



LEVANTAMENTO GEOFÍSICO (SÍSMICA DE REFRAÇÃO) EM UMA ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO EM VALAS

Otávio Coaracy Brasil Gandolfo - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT

Copyright 2015, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 14th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 3-6, 2015.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 14th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The construction of a trench sanitary landfill requires the previous knowledge about soil thickness in order to guarantee its efficient operation. The study area should not contain shallow bedrock. If no subsurface information is available, geophysical methods are efficient to identify if the site is suitable before drilling. This paper presents a seismic refraction survey conducted in a rural area located in Divinolândia city, São Paulo State, Brazil, where a trench landfill would be built after geophysical survey confirmation that minimum soil thickness of three meters was found on the site, enabling the landfill facility.

1. Introdução

Aterro sanitário em valas é uma opção viável para a destinação final de resíduos sólidos domiciliares em municípios de pequeno porte.

Para a implantação de um empreendimento dessa natureza é necessário um estudo de caracterização hidrogeológica da área indicada para a implantação do aterro, de modo a verificar se a mesma atende aos requisitos ambientais.

Neste trabalho, serão apresentados os resultados de um levantamento geofísico realizado em apoio aos estudos de investigação geológica e hidrogeológica que foram conduzidos em um local indicado para a instalação de um novo aterro sanitário de pequeno porte, em valas, no município de Divinolândia-SP.

Divinolândia possui um pouco mais de 10.000 habitantes e, nos últimos anos, o município vem dispondo seus resíduos de forma controlada e adequada onde são produzidas 5,44 toneladas de lixo por dia (CETESB, 2012).

Imagens de satélite da área mostravam a ocorrência de matações e afloramentos de rocha, reforçando a suspeita de que o topo rochoso se encontrava muito raso no local, o que inviabilizaria a implantação de um aterro em valas. Uma vistoria no local, antes do início dos trabalhos, comprovou a existências destes corpos rochosos em superfície (Foto 1).



Foto 1 - Área contígua ao local escolhido para a implantação do novo aterro.

Nenhum conhecimento sobre dados de subsuperfície estava disponível