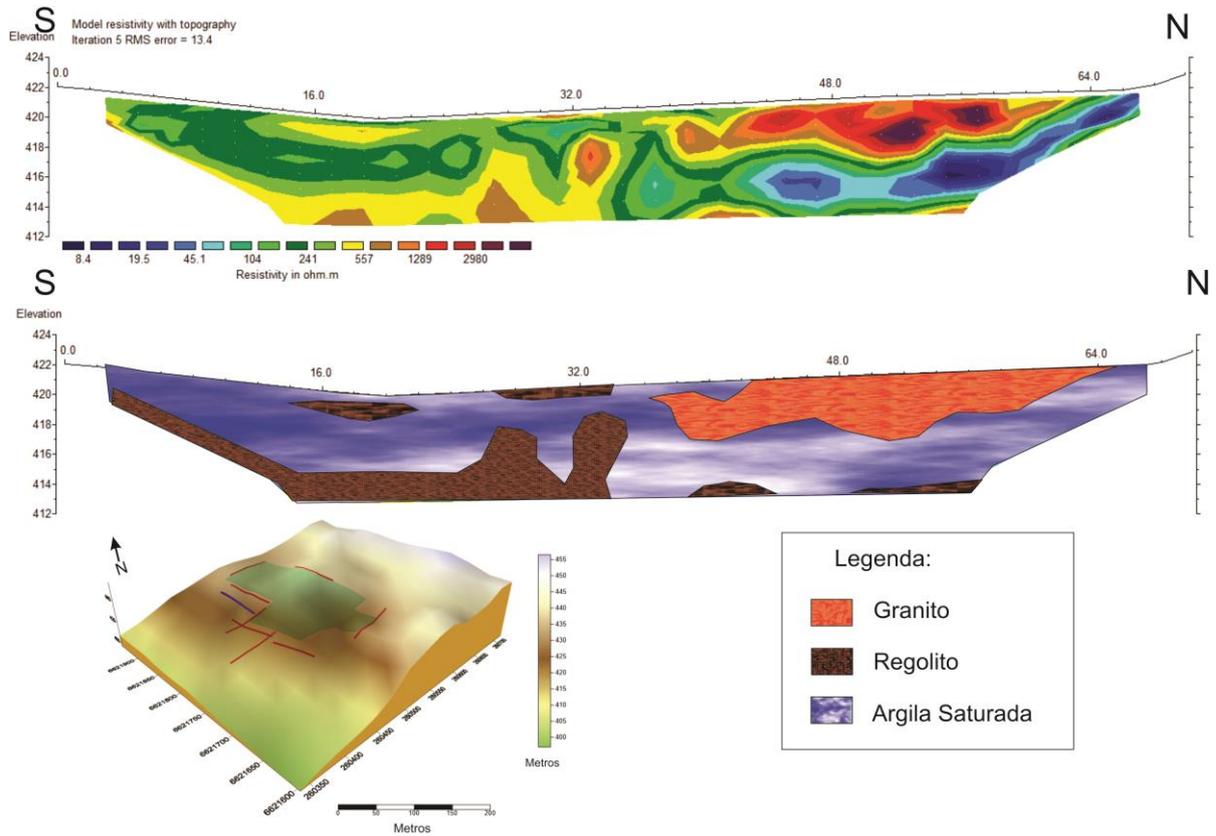
Perfil III - está localizado em um baixo topográfico aos fundos do cemitério. A seção apresenta uma zona saturada (46,5 a 133 Ωm) a uma cota de 431 metros que se expande por todo caminhamento. Nos 32 m da seção, nota-se uma camada baixa resistiva (48,4 a 133 Ωm) que percola entre o saprolito e o solo argiloso, a percolação desse fluido pode ser associada a tubulação de descarga de água do cemitério em um lago nas proximidades da investigação. Zonas insaturadas representam o solo argiloso insaturado (221 a 425 Ωm) e o saprolito (acima de 1031 Ωm).

