

Aplicação do método de sondagens elétricas verticais na avaliação da resistividade da subsuperfície em área de cultivo de eucalipto (*Eucalyptus grandis*)

The use of vertical electrical sounding to evaluate subsurface resistivity in areas planted with eucalyptus (Eucalyptus grandis)

Submissão: 16/12/2013
Revisão: 10/10/2014
Aprovado: 15/12/2014

Tarcilo David Lôbo Galvão
Milton José Porsani

RESUMO: Este trabalho teve como finalidade avaliar a distribuição da resistividade elétrica na subsuperfície em área de cultivo de eucalipto. Foi aplicado o método geofísico da eletrorresistividade e o ensaio de campo foi desenvolvido em uma área de cultivo de eucalipto em duas distintas fases de desenvolvimento, uma área em início de desenvolvimento e outra com a maturidade alcançada, sendo que o perfil foi caracterizado por meio da realização de 9 (nove) sondagens elétricas verticais, utilizando-se o arranjo Schlumberger. Os resultados da resistividade aparente medidos em campo são mostrados graficamente e os valores da resistividade calculada foram determinados a partir da obtenção dos modelos invertidos. As curvas de contorno caracterizam o perfil geoeletrico em 9 (nove) camadas de resistividades homogêneas, que são peculiares nas subsuperfícies das áreas de cultivo de eucalipto em diferentes estágios de desenvolvimento. Observou-se que na região central do perfil, que coincide com a área de eucalipto em final de ciclo de cultivo, apresentam-se os valores mais altos da resistividade calculada, traduzindo-se pelo maior nível de déficit hídrico e a anomalia observada é acentuada até a profundidade média de aproximadamente 35 (trinta e cinco) metros. O perfil geoeletrico representa a caracterização do fenômeno em determinado momento, indicando aspectos distintos sobre a disponibilidade de água na subsuperfície, de acordo com a cobertura vegetal existente.

PALAVRAS CHAVES: resistividade elétrica, perfil do solo, uso e ocupação do solo.

ABSTRACT: This work aimed to evaluate the electrical resistivity distribution in the subsurface area of eucalyptus cultivation. The geophysical resistivity method was applied and the field trial was conducted in an area planted with eucalyptus in two distinct stages of development, and the profile was characterized by performing nine (9) vertical electrical soundings, using the Schlumberger array. The results of the apparent resistivity measured in the field are shown graphically and values of calculated resistivity were determined by obtaining the inverted models. The contour curves characterize the geoelectrical profile for 9 (nine) layers of homogeneous resistivities, which are peculiar to the subareas of eucalyptus cultivation at different stages of development. It was observed that the highest values of calculated resistivities are found in the central region of the profile coinciding with the area of eucalyptus at the end of the crop cycle, which means the highest level of water deficit and a marked anomaly is observed until the average depth of about 35 (thirty-five) meters. The geoelectrical profile is the characterization of the phenomenon at a given time, indicating different aspects of water availability in the subsurface, in accordance with the existing vegetation.

KEYWORDS: electrical resistivity, soil profile, land use.

APRESENTAÇÃO

Existem muitas aplicações dos métodos geofísicos, os quais se adequam as atuais demandas por modelos econômicos e sustentáveis. Esses métodos se caracterizam por serem operacionalizados através de ensaios

simples e de baixo custo, podendo-se adquirir dados sobre fenômenos subterrâneos a partir da superfície da terra.

Diversos também são os estudos com aplicação de métodos geofísicos: Sacramento (2010) aplicou essa técnica como ferramenta auxiliar na caracterização dos

