

ESTUDO ATUALIZADO E ABRANGENTE DAS APLICAÇÕES PRÁTICAS DE GEOPROSPECÇÃO ELÉTRICA.

Pedro Henrique Martins¹, Antonio Marcelino da Silva Filho², Kaison Teodoro de Souza³, Márcio Augusto Tamashiro⁴, Humberto Rodrigues Macedo⁵

¹Graduando em Engenharia Elétrica – IFTO Campos Palmas. Bolsista do PIBIC. e-mail: <martinshpedro00@gmail.com>

²Professor de Graduação em Engenharia Elétrica - IFTO. e-mail: <marcelino.filho@ifto.edu.br>

³Professor de Graduação em Engenharia Elétrica - IFTO. e-mail: <kaison@ifto.edu.br >

⁴Professor de Graduação em Engenharia Elétrica - IFTO. e-mail: <tamashiro@ifto.edu.br>

⁵Professor de Graduação em Engenharia Elétrica - IFTO. e-mail: <humberto.macedo@ifto.edu.br>

Resumo: O objetivo deste trabalho é realizar estudo bibliográfico acerca das aplicações práticas de geoprospecção elétrica como técnica de estudo do solo, a fim de apontar tendências e demonstrar a importância desta metodologia de investigação do solo para as engenharias. Verificou-se a importância da geoprospecção elétrica para as Engenharia Elétricas, Civil, de Minas e petróleo, bem como forte tendência de aplicação desta técnica no levantamento de características físico-químicas do solo na Agricultura de Precisão.

Palavras-chave: Aterramentos Elétricos, Agricultura de Precisão, Geoprospecção Elétrica, Método de Wenner

1 INTRODUÇÃO

Nas áreas relacionadas ao estudo do solo, como em qualquer outro ramo do conhecimento técnico-científico, surgem subdivisões ou especializações, pois, qualquer objeto de estudo deve ser interpretado de diferentes linhas de raciocínio para que os estudiosos possam melhor observar e desenvolver suas teorias. Atualmente, existem várias especialidades relacionadas com os estudos do solo, a maior parte visando soluções de problemas práticos (SILVA FILHO, 2016).

No ambiente geológico, os diferentes tipos litológicos existentes apresentam como uma de suas propriedades fundamentais o parâmetro físico resistividade elétrica, o qual reflete algumas de suas características, servindo para caracterizar seus estados e termos de alteração e até identificá-los litologicamente, sem necessidade de escavações físicas (mais caras e demoradas) (BRAGA, 2005).

Uma rocha condutora de corrente elétrica pode ser considerada como sendo um agregado com estrutura de minerais sólidos, líquidos e gases, na qual sua resistividade elétrica é influenciada pelos seguintes fatores (VISACRO FILHO, 2002):

- 1) Resistividade dos minerais que formam a parte sólida da rocha;
- 2) Resistividade dos líquidos e gases que preenchem seus poros;
- 3) Umidade da rocha;
- 4) Porosidade da rocha;
- 5) Textura da rocha e a forma e distribuição de seus poros.

Neste trabalho é apresentado estudo abrangente das principais aplicações práticas da Geoprospecção Elétrica associada a estudo do solo em Engenharia Elétrica, Engenharia Civil, Engenharia de Minas e Agricultura de Precisão.

2 GEOPROSPECÇÃO ELÉTRICA

A condutividade elétrica é uma propriedade intrínseca de todo material condutor de corrente elétrica. Em Geoprospecção, o condutor é o solo, no qual a corrente elétrica circula graças à presença de sais livres na solução do solo (fase líquida) e devido aos íons trocáveis na superfície das partículas (FRIEDMAN, 2005) (SILVA FILHO, 2016).

Segundo Telford et al. (1990) o método da eletrorresistividade baseia-se no estudo do potencial elétrico, tanto dos campos elétricos naturais, como dos campos artificialmente provocados. A partir de medições do potencial elétrico na superfície do terreno pode-se determinar, no subsolo, a existência de corpos minerais, reconhecer estruturas geológicas e caracterizar camadas.

Um dos conceitos mais importantes na prospecção geoeletrica é o da resistividade aparente. Os dados físicos, medidos em um levantamento de campo de eletrorresistividade, são a corrente I , emitida através de dois eletrodos de corrente A e B, e a diferença de potencial ΔV , medida entre dois eletrodos de potencial M e N, intermediários à A e B. A partir destes parâmetros é possível obter a resistividade. Se existisse um terreno homogêneo e isotrópico, esta resistividade seria constante para qualquer disposição de eletrodos que fossem utilizados nas medições. Na prática, esta condição de homogeneidade é muito rara, daí se tem a necessidade da estratificação do solo, representando o solo por camadas onde cada camada é uniforme e tem um valor de resistividade e espessura.

2.1 Técnicas de Geoprospecção

As técnicas de desenvolvimento de campo dos métodos geoeletricos podem ser de três tipos principais: sondagens, caminhamento elétrico e perfilagens. A diferença básica entre estas técnicas, está no procedimento de campo para se obter o parâmetro físico a ser estudado, ou seja, na disposição dos eletrodos na superfície do terreno ou interior de furos de sondagens e a maneira de desenvolvimento dos trabalhos para se obter os dados de campo, ligada aos objetivos da pesquisa (BRAGA, 2005).

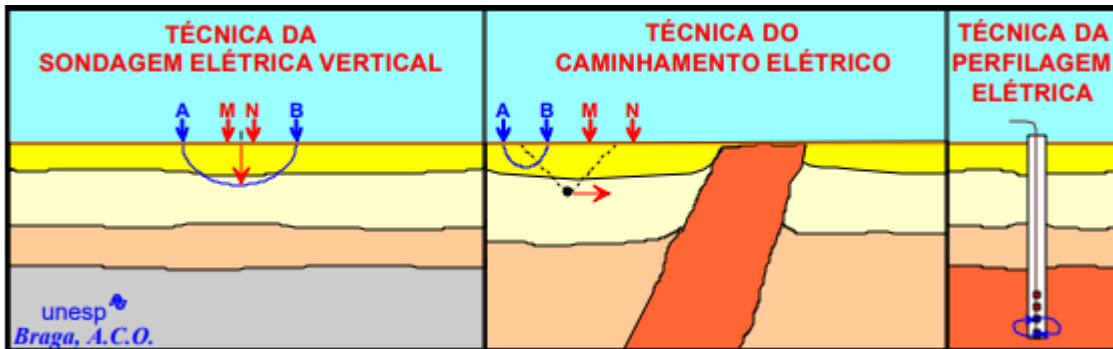


Figura 01: Principais técnicas de campo dos métodos geoelétricos (BRAGA, 2005).

- Sondagem Elétrica Vertical (SEV)

É uma investigação vertical das propriedades de um parâmetro físico com a profundidade, efetuadas na superfície do terreno a partir de um ponto fixo (investigações verticais – pontuais).

- Caminhamento Elétrico (CE)

É uma investigação lateral das variações de um parâmetro físico, a uma ou mais profundidades determinadas, efetuadas na superfície do terreno (investigações horizontais).

- Perfuração Elétrica (PERF)

É uma investigação lateral e vertical das variações de um parâmetro físico, efetuadas no interior de furos de sondagens mecânicas.

2.1.1 Sondagem Elétrica Vertical (SEV)

Nos arranjos de campo mais utilizados na execução da técnica da SEV, colocam-se quatro eletrodos na superfície do terreno, dispostos simetricamente em relação ao centro, e sobre uma mesma reta. Existem dois tipos principais de arranjos de campo para o desenvolvimento da técnica da SEV: *Schlumberger* e *Wenner* (BRAGA, 2005).

No arranjo Wenner (Figura 02), os quatro eletrodos apresentam uma separação ‘a’ crescente e constante durante todo o desenvolvimento do ensaio, sendo deslocados simultaneamente, mantendo sempre a relação: $AM = MN = NB = a$, e o centro (o) do arranjo permanece fixo.

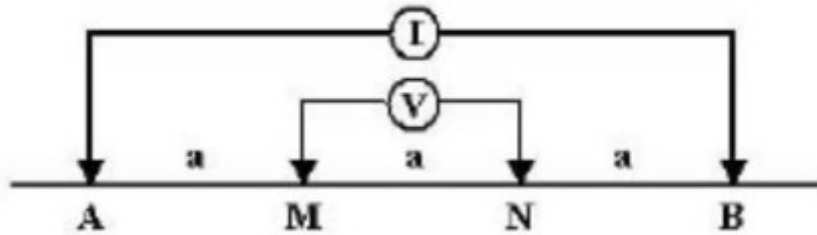


Figura 02: Método de Wenner.

No arranjo Schlumberger, enquanto os eletrodos de corrente A e B apresentam uma separação crescente em relação ao centro do arranjo, os eletrodos de potencial M e N permanecem fixos durante o desenvolvimento da medição.

2.1.2 Técnica do caminhamento elétrico (CE)

A técnica do caminhamento elétrico se baseia na análise e interpretação de um parâmetro físico, 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.

Os resultados obtidos se relacionam entre si através de mapas (a uma ou mais profundidades determinadas), ou de seções (com várias profundidades de investigação – vários níveis de investigação).

Existem várias modalidades de arranjo de campo no desenvolvimento desta técnica. Um dos arranjos mais tradicionais e importantes é o arranjo dipolo-dipolo. Este tipo de arranjo revela-se como um dos mais precisos e rápidos de serem executados no campo. Uma de suas grandes vantagens reside no fato de que o estudo da variação lateral do parâmetro físico pode ser efetuado em vários níveis de profundidades, obtendo-se uma caracterização das matérias, e subsuperfícies, tanto horizontalmente como verticalmente. Esta característica do dipolo-dipolo é importante, por exemplo em estudos ambientais, onde a caracterização de uma pluma de contaminação pode ser estudada tanto horizontalmente como verticalmente.

O arranjo dipolo-dipolo pode ser definido como tendo as seguintes características:

- Centro de dipolo AB e MN não permanecem fixos, mas se deslocam ao longo da linha a ser levantada;
- Espaçamento entre os eletrodos AB igual ao MN;

- Espaçamento entre os dipolos AB e MN pode variar, utilizando simultaneamente, vários dipolos MN dispostos ao longo da linha;
- Cada dipolo MN refere-se a um nível de investigação.

A Figura 03 ilustra a disposição inicial desse arranjo ao longo de uma linha a ser estudada. Pode-se observar vários dipolos MN, em relação ao dipolo AB, representando um nível de investigação. Portanto, quanto mais dipolos de MN forem instalados, maior será a produtividade de investigação. Entretanto, deve-se ressaltar que, como nesse tipo de arranjo o potencial diminui sensivelmente à medida que nos afastamos do dipolo AB, as leituras mais afastadas se tornarão difíceis de serem obtidas com precisão (PINTO et al, 2013).

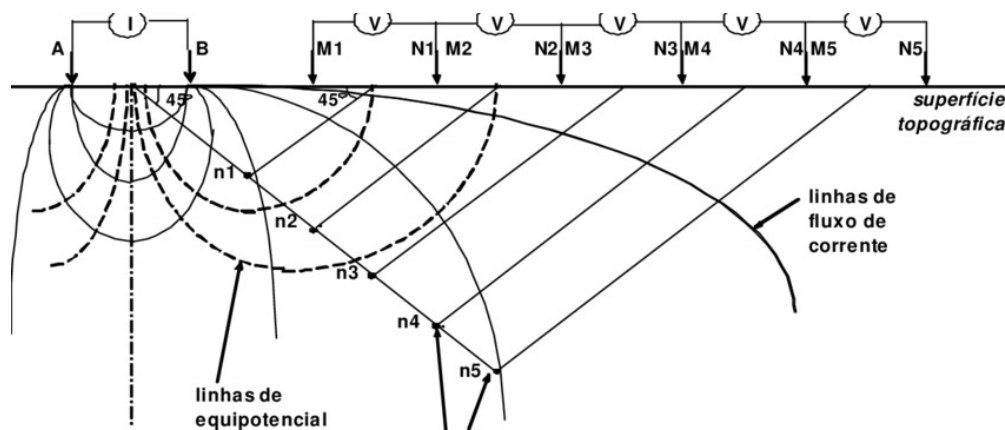


Figura 03: Exemplo de caminhamento, arranjo elétrico dipolo-dipolo.

2.1.3 Perfilagem Elétrica (PERF)

A técnica de perfilagem elétrica é utilizada no interior de furos feitos anteriormente a utilização do equipamento. Com a perfilagem elétrica pode-se caracterizar e localizar as formações do solo como mole/macias e duras, zonas de fraturas, fissuras ou cavidades.

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho foi a pesquisa bibliográfica em acervos digitais e físicos, pesquisas em artigos, monografias, dissertações de mestrado e teses de doutorado a respeito de aplicações práticas de geoprospecção elétrica. Realizou-se levantamento de trabalhos realizados em âmbito nacional e internacional a fim de verificar as tendências de utilização desta técnica de investigação do solo nas diversas áreas do conhecimento.

4. APLICAÇÕES PRÁTICAS DE GEOPROSPECÇÃO ELÉTRICA

Atualmente a geoprospecção elétrica pode ser utilizada em diversos campos e com finalidades distintas, esse trabalho propõe apresentar aplicações práticas da geoprospecção na construção civil, engenharia de minas, indústria do petróleo, agricultura de precisão e em aterramentos elétricos e suas principais tendências.

4.1 Aplicação da Geoprospecção Elétrica na Engenharia Civil

A construção de obras civis exige o conhecimento de determinadas características geotécnicas e ambientais do local de interesse. Para o desenvolvimento de um empreendimento urbanístico, é necessária a elaboração de levantamentos geotécnicos detalhados no intuito de se obter informações essenciais a respeito do solo e da subsuperfície. (Silva, 2011).

Em um estudo realizado por CAMARGO (2015), podemos ver a técnica da geoprospecção sendo aplicada com o intuito de avaliar o solo de uma determinada região, foi utilizada a técnica de caminhamento elétrico, com o arranjo dipolo-dipolo.

Para esse trabalho foi separado a área desejada em 12 linhas (L1 – L12) onde deveria ser realizada a técnica do caminhamento elétrico em todas elas, as linhas foram dispostas com 710 m, 835 m, 715 m, 595 m, 595 m, 595 m, 585 m, 475 m, 235 m, 235 m, 160 m, e 180 m, respectivamente e com um espaçamento de aproximadamente 50 m entre as linhas 1 a 8. As linhas L9 a L12 foram posicionadas entre as linhas L4 e L5, L6 e L7, L2 e L3 e L1 e L2, respectivamente. Essas linhas que possuem o comprimento menor foram posicionadas entre duas linhas maiores, onde poderia aparecer algum tipo de anomalia para poderem ser analisadas mais detalhadamente. Após a coleta dos dados foi utilizado um software para simular os dados coletados e elaborar um modelo 2D da subsuperfície e já com os dados da topografia inseridos. A Figura 04 apresenta a simulação do caminhamento da linha L5, pois verifica-se todos os aspectos envolvidos da geoprospecção.

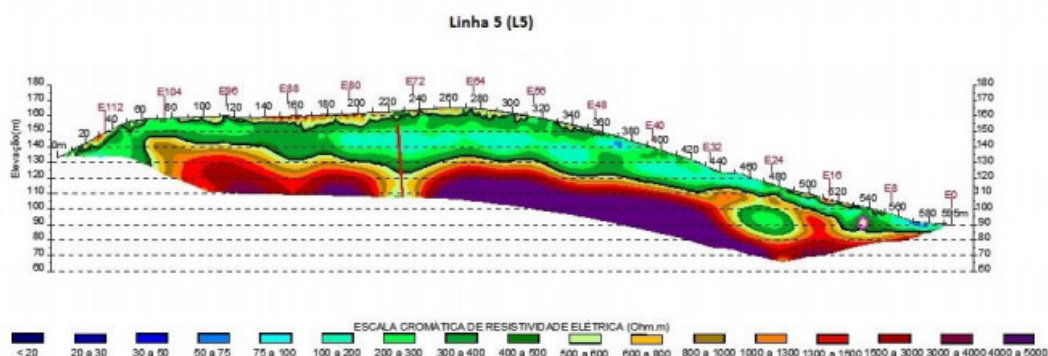


Figura 04: Seção de resistividade elétrica - caminhamento da linha 5 (L5). O topo rochoso está indicado pelo traçado preto; as anomalias indicando presença de matacões aparecem delimitadas por um traçado em magenta; e as regiões interpretadas como compostas por areias secas foram delimitadas por um traçado azul marinho. O traço vertical em vermelho indica uma falha inferida.

E no fim pode ser definida os materiais presentes na subsuperfície do terreno, assim identificando os riscos e/ou vantagens da construção de um empreendimento naquele lugar.

O trabalho de Xavier (2010) mostra a aplicação da Geofísica Elétrica aplicada a Geotecnia para investigação de estabilidade de taludes, foram realizados estudos geoeletricos através da técnica do caminhamento elétrico (CE) e sondagem elétrica vertical (SEV) com a finalidade de determinar as camadas, indicar a presença de blocos, posição das rochas, possíveis planos de escorregamento, o nível do lençol freático e o fluxo subterrâneo. O estudo teve início após um escorregamento na área e um interesse de uma empresa local em determinar possíveis riscos de deslizamentos e determinar as ações a serem tomadas a curto, médio e longo prazo.

4.2 Aplicação da Geoprospecção Elétrica na Engenharia de Minas

A aplicabilidade da prospecção geoeletrica na área de minas, é bem ampla e pode ser utilizados de diversas formas com finalidades distintas, como os estudos realizados por Moreira e Ilha (2011) testando métodos geofísicos da eletrorresistividade com a técnica do caminhamento elétrico e o arranjo azimutal, com o objetivo de caracterizar zonas mineralizadas por carbonato de cobre. O trabalho ocorreu na bacia sedimentar do Camaquã, formada por sequências estratigráficas sedimentares e vulcanogênicas, no sul do Rio Grande do Sul.

Moreira et al. (2006) apresenta um estudo sobre a aplicação da técnica de caminhamento elétrico em uma área industrial contaminada por benzeno, tolueno, xileno, 1,2 dicloroetano e sais inorgânicos. Levantamentos geofísicos em áreas impactadas por derivados de petróleo demonstram distúrbios nos valores de resistividade elétrica, confirmadas como fase contaminante por meio de análises químicas. Esta informação pode refletir processos de degradação, associado ao tempo de residência de contaminantes no meio, por meio da geração de subprodutos que alteram as propriedades físicas do meio, principalmente pela dissolução mineral por ação de ácidos orgânicos e pela neoformação de minerais de óxidos e hidróxidos de ferro.

O trabalho de Moreira et al. (2012) foi desenvolvido numa ocorrência de cobre na Colônia Santa Barbara, localizada a nordeste de Caçapava do Sul-RS, pesquisada pelo DNPM em 1965. O uso combinado de dados diretos e indiretos resultou no avanço dos conhecimentos acerca da ocorrência mineral estudada. A aplicação dos métodos de resistividade com a técnica do caminhamento elétrico,

permitiu determinar regiões com predomínio de elevados valores de cargabilidade e baixos valores de resistividade na área de tufos vulcânicos, indicam também a presença de sulfeto disseminado.

Braga (2007) apresenta um trabalho sobre os diversos usos da geoprospecção elétrica com o intuito de analisar os aquíferos subterrâneos seja pelo estudo de captação e contaminação dos mesmos, ele faz uma análise detalhada dos usos das diversas técnicas de geoprospecção e como utilizar essas técnicas analisando os melhores lugares para serem realizados.

4.3 Aplicação da Geoprospecção Elétrica na Agricultura de Precisão

O uso da geoprospecção na agricultura é utilizado para verificar a condutividade e a saturação do solo. A vinhaça é um subproduto da destilação do álcool, é muito utilizado como fertilizantes em algumas plantações de cana de açúcar, pois é rico, principalmente, em potássio, sódio, magnésio e cálcio. Entretanto o excesso de vinhaça pode causar a contaminação do solo e dos afluentes subterrâneos (BORTOLIN 2014).

Em estudos realizados por Silva et al (2015) foi utilizado o método da geoprospecção para avaliar o nível de contaminação da vinhaça no solo, para isso utilizou-se o método da geoprospecção elétrica baseado no arranjo de Wenner, para esse estudo foi coletado três tipos de solo para verificar a eficiência do método, e partes da amostra coletada foi separada para realização de testes. As amostras foram colocadas em recipientes com 4 hastes em suas bordas para utilizar o método da geoprospecção. Em seguida diferentes percentuais de vinhaça foram aplicados enquanto mensurou-se os valores de condutividade elétrica. Com relação a saturação do solo com vinhaça. Esta ocorreu quando o conteúdo de vinhaça foi a metade do conteúdo do solo com vinhaça ou seja 50% de vinhaça presente no solo. Os resultados apresentaram aumento no valor de condutividade elétrica do solo, com aplicação da vinhaça. Concluiu-se que este método de prospecção geoeletrico pode ser utilizado para monitoramento do solo.

O trabalho de Silva Filho (2016) apresenta correlação entre a umidade, teor de argila e compactação do solo com os valores de resistividade elétrica obtidos por meio de geoprospecção elétrica. É possível identificar o teor de argila do solo desde que se conheça *a priori* o teor de umidade e compactação. Outra contribuição deste trabalho foi o mapeamento da resistividade elétrica do solo de determinada região através da técnica do caminhamento elétrico. Através deste mapeamento, identificou-se regiões de mesma resistividade e, conseqüentemente, regiões do solo com mesmas características físico-químicas. De posse desta superfície contendo as isopotenciais mapeadas e georreferenciadas, é possível proceder a coleta sobre as regiões de mesma resistividade e, partindo do

pressuposto de que resistividades iguais tem características físico-químicas iguais, reduzir consideravelmente a quantidade de coleta de amostras de solo a serem analisadas em laboratórios. Desta forma, desonerando na tomada de decisão de como e quando intervir com insumos, defensivos e irrigação na área agricultável.

Godoi (2016) apresenta uma metodologia, em bancada laboratorial, que se utiliza do arranjo de Wenner, para estudos de condutividade elétrica do solo, sob efeito de alguns dos mais comuns tipos de fertilizantes, utilizados na agricultura: NPK-05:30:15, NPK-20:00:20, sulfato de amônia, e ainda o calcário. Os resultados dos estudos apontam que há um período indicado para a realização eficaz de tais testes, que visem a produção de mapas e que possibilitem estudos de avaliação da distribuição destes aditivos na área sob teste.

4.4 Aplicabilidade da Geoprospecção Elétrica na Indústria do Petróleo

As pesquisas atuais indicam uma forte tendência para o uso da geoprospecção elétrica como métodos para a exploração de hidrocarbonetos em perspectiva offshore, além de ser um método que possui um certo nível de confiança e pouco nível de complexibilidade, ainda é pouco utilizado pois há certa dificuldade no uso das técnicas comuns da geoprospecção elétrica em meio marítimo.

O trabalho de Marineko & Epov (2016), dá uma visão sobre os métodos utilizados para exploração de depósitos de hidrocarbonetos em perspectiva offshore, além de mostrar a técnica mais utilizada e desenvolver métodos e equipamentos para a utilização da prospecção elétrica marítima, permitindo assim, uma confiança nos resultados adquiridos e uma diminuição da complexidade do método utilizado.

A pesquisa realizado por Afanasenkov & Yakovlev (2017), estuda o potencial do uso da técnica da geoprospecção elétrica na exploração de jazidas de petróleo e gás e ainda demonstra um meio para utilizar as duas técnicas (geoprospecção elétrica e sísmica) em conjunto. É um estudo realizado na margem norte da Plataforma Siberiana e mostra os resultados dos últimos 12 anos de pesquisa naquela região.

4.5 Aplicabilidade da Geoprospecção Elétrica na Engenharia Elétrica

Na Engenharia Elétrica, o conhecimento do comportamento dos parâmetros elétricos do solo é de grande importância para o correto dimensionamento das malhas de aterramento elétrico dos sistemas de energia. Para que as instalações elétricas operem adequadamente, com desempenho seguro

do sistema de proteção, é fundamental que o quesito aterramento tenha atenção especial (KINDERMANN, 1998).

O trabalho de Silva Filho et. Al. (2018) apresenta estudo sobre a influência do concreto em um sistema de aterramento. Para isto, foram construídos alguns protótipos de aterramento com hastes envolvidas por concreto de diferentes tamanhos e espessuras. Um dos motivos do uso do concreto em um sistema de aterramento está no fato dele ser um material higroscópico, com grande capacidade de absorver umidade rapidamente e liberar lentamente. Independente da aplicação do sistema de aterramento elétrico, a resistividade elétrica do solo é uma grandeza física importante no desenvolvimento de um projeto de aterramento elétrico. A elaboração de sistemas de aterramento pode se tornar mais complexa quando o solo da região apresentar um elevado valor de resistividade elétrica. Nos últimos anos vários métodos e técnicas têm sido desenvolvidas para melhorar o desempenho dos sistemas de aterramento. Um desses métodos consiste em envolver o sistema de aterramento em concreto. Este método é conhecido como aterramento UFER e foi empregado pela primeira vez, em 1941, pelo engenheiro Herb Ufer.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento bibliográfico realizado nesta pesquisa demonstra a importância e a gama de aplicabilidade dos métodos geoeletricos para investigação do solo em diversas áreas. Verificou-se que a Geoprospecção Elétrica tem sido utilizada como ferramenta de pré-diagnóstico na investigação do solo, por se tratar de uma técnica de investigação rápida, prática e não invasiva no solo.

Observou-se a relevância da Geoprospecção Elétrica aplicada em sistemas de aterramentos elétricos para o seu correto dimensionamento e para o desenvolvimento da eficiência dos sistemas de aterramentos elétricos das instalações.

Podemos observar que o uso da geoprospecção elétrica é muito utilizado em diversas áreas, e com uma forte tendência de crescimento, pois foram utilizadas diversas técnicas de geoprospecção elétrica para investigação do solo relacionadas à Engenharia Elétricas, Civil, Minas e petróleo, bem como forte tendência de aplicação desta técnica no levantamento de características físico-químicas do solo na Agricultura de Precisão uma vez que parâmetros físico-químicos é de grande interesse nesta área e se relacionam com a resistividade elétrica do solo.

5.1 Tendências do uso da Geoprospecção elétrica na Engenharia Civil:

Durante o estudo realizado pode ser observado umas fortes tendências do uso das técnicas da geoprospecção elétrica para a área da construção civil, seja para analisar as condições do solo para um futuro empreendimento ou para avaliar possíveis movimentações de massa em um determinado local. Vale lembrar que todo empreendimento deve ser feito o estudo do terreno e uma das maneiras para realizar isso é a geoprospecção, pois a técnica pode mostrar problemas ocultos e massas rochosas presente no interior da área a ser estudada.

5.2 Tendências do uso da Geoprospecção elétrica na Engenharia de Minas:

Podemos observar que a Geoprospecção Elétrica é bastante utilizada nessa área para a exploração mineral, pois, cada tipo de material tem uma diferente resistividade e com isso pode se estimar o percentual de minérios de um local e saber qual minério será encontrado na área em questão, e também é bastante utilizada para localizar possíveis aquíferos subterrâneos e pode ser utilizada para determinar o nível de contaminação desses aquíferos proveniente de resíduos derivados do petróleo.

5.3 Tendências do uso da Geoprospecção na Agricultura de precisão:

A tendência do uso da Geoprospecção Elétrica nessa área é o estudo do solo, para identificar possíveis excessos, seja de fertilizantes ou do próprio material natural da região e com isso é possível identificar problemas no solo antes de realizar o plantio, dessa forma é possível identificar a melhor área para a plantação e definir as características físico-químicas do solo para o plantio de determinado produto.

5.4 Tendências do uso da Geoprospecção na Indústria do Petróleo:

As pesquisas atuais indicam um aumento no uso da Geoprospecção Elétrica na indústria do petróleo e indicam as vantagens no uso de possíveis técnicas com a finalidade de investigar poços petrolíferos seja em terra ou mar.

5.5 Tendências do uso da Geoprospecção na Engenharia Elétrica:

O uso da Geoprospecção Elétrica na área da engenharia elétrica se resume a aterramentos elétricos, atualmente há estudos sobre o uso do concreto como uma forma de melhorar o desempenho do aterramento, assim melhorando o escoamento da energia para o aterramento em locais onde a resistência do solo é elevada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode ser observado que o método da Geoprospecção Elétrica é muito utilizado em diversos campos, para avaliar as características físico-químicas do solo, verificar a condição do terreno para a construção de algum empreendimento, detectar jazidas de minerais, estimar o nível de poluição presente no solo e a ocorrência de falhas geológicas e verificar a presença de afluentes e aquíferos subterrâneos. Além de ser um método bastante eficiente, não tem tanto custo como outros métodos de avaliar as condições do solo.

REFERÊNCIAS

- AFANASENKOV, A. P.; YAKOVLEV, D. V. **Application of electrical prospecting methods to petroleum exploration on the northern margin of the Siberian Platform.** *All-Russian Research Geological Oil Institute, shosse Entuziastov 36, Moscow, 105118, Russia. 2017*
- BEZERRA, S. R. C. **Avaliação de sistemas de aterramento considerando a utilização de condutores e hastes envolvidas em concreto,** Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- BORTOLIN, J. R. M. **Métodos geoeletricos empregados na caracterização e monitoramento de anomalias inerentes à infiltração controlada de vinhaça.** Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2014.
- BRAGA, A. C. O. **Método geoeletricos aplicados: módulo: hidrogeologia.** Universidade estadual paulista- UNESP, 2005.
- BRAGA, A. C. O. **Método geoeletricos aplicados no estudo de captação e contaminação das águas subterraneas.** Universidade estadual paulista- UNESP, 2007.
- CAMARGO, M. M. **Modelagem geoeletrica para apoio em investigação geotécnica do subsolo na região de Cachoeiro de Itapemirim – ES.** TCC UNICAMP 2015
- CAMPOS, A. F. **Utilização de método geoeletricos na caracterização de rochas fraturadas. Estudo de caso nos arenitos do grupo itararé – bacia do paraná.** Curitiba, 2004.
- DOBRIN, M. B. **Introdução à prospecção geofísica** (3a ed., Pp. 25-56, 292-336, 568-620). Nova York: McGraw Hill Book C. (1976).
- FRIEDMAN, S. P. **Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review.** [S.l.]: *Computers and Electronics in Agriculture*, 2005.
- GODOI, F. F. F. **Estudo de Método Geoeletrico, para ser utilizado em área agrícola, para produzir mapeamento da aplicação de fertilização química do solo.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2016.
- KINDERMANN, G. **Aterramento elétrico.** 4 ed; Porto Alegre: Editora Sagra, 1998;

MARINEKO, A. V.; EPOV, M. I. **Subsurface geoelectric array with two transmitters for petroleum exploration in offshore areas.** *A. A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberia Branch of the Russian Academy of Sciences.* 2016.

MOREIRA, C. A.; ILHA, L. M. **Prospecção geofísica em ocorrência de cobre localizada na bacia sedimentar do camaquã (RS).** Rem: Revista Escola de Minas, Escola de Minas, p. 305–311, 2011.

MOREIRA, C. A. et al. **Geoelectrical prospection of disseminated sulfide mineral occurrences in camaquã sedimentary basin, Rio Grande do Sul state, Brazil.** Revista Brasileira de Geofísica, v. 30, n. 2, 2012.

MOREIRA, C. A.; DOURADO, J. C.; BRAGA, A. C. O. **Aplicação da técnica de caminhamento elétrico em área contaminada por derivados de petróleo.** Revista Brasileira de Geofísica vol.24 no.3 São Paulo July/Sept. 2006.

PINTO, L.G.R.; OLIVEIRA, C.E.S.; FARIA, B.M.; ANDRADE, J.B.F. **Estudo geoeletricos (sondagem vertical e caminhamento elétrico) em sedimentos aluvionares do rio madeira – Município de Porto Velho-RO, CPRM 2013.**

SILVA, C. P. L., 2011. **Cartografia Geotécnica Tridimensional do Setor Noroeste de Brasília.** Tese de Doutorado, Publicação G.TD-072/2011, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF

SILVA FILHO, A. M. **Correlação entre propriedades físicas e parâmetros elétricos do solo: Mapeamento da variabilidade espacial do solo através de suas propriedades elétricas.** Novas Edições Acadêmicas. Saarbrücken: 2016.

SILVA et al. **Análise da influência da aplicação de vinhaça no solo através de métodos de prospecção geoeletrica.** XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Natal – RN, 2015.

SILVA FILHO, A.M.; SOUZA, K. T.; TAMASHIRO, M. A.; MACEDO, H. R.; MARTINS, P. H.; SILVA, M. V. S.; SILVA, L. C. **Estudo Teórico – Experimental de um Sistema de Aterramento Envolvido por Concreto em Solos com Alta Resistividade Elétrica.** II Encontro de Iniciação Científica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, 2018.

TELFORD, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. **Applied Geophysics.** New York: Cambridge University Press, 1990.

VISACRO FILHO, S. **Aterramentos Elétricos: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação, filosofias de aterramento.** Editora Artliber. São Paulo: 2002.

XAVIER, F. F., 2010. **Geofísica elétrica aplicada a geotecnia para investigação de estabilidade de taludes.** VII Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, ABMS, Foz do Iguaçu, PR.