Figura 13 - Perfil III de eletrorresistividade



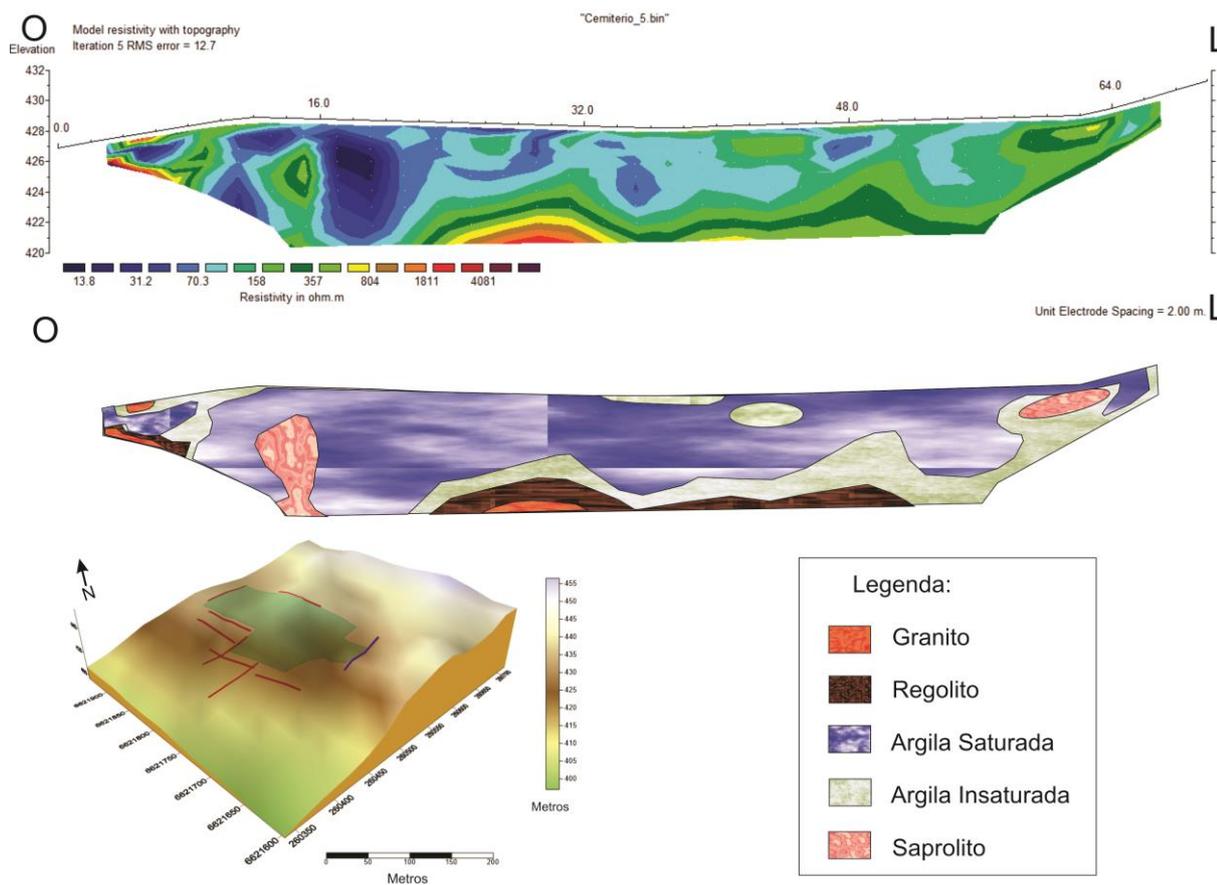
Perfil IV - paralelo ao perfil III também foi realizado nos fundos do cemitério (Figura 14). Observa-se uma extensa pluma de baixa resistividade elétrica (8,4 a 45.1 Ωm) percolando abaixo dos granitos que afloram na superfície (3154 Ωm). Camadas de resistividade intermediária (241 a 622 Ωm) são relacionadas ao solo regolítico.

Figura 14 - Perfil IV de eletrorresistividade



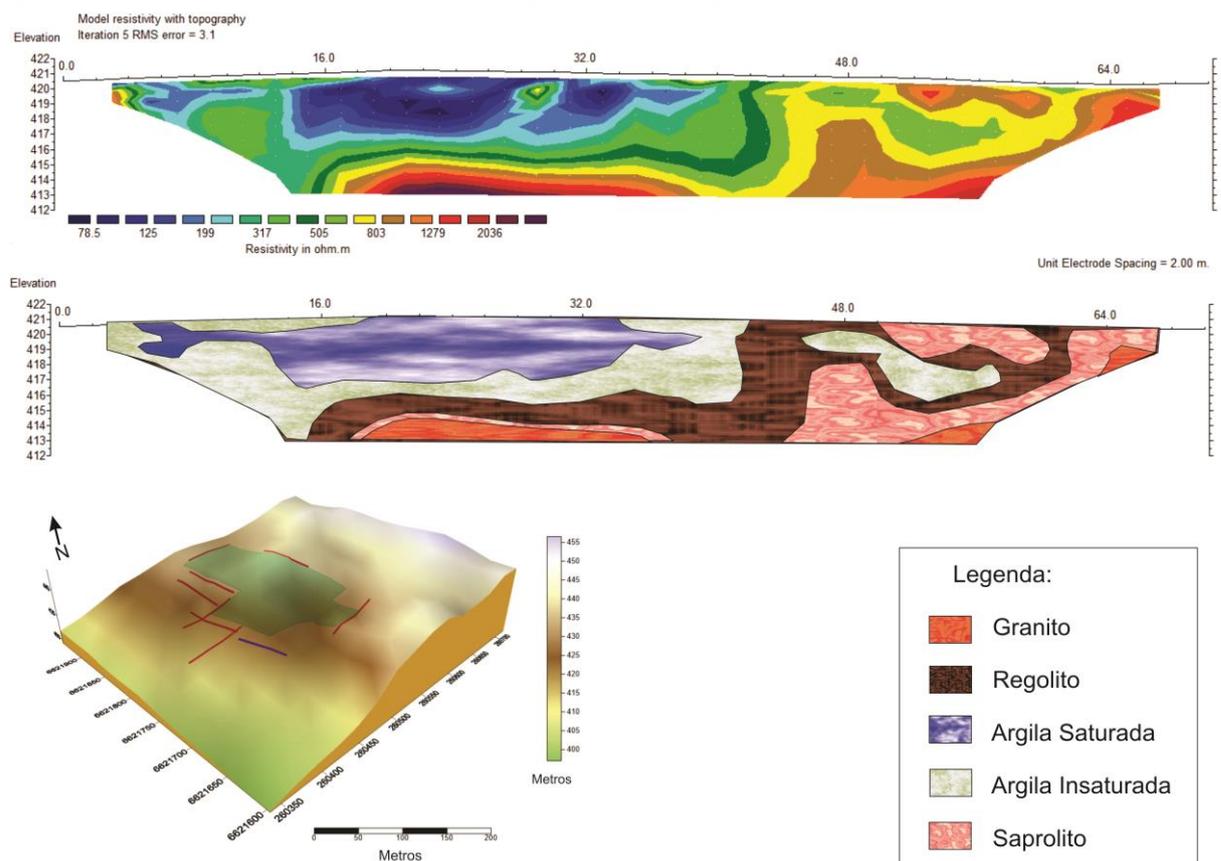
Perfil V - localiza-se na parte lateral do cemitério, acompanhando a declividade topográfica, a parte mais alta do perfil está a 64 m e a mais baixa a 0 m (Figura 15). Notamos que a zona mais saturada (13,8 a 70,3 Ωm) encontra-se na região mais baixa do terreno. Uma parte do granito intemperizado (saporolito) e rocha sã pode ser observada a uma cota de 422 m.

Figura 15 - Perfil V de eletrorresistividade



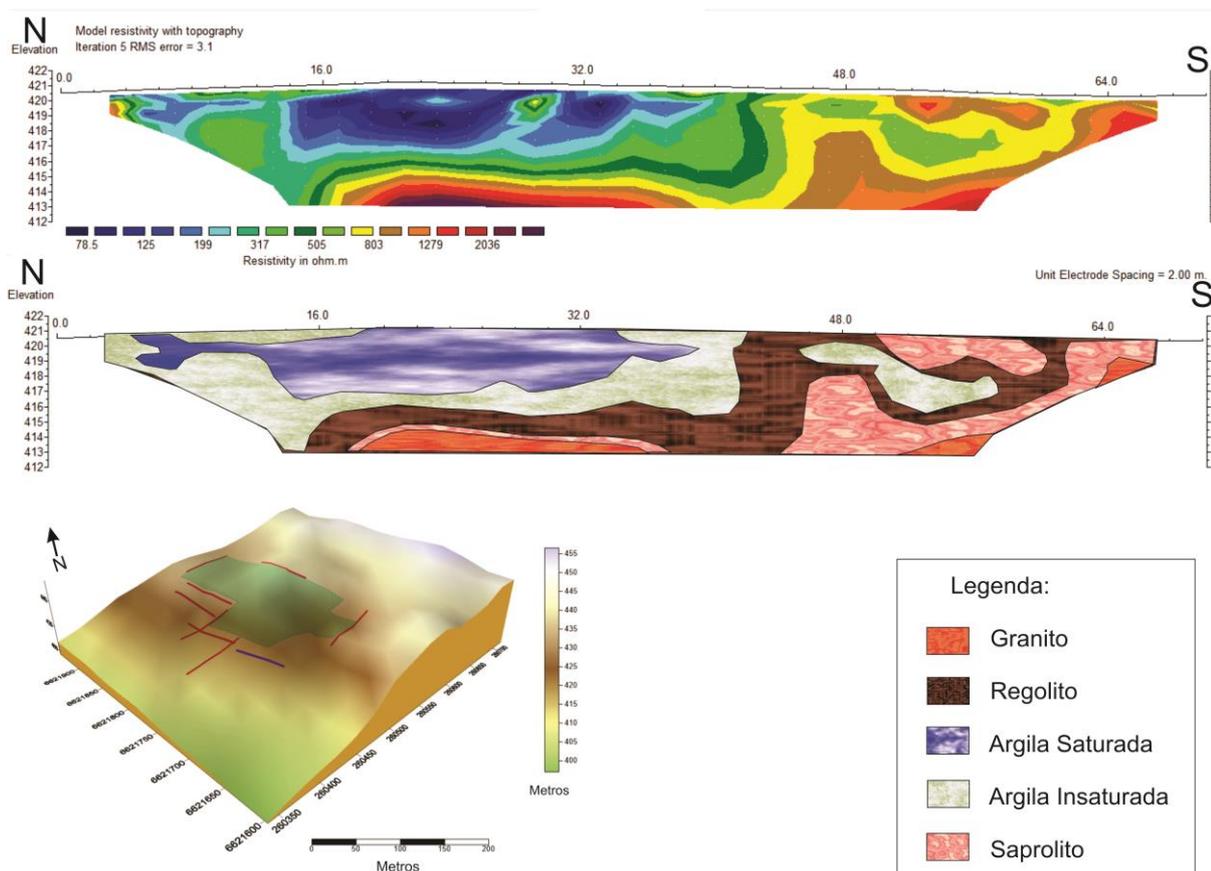
Perfil VI - localizado aos fundos do cemitério (Figura 16), apresenta uma zona saturada com resistividade elétrica entre 78 a 125 Ωm , essa zona pode apresentar uma quantidade amena de sais. Solo regolito insaturado (505 a 803 Ωm) saprolito (1279 Ωm) e rocha sã (2036 Ωm), também são detectados nessa seção.

Figura 16 - Perfil VI de eletrorresistividade



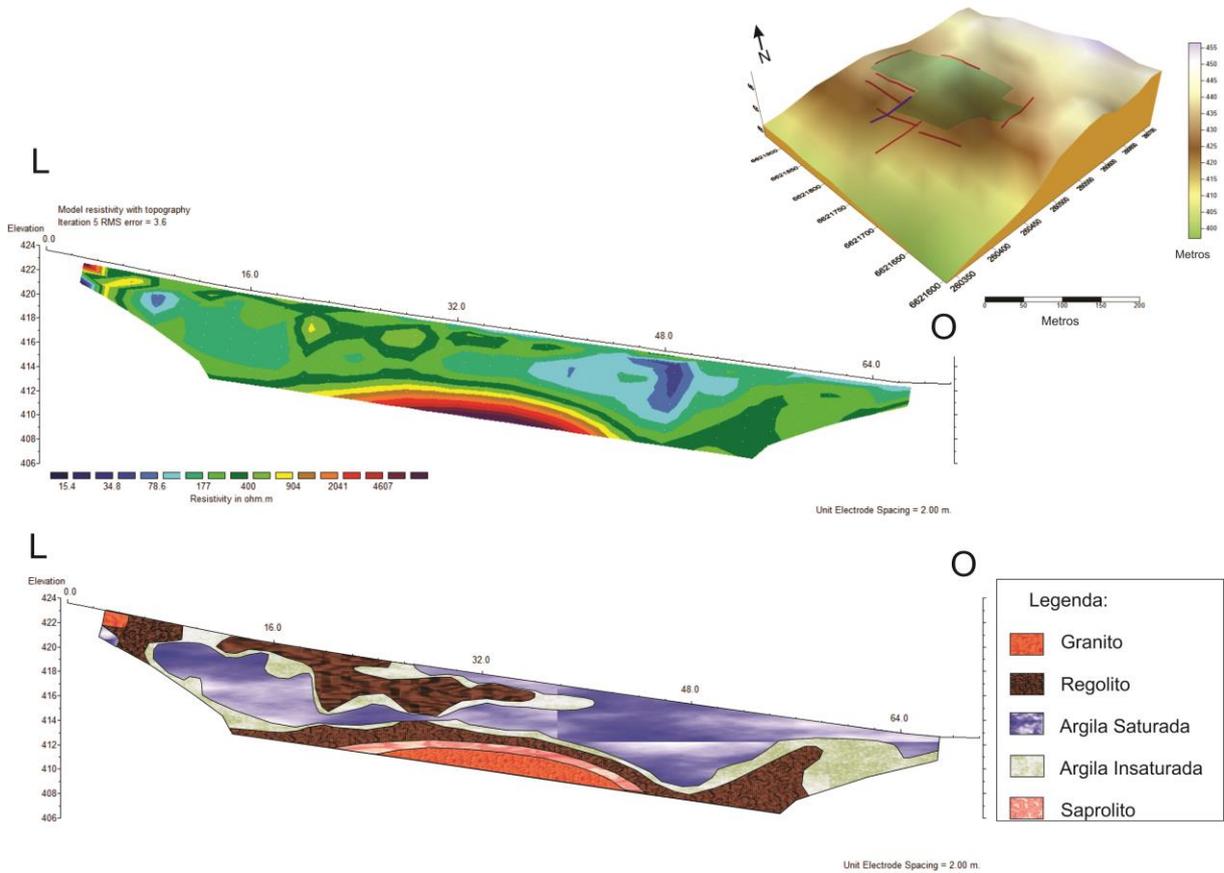
Perfil VII - segue paralelamente ao perfil VI aos fundos do cemitério (topografia mais baixa) (Figura 17). Uma zona saturada (40.3 a 77,7 Ωm) é observada de 0 a 40 m da seção. Solo argiloso insaturado (289 a 557 Ωm), saprolito (1074) e a rocha sã (2922 Ωm) são delimitados nessa seção .

Figura 17 - Perfil VII de eletrorresistividade



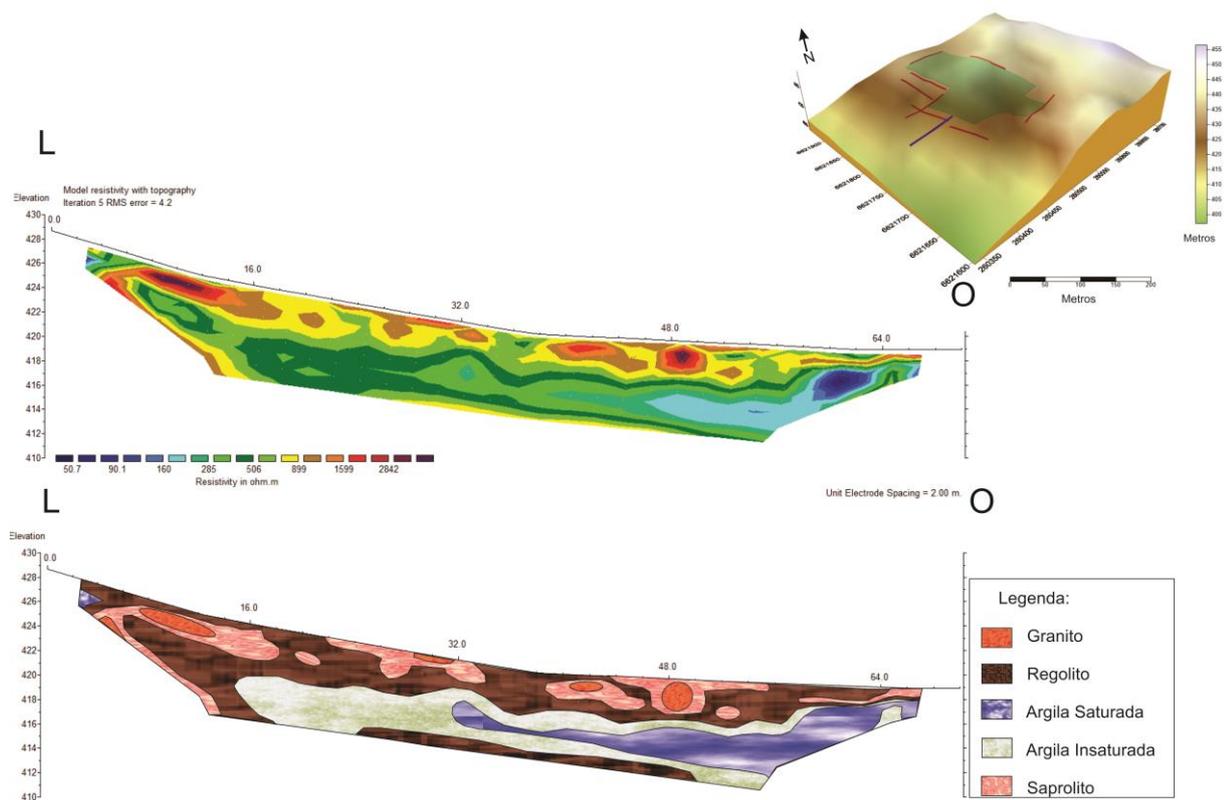
Perfil VIII - localiza-se aos fundos do cemitério, acompanhando a declividade topográfica do terreno, a parte mais alta situa-se em 0 m e a mais baixa a 70 m (Figura 18). Uma zona saturada (50,7 a 90,1 Ωm) é notada dos 66 m até 40 m da seção, percolando abaixo dos matacões (2842 Ωm) em direção a região mais baixa do terreno.

Figura 18 - Perfil VIII de eletrorresistividade



Perfil IX - segue perpendicular aos fundos do cemitério, no início da seção (0 m) encontra-se na parte mais baixa do terreno, próximo aos jazidos, e o final da seção (70 m) se dá parte mais elevada (Figura 19). Vemos que uma zona saturada (15,4 a 78,6 Ωm) se acumula na região mais baixa do terreno, enquanto que a região mais elevada permanece insaturada. Saprolito (904 Ωm) e rocha sã (4607 Ωm) também são observadas nessa seção.

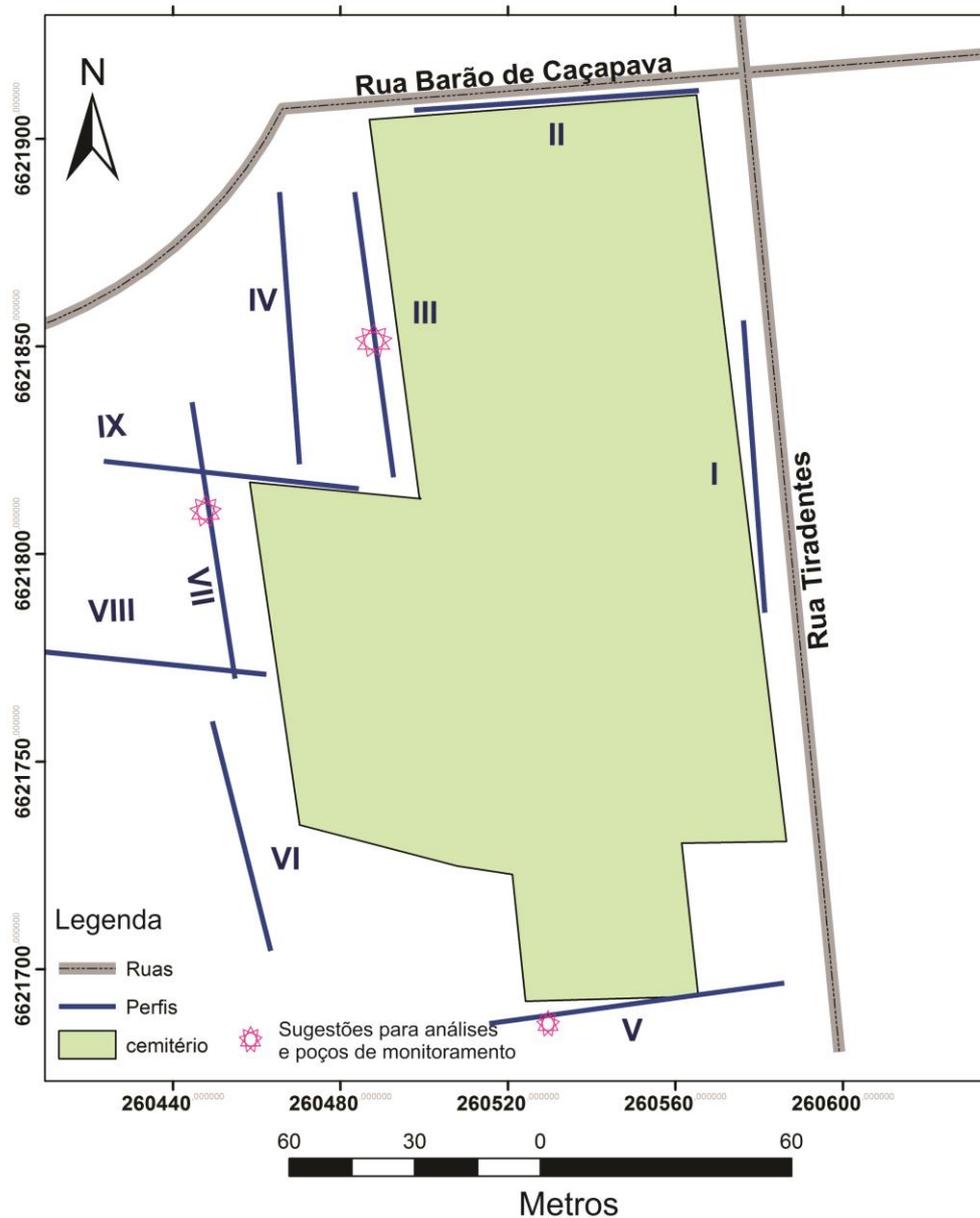
Figura 19 - Perfil IX de eletrorresistividade



7- RECOMENDAÇÕES

Após a análise das seções de caminhamento elétrico, visou-se os locais de maior saturação correlacionados com o baixo topográfico afim de indicar os melhores locais para análises químicas e poços de monitoramento na parte externa do cemitério.

Figura 20- Sugestão para locais de análise química e poços de monitoramento



8-CONCLUSÕES

As seções de caminamento elétrico apresentam variações de 8,4 a 4607 Ωm , sendo os níveis mais condutivos (8,4 a 70 Ωm) interpretados como possíveis zonas de contaminação por necrochorume, devido à concentração de sais presente no contaminante (o necrochorume é composto por 30 % de sais). Entretanto não podemos descartar a contaminação em zonas saturadas com baixo teor de sódio (acima de 125 Ωm), pois como já visto, o necrochorume contém um ecossistema composto por artrópodes, vírus e bactérias maleáveis a percolação em água subterrânea.

A área de estudo é composta por solo de caráter argiloso a regolítico (346 a 1200 Ωm), apresentando assim baixa permeabilidade do contaminante (necrochorume), estabelecendo condições físico-químicas redutoras. A retenção do necrochorume no solo argiloso é favorável para o fenômeno de saponificação dos cadáveres. Este fenômeno consiste na hidrólise da gordura com liberação de ácidos graxos, que pela acidez, inibem a ação das bactérias e retardam a decomposição de cadáveres (Matos, 2001).

Com exceção do perfil 2, todas as seções de eletrorresistividade apresentaram uma saturação maior nos baixos topográficos, implicando assim que o fluxo da água/contaminante é regido pela topografia e geologia da área.

Para uma melhor perspectiva do fluxo da água/contaminante, sugere-se a aplicação do método geofísico do Potencial Espontâneo e GPR (*Ground Propection Radar*). Fornecendo informações mais detalhadas quanto ao fluxo e regiões saturadas.

Um detalhamento e caracterização mais detalhadas seria obtido através de análises químicas do solo de cadaverina, putrescina e microbiológicas.

O estudo como ferramenta de diagnóstico preliminar oferece importantes resultados e subsídios na formulação de hipóteses, teorias e proposição de outros estudos na caracterização da Necrópole Municipal Santo Antônio.

9- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.P. **Evolução tectono-sedimentar da Formação Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã Ocidental, RS.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 160 p. 2001.

BITENCOURT, M.F. 1983. **Metamórfitos da região de Caçapava do Sul-RS, Geologia e relações com o corpo granítico.** In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 1, Porto Alegre. *Atas ...* Porto Alegre, SBG. P. 37-49.

BRAGA, A. C. O. **Módulo: Métodos geoeletricos aplicados nos estudos de captação e contaminação das águas subterrâneas.** UNESP/ IGCE/DGA, Rio Claro. v. 1, p 12-74, 2007.

CARNEIRO, V.S. **Impactos causados por necrochorume de menitérios: Meio ambiente e saúde pública.** XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2008. Páginas 2 – 15

CARVALHO, D. C. **Aplicação do método da eletrorresistividade na caracterização de um aquífero fraturado – Caçapava do Sul/RS.** Trabalho de conclusão de curso de graduação, UNIPAMPA, Geofísica. p 17-21, 2015.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resoluções nº 335/2003, nº 368/2006.** Brasília. Disponível em <<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano.cgm?codlegitipo=3>>> Acessado em 15/04/2016 as 22:02 h.

CPRM; Companhia De Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, escala 1: 750.000. Produto derivado do Projeto Geologia do Brasil ao Milionésimo – Programa Geologia do Brasil.** Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2007.

EDWARDS, L.S. **A modified pseudo-section for resistivity and induced-polarization.** *Geophysics.* 42: p.1020–1036, 1977.

HANSEN, M.A.F. & FENSTERSEIFER, H.C. **Caracterização Edafopedológica da Sub-Bacia do Arroio João Dias como Ferramenta de Planejamento Ambiental, Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã, RS, Brasil.** In: RONCHI, L.H. & LOBATO, A.O.C. (Orgs.), Minas do Camaquã, um estudo multidisciplinar. São Leopoldo: Editora UNISINOS, v. 1, p. 211-240, 2000.

KEARY, P., BROOKS M., HILL I., **Geofísica de Exploração.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009 .p. 315

LEITE, J., MCNAUGHTON, N., HARTMANN, L., CHEMALE JR., F. **Age and tectonic setting of metabasalts and metagranitoids from the Cerro Mantiqueiras region: evidences from SHRIMP U/Pb zircon dating and Pb/Pb.** In: 5 Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Vol. 1, pp. 389-390, 1995.

LIMA, Olivar A. L. de. **Propriedades Físicas das Rochas. Bases da Geofísica Aplicada – Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica.** v. 1, p.120 e 121, 2014

LOKE MH & BARKER RD. **Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudo sections by a quasi-Newton method.** *Geophysical Prospecting*, Houten, 44: 131–152, 1996

LOPES J. L.; **Cemitério e seus impactos ambientais. Estudo de caso: Cemitério Municipal do Distrito de Catuçaba/SP.** Centro Universitário Senac. São Paulo, 1971. Disponível em: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/sigas/docs/20071016> Acessado em 02/04/2016 às 16:36.

MATOS, B.A, **Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo.** Tese de doutoramento. IG/USP, p 2-102, 2001.

MOREIRA, C. A., SILVA, W.C., MALAGUTTI, W. **Emprego do método da eletrorresistividade no estudo da contaminação subterrânea do cemitério municipal de Vila Rezende, Piracicaba- SP.** *Brazilian Journal of Geophysics*, v 27 (3), p 390 – 399.

MOREIRA, I. P. **Tombo de 1800; Freguesia de Cassapava.** 24/12/2011.

OTTMAN, F. (1987). **Créer ou aménager um cimetière.** Paris, 161 p.

PACHECO, A.. **Os cemitérios como Risco Potencial para as Águas de Abastecimento.** *Revista SPAM. EMPLASA n° 17, ano IV*, p. 25-31, 1986

PICADA, R.S. **Ensaio sobre a tectônica do Escudo-Riograndense, caracterização dos sistemas de falhas.** *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 25, São Paulo, 1971. *Anais. São Paulo: SBG*, v 1, p 167, 1971.

REMUS, M., MCNAUGHTON, M., HARTMANN, L., FLETCHER, I., **Gold in the Neoproterozoic juvenile Bossoroca Volcanic Arc of southernmost Brazil: isotop**, v.1, p.349-366, 1996.

SANTOS, R. B. A. **Caracterização geofísica de área sob influência de necrópole no município de Caçapava do Sul – RS.** Trabalho de Conclusão de Curso, UNIPAMPA, Geologia, p 30-42, 2015.

SARAIVA, F. A. **Avaliação de métodos geofísicos no comportamento espacial de plumas de necrochorume.** Tese de doutoramento, IGC/USP p 84-85, 2010.

SILVA, R. W. C., MALAGUTTI, W. **O emprego de métodos geofísicos na fase de investigação confirmatória em cemitérios contaminados.** *Brazilian Journal of Geophysics*, v. 14 n.3 , p 327- 335, 2009.

SOLIANI JR, E. **Os dados geocronológicos do Escudo Sul-Riograndense e suas implicações de ordem geotectônica.** Tese de Doutotamento. IG/USP, p 425, 1986.

TREVISOL, A. **Caracterização Estrutural do Sistema de Falhas Santa Bárbara – Região de Caçapava do Sul**, Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de pós- graduação em Geologia, p. 38-39, 2007.

VIEIRA, L. A. S.; **Entre a vida e a morte: Interesses populares, representações cristãs da morte e medicina social em minas no século XIX**. Monografia Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2002. Disponível em: http://www.geocities.com/nehcit_