solos em canaviais do Recôncavo Baiano, e também, Monteiro e Porsani (2001) avaliaram o potencial aquífero da região de Porto Seguro, no Extremo Sul da Bahia. Em ambos os estudos, os perfis foram caracterizados por meio do método geofísico da eletrorresistividade, usando Sondagens Elétricas Verticais (SEV's). Gallas et al. (2005) avaliaram contaminação por chorume e sua detecção por resistividade, cujo ensaio foi desenvolvido em solos originados de rochas basálticas, na bacia do rio Paraná, no município de Londrina (PR). Pereira e Lima (2007) realizaram a caracterização hidrológica e ambiental no município de Alagoinhas (BA) para verificar alterações geradas por influência de depósitos de lixo e da indústria de couros. Lago et al. (2006) aplicaram os métodos da eletrorresistividade, polarização induzida e potencial espontâneo na caracterização geoambiental da área do aterro sanitário de Bauru (SP). Fachin et al. (2006) fizeram a aquisição de dados com método electromagnético indutivo, eletrorresistividade e georadar para determinar e localizar áreas potencialmente contaminadas com resíduos industriais de um curtume, em Várzea Grande – MT.

O método geofísico da eletrorresistividade consiste na medida de potencial entre dois eletrodos, criada pela emissão de corrente elétrica no terreno, na consequente tradução dessas medidas em termos de resistividade e na adequada conversão desses resultados em geologia de superfície. A corrente elétrica é enviada ao terreno por meio de 2 (dois) eletrodos de corrente e a diferença de potencial (d.d.p.) criada por essa corrente é registrada por 2 (dois) eletrodos de potencial.

As Sondagens Elétricas Verticais (SEV's) é uma modalidade de aplicação da eletrorresistividade, que realiza medidas de superfície para investigações verticais qualitativas e quantitativas, ou seja, para caracterização do perfil em subsuperfície.

Esse trabalho teve por finalidade avaliar a distribuição da resistividade elétrica na subsuperfície sob a influência do cultivo de eucalipto em uma área em início de desenvolvimento e outra com a maturidade alcançada, em determinado intervalo de tempo. Pode-se verificar que a resistividade aparente dos materiais da subsuperfície reflete basicamente a distribuição da umidade.

FUNDAMENTAÇÃO

A propriedade física utilizada para esse estudo é a resistividade, a qual nos materiais terrestres está diretamente relacionada com a presença de água. O

potencial elétrico num ponto qualquer da subsuperfície depende diretamente da resistividade, que por sua vez depende de diversos fatores.

Segundo Parasnis (1997), a maioria das rochas é isolante no estado seco, mas sempre existe algum teor de água com sais dissolvidos, possibilitando certa condutividade iônica. Essa condutividade irá depender da natureza dos eletrólitos e do grau que os espaços existentes (poros, fissuras, fraturas) são saturados com água. Afirma também que a forma dos poros assume papel secundário, enquanto o grau de interligação entre os poros é muito importante.

Kearey et al. (2002) consideram a porosidade como principal fator de controle da resistividade em subsuperfície. Telford et al. (1990) é mais abrangente ao considerar a água subterrânea como principal fator de controle. Argumenta também que o potencial elétrico na subsuperfície pode estar associado à presença de corpos metálicos, contato entre rochas de diferentes propriedades elétricas, atividades bioelétricas de materiais orgânicos, gradientes térmicos e de pressão nos fluidos subterrâneos e outros fenômenos de natureza similar. Fukue et al. (1999) acrescentam também como fatores o tamanho, a forma e a distribuição das partículas sólidas e a espessura e composição da dupla camada catiônica dos argilominerálos. De acordo com Elis (2008), dentre esses, os mais importantes são teor de umidade e quantidade de sais dissolvidos, sendo que o aumento dos valores desses fatores leva a diminuição do valor da resistividade, permitindo a aplicação de métodos geofísicos em estudos ambientais e hidrogeológicos.

Segundo CETESB (1999), os métodos geofísicos são técnicas indiretas de investigação das estruturas de subsuperfície através da aquisição e interpretação de dados instrumentais, caracterizando-se, portanto, como métodos não invasivos ou não destrutivos. A propriedade física utilizada é a resistividade elétrica, por meio da injeção de corrente no solo, e tem como principais aplicações a caracterização hidrogeológica, determinação de estratos geológicos, localização de resíduos e mapeamento de plumas de contaminantes orgânicos. Sua característica mais destacada é a determinação da resistividade em até grandes profundidades, superando neste aspecto aos métodos do Georadar, eletromagnético e magnetométrico.

O método da eletrorresistividade baseia-se na aplicação da lei de Ohm, onde o condutor que será submetido à diferença de potencial é todo o semi-espaço compreendido entre dois eletrodos de corrente. Caracteriza-se pela medida da diferença de

potencial entre dois eletrodos ocasionada pela injeção no solo de uma corrente elétrica contínua e de baixa frequência, por meio de dois eletrodos conectados a uma fonte. A distribuição de potencial resultante no solo, mapeada por dois eletrodos de potencial, permite obter a distribuição da resistividade elétrica em subsuperfície (PARASNIS, 1997).

Considerando o quadripolo genérico ABMN de emissão de corrente (AB) e medida da diferença de potencial (MN), a equação 1.1 fornece a relação fundamental para todos os trabalhos de prospecção elétrica realizada na superfície (WARD, 1990):

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

Portanto, a resistividade verdadeira (calculada) para um meio homogêneo e isotrópico é dada pela equação 1, onde I é a corrente injetada entre os eletrodos de corrente, ΔV é a diferença de potencial medida entre os eletrodos de potencial, e o termo entre parênteses é o fator geométrico genérico, geralmente representado pela letra K , conforme equação 2. De acordo com Telford (1990), sobre um meio heterogêneo e/ou anisotrópico a resistividade calculada vai variar com a posição e/ou orientação do arranjo dos eletrodos. O valor medido da resistividade aparente para cada posição e/ou orientação do arranjo do eletrodo irá variar, entretanto cada medida é a resistividade aparente equivalente de um semi-espaço homogêneo e isotrópico. Esta resistividade aparente varia sistematicamente através de uma seção geológica e pode ser diagnóstico da presença de várias camadas como também de heterogeneidades condutivas ou resistivas. Então, escreve-se a para a resistividade aparente (WARD, 1990):

$$\rho a = \frac{\Delta V}{I} K \quad (2)$$

No método da eletrorresistividade existem várias técnicas de levantamento de campo, consistindo basicamente em sondagem elétrica e caminhamento elétrico. Conforme Kearey (2002), dois tipos de procedimentos são empregados em levantamentos de resistividade: sondagem elétrica vertical (SEV) e deslocamento de separação constante (caminhamento elétrico ou perfil elétrico). Os ensaios de sondagens são aplicados quando se deseja uma informação pontual, com observação da variação vertical da re-

sistividade e é utilizado principalmente em estudos de interações horizontais ou laterais. O caminhamento elétrico é utilizado para determinação da variação lateral da resistividade.

A sondagem é o tipo de levantamento para aplicação do método da eletrorresistividade usado para avaliar o comportamento da resistividade aparente com a profundidade, em que são realizadas medidas com os eletrodos a vários espaçamentos, sendo mantido o mesmo ponto central. Em geral, é considerado um modelo de subsuperfície de múltiplas camadas com resistividades diferentes. A partir das medidas de resistividade aparente tenta-se inferir a resistividade e espessura de cada uma das camadas. A interpretação é realizada por meio de um ábaco com várias curvas padrão, ou por métodos computacionais de inversão da equação não linear que relaciona a resistividade aparente com o meio de múltiplas camadas.

Se a resistividade do material em volta dos eletrodos de corrente não variar de maneira apreciável, de medida para medida, a variação na resistividade aparente será essencialmente devido ao aumento da profundidade de penetração da corrente no solo. A variação da corrente vai ser, desta maneira, influenciada por camadas cada vez mais profundas (KUNETZ, 1966).

Uma seção geoeletrica difere de uma seção geológica porque os limites entre as camadas são determinadas pelos contrastes de resistividades que não coincidem necessariamente com as interfaces entre as camadas geológicas (KELLER; FRISCHK-NECHT, 1966).

Em sondagens, os eletrodos podem ser dispostos em diversas configurações, sendo mais utilizadas a Wenner, Schlumberger, polo-dipolo e dipolo-dipolo. Para um maior afastamento dos eletrodos, aumenta-se o volume do meio investigado pelo arranjo, sendo que estruturas mais profundas podem ser avaliadas.

Com base nesses fundamentos, Monteiro e Porsani (2001) puderam identificar uma camada profunda de menor resistividade, confirmada como uma espessa camada de arenito saturado, representando o principal aquífero da região de Porto Seguro. Verificou que o aquífero ocorre em toda a região a uma profundidade de aproximadamente 80 a 100 m, estando recoberto por sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras, esses com resistividades da ordem de 300 a 500 ohm.m.

Lima (1996) faz citações afirmando que é possível que o eucalipto extraia significativa quantidade de

água do lençol freático quando este está ao alcance das raízes e que há registro do crescimento de raízes desta planta até 30 metros de profundidade. Cita também que a profundidade de crescimento da raiz é altamente variável e depende de vários fatores ambientais.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

O ensaio de campo foi realizado no período de 22 a 24/02/2011 em um cultivo de eucalipto caracterizado por uma área com plantio antigo (15 anos – altura média das plantas com aproximadamente 35 m), tratando-se de área experimental da Suzano Papel e Celulose S/A, indicada na FIGURA 1, circundada por cultivo de eucalipto com 1 (um) ano de implantação (altura média das plantas de 1,5 m), situado na margem direita da BA 269, anterior a comunidade São José – coordenadas geográficas 17° 30' 03.09" S e 39° 28' 52.94" O, datum SAD 69.

O solo na área onde foi realizado o ensaio é classificado como Argissolo Amarelo Distrófico abrupto, coeso, de textura arenosa/argilosa, A moderado e álico. De acordo com Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1999), na classe dos argissolos estão integrados os solos com horizonte "B textural", com argila de atividade baixa, não hidromórficos, com sequência básica nos horizontes Ap, BA e Bt ou Ap, E e Bt. Tem textura arenosa na superfície e argilosa no horizonte Bt, com gradiente textural entre A e Bt suficiente para conferir caráter abrupto, sendo a sua estruturação em blocos subangulares e prismas, tratando-se de um solo profundo, bem drenado e de ocorrência em relevo plano, de acordo com Suzano Papel e Celulose (2005).

Conforme mapa geológico e descrição apresentada pela Superintendência de Recursos Hídricos - SRH (BAHIA, 1997), a área tem como embasamento predominante sedimentos pertencentes ao Grupo Barreiras de origem Terciária ou mesmo Pleistocênicas nos estratos mais recentes. São sedimentos de textura areno-argilosa. O relevo predominante é dos tabuleiros costeiros, tratando-se de um interflúvio longo levemente aplainado (Suzano Papel e Celulose, 2005).

Conforme SRH (BAHIA, 1997), o clima representado nesta região é Tropical Úmido, de acordo com a Classificação Climática de Köppen, sendo Megatérmico, sempre úmido, sem estação seca, com temperaturas médias mensais sempre superior a 19°C e amplitude térmica menor que 5°C (Afhi). A precipi-

tação média anual nesta região encontra-se em torno de 1.400 mm/ano, variado desde níveis próximos a 1.000 até 1.600 mm/ano. Trata-se de uma sub-região caracterizada pelo elevado nível pluviométrico e pela constância ao longo de todo o ano, sem uma definição de estação seca ou chuvosa, entretanto o trimestre mais chuvoso acontece de novembro a janeiro, e o trimestre menos chuvoso de julho a setembro. Considerando-se a temperatura média compensada, observa-se a ocorrência de um clima de temperaturas pouco elevadas, com amplitude térmica inferior a 6°C e temperaturas médias anuais sempre superiores a 22°C. Na estação climatológica mais próxima da área de estudo observou-se a temperatura média 29°C nos meses mais frios (junho, julho e agosto) e 25°C nos meses mais quentes (janeiro), conforme SRH (BAHIA, 1997).

AQUISIÇÃO DOS DADOS

O perfil foi caracterizado por meio da realização de 9 (nove) SEV's, conforme apresentado no desenho esquemático na FIGURA 1, utilizando-se o arranjo Schlumberger, onde os eletrodos foram alinhados simetricamente em relação ao centro do dispositivo.

Os dados foram medidos com o equipamento SYSCAL-PRO, de propriedade do Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia – CPGG / UFBA. Para obtenção da distribuição dos valores de resistividade (ρ) real na subsuperfície do solo, fez-se a inversão dos dados utilizando-se o software RES1DINVE e os resultados foram exportados na forma de arquivo XYZ e interpolados em malha regular através do ArcMap 9.3, por meio da krigagem ordinária.

RESULTADOS

Os resultados das medidas da resistividade aparente em campo, determinadas com a utilização do equipamento SYSCAL-PRO, são apresentados por dois gráficos na FIGURA 2.

Observa-se que no lado esquerdo da figura estão representados os resultados das SEV's realizadas na área do eucalipto antigo e, no lado direito, os das SEV's feitas na área do eucalipto em 1º (primeiro) ano. As sondagens situadas na área do eucalipto antigo apresentaram os maiores valores de resistividade aparente. Observando-se o segundo gráfico na FIGURA 2, vê-se que a SEV TF4 apresenta as maiores resistividades aparente nesse grupo, podendo-se justificar pelo fato que essa sondagem foi localizada

nas proximidades da área do eucalipto antigo e por existir uma estrada vicinal entre esses locais, fatores que podem ter contribuído para os valores resultantes dessa sondagem.

Os resultados dos modelos invertidos foram exportados na forma de arquivo XYZ e interpolados em malha regular por meio do software ArcMap versão 9.3, com a finalidade de traçar as curvas de contorno que definem o perfil geoeletrico com base na resistividade calculada. Certamente essa seção geoeletrica, caracterizada pela textura e o conteúdo de água nos espaços vazios na subsuperfície, não coincide com as camadas geológicas.

Assim, a krigagem ordinária aplicada neste estudo proporcionou a caracterização dos teores de água na subsuperfície, por meio da dispersão espacial dos dados da resistividade calculada, determinada pela

inversão dos dados da resistividade aparente amostradas em campo.

A FIGURA 3 apresenta as curvas de contorno, retratando o perfil geoeletrico da área de estudo, indicando 09 (nove) camadas homogêneas de resistividade.

De acordo com Soares (2006), fenômenos estruturados tal como o que está evidenciado neste estudo, tem em regra geral duas características comuns que, aparentemente sem ligação, são a razão da explicação dos modelos probabilísticos e, em particular, dos modelos das funções aleatórias: primeiramente, são fenômenos que se distribuem no espaço de modo não aleatório, isto é, com certa estrutura; depois, a informação disponível (amostragem, observações) geralmente é parcelar, discreta e escassa, o que faz com que seu conhecimento global esteja sempre associado a uma certa ideia de incerteza.

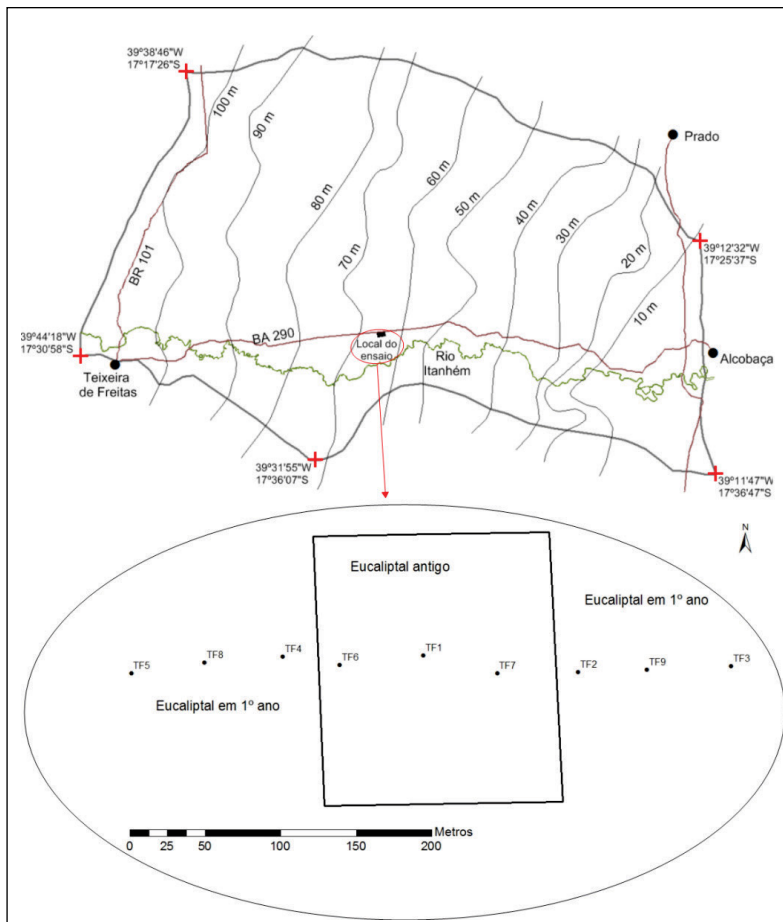


FIGURA 1. Localização da área do estudo geofísico, indicando as curvas de níveis do trecho da Bacia Hidrográfica do rio Itanhém e o croqui do ensaio realizado.

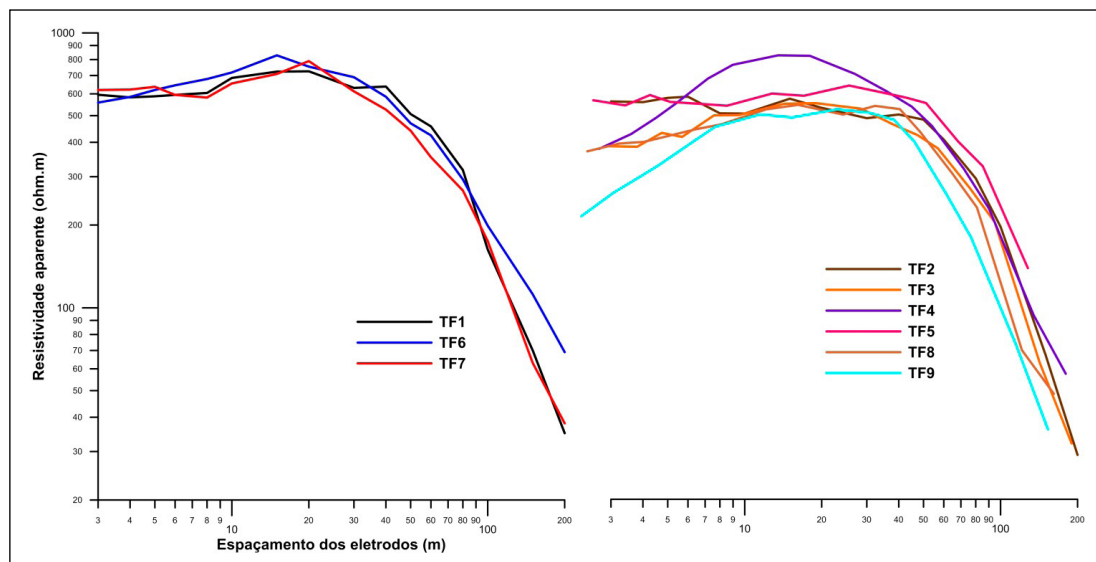


FIGURA 2. Plotagem das sondagens realizadas na área de estudo.

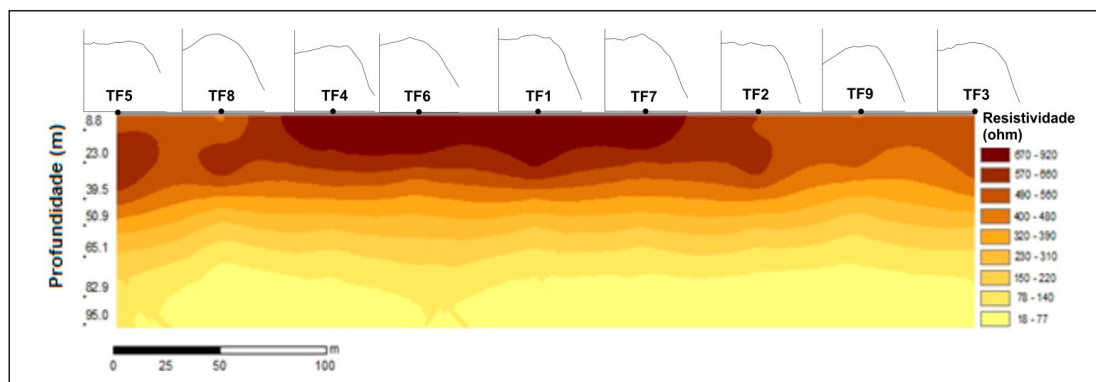


FIGURA 3: Curvas de contorno indicando a resistividade calculada no perfil geoeletrico.

Desta maneira, para determinação da característica do fenômeno em estudo, os dados do modelo inverso (resistividade calculada) e o consequente uso da krigagem ordinária inferiu grandezas no espaço não amostrado, a partir dos dados coletados em campo.

A FIGURA 3 apresenta as curvas de contorno, retratando o perfil geoeletrico da área de estudo, indicando 09 (nove) camadas homogêneas de resistividade.

Observando-se a FIGURA 3 vê-se que as curvas de contorno indicam que os valores da resistividade

calculada decaem com o aumento da profundidade e que os maiores valores estão na parte mais superficial do perfil, nas zonas das SEV's TF4 até a TF7.

CONCLUSÕES

O perfil geoeletrico representa a caracterização do fenômeno em determinado momento, indicando aspectos distintos sobre a disponibilidade de água na subsuperfície, de acordo com a cobertura vegetal existente.

Observa-se que na região central do perfil se apresentam os valores mais altos da resistividade calculada, traduzindo-se pelo maior nível de déficit hídrico e coincidindo com o local onde está situado o cultivo de eucalipto antigo. A anomalia observada é acentuada até a profundidade média de aproximadamente 35 (trinta e cinco) metros. A profundidade dessa anomalia é proporcional ao estado de desenvolvimento / altura das árvores, porque sendo plantas muito altas (aproximadamente 35 m) indicam equivalente crescimento em profundidade das suas raízes pivotantes e, portanto, maior capacidade de extração de água.

A configuração dos eletrodos e o número de SEV's realizadas no ensaio possibilitou distinguir as camadas homogêneas que representam a resistividade nas regiões da subsuperfície onde a cobertura vegetal é eucalipto em 1º (primeiro) ano e na área com eucalipto em 15º (décimo quinto) ano, tornando possível a estimativa da umidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É crescente a preocupação com a conservação e disponibilidade de água, tornando-se necessário a análise crítica da relação entre silvicultura e recursos hídricos, de forma que resulte na busca de sistemas e/ou formas de manejos direcionados ao desenvolvimento sustentável, sendo o zoneamento agroecológico uma alternativa viável.

Há necessidade da abordagem sistêmica do problema, envolvendo os aspectos econômicos, sociais e ambientais, com a especial preocupação da manutenção das vazões dos mananciais hídricos.

A relação entre o cultivo de eucalipto e o déficit hídrico é um tema controverso e polêmico, e a aplicação da técnica da eletrorresistividade em estudos para a esse fim certamente poderá contribuir para o esclarecimento de dúvidas. Entretanto, sugerimos o uso desse método geofísico de forma mais abrangente, considerando diferentes tipos de solos e estágios de desenvolvimento do eucalipto e os regimes pluviométricos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos os CNPQ por disponibilizar recursos financeiros que possibilitaram a execução desta pesquisa.

Também à Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - EBDA, por complementar os recursos necessários. De maneira particular, agradecemos a Eng^a Agrônoma Darcy Regis, pela atenção e esforço nesta colaboração.

Ao Luiz Medeiros, técnico em geofísica do Instituto de Geociências da UFBA, pela aplicação e competência durante os trabalhos em campo.

Aos estagiários da EBDA – regional Teixeira de Freitas (BA), Vitor Valentim, Marcelo e Uelvis, pelo esforço, dedicação e disciplina necessárias ao bom andamento dos levantamentos realizados.

Referências

- BAHIA. Superintendência de Recursos Hídricos - SRH. Plano Diretor de Recursos Hídricos. Salvador, 1997.
- CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Projeto de Cooperação Técnica Brasil-Alemanha-GTZ. São Paulo, 2001. 398 p.
- ELIS, V. R. A geofísica como ferramenta para detectar e mapear contaminações: principais métodos geofísicos e aplicações. São Paulo, USP, Departamento de Geofísica, IAG, 2008. 35 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. SNCLS, Rio de Janeiro, 1999.
- FACHIN, S. J. S.; HUBER, F.; SHIRAIWA, S. et al. Aplicação de métodos geofísicos para identificar área contaminadas por resíduos de um curtume. Revista Brasileira de Geofísica, v. 24, n. 1, p. 129-138, 2006.
- FUKUE, M.; MINATO, T.; HORIBE, H.; TAYA, N. The micro-structures of clay given by resistivity measurements. Engineering Geology, v. 54, p. 43-53, 1999.
- GALLAS, E. Z.; TAIOLI, F.; SILVA, S. M. C. P. da.; COELHO, O. G. W.; PAIM, P. S. G. Contaminação por chorume e sua detecção por resistividade. Revista Brasileira de Geofísica. Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, p. 51-19, 2005.
- KEAREY, P. Electrical surveying. In KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. An Introduction to Geophysical Exploration. Blackweell Publishing, 2002.
- KELLER, G. V.; FRISCKNECHT, F. C. Eletrical methods in geophysical prospecting. New York, Pergamon Press. 1966.
- KUNETZ, G. Principles of direct current resistivity prospecting. Gebrüder Borntraeger, Berlin, 1996.

- LAGO, A. L.; ELIS, V. R.; GIACHETTI, H. L. Aplicação de métodos geofísicos em uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru – SP. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 24, n. 3, p. 357-374, 2006.
- LIMA, W. P. Impacto Ambiental do Eucalipto. São Paulo, EDUSP, 2 ed., 1996. p. 54-93.
- MONTEIRO, A. C.; PORSANI, M. J. Delimitação do topo do aquífero na região de Porto Seguro – Bahia através da inversão de sondagens elétricas verticais. *Revista Brasileira de Geofísica*. Rio de Janeiro, v. 19, nº 3, p. 279-292, 2001.
- PEREIRA, P. A.; LIMA, O. A. L. Estrutura elétrica da contaminação hídrica provocada por fluídos provenientes dos depósitos de lixo urbano e de um curtime no município de Alagoinhas, Bahia. *Revista Brasileira de Geofísica*. Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, p. 5-19, 2007.
- PARASNIS, D. S. *Principles of Applied Geophysics*. Chapman & Hall, 1997, 431p.
- SACRAMENTO, R. V. O. Caracterizações dos solos, fitodisponibilidade e teores pseudo-totais de metais nos sistema solo-planta em canais do Recôncavo Baiano. 2010. 220 f. Tese (doutorado em Energia e Ambiente) – Centro Interdisciplinar em Energia e Ambiente, Universidade Federal da Bahia, 2010.
- SOARES, A. *Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente*. Lisboa, Instituto Superior Técnico, 2ª edição, 2006. 214 p.
- SUZANO PAPEL E CELULOSE. Levantamento semidetalhado de solos. Projetos 2006, Regional Bahia, 2005. 10 p.
- TELFORD, W. M. *Electrical Properties of Rocks and Minerals. Resistivity Methods*. In TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. *Applied geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- WARD, S.H. *Resistivity and induced polarization methods*. In WARD. S. H. *Investigations in geophysics – Geotechnical and Environmental Geophysics*. San Diego: Academia Press, 1990.

Tarcilo David Lôbo Galvão Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S/A (EBDA). E-mail: tarcilo.galvao@ebda.ba.gov.br

Milton José Porsani Centro de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica / Centro Interdisciplinar em Energia e Ambiente / UFBA. E-mail: porsani@cpge.ufba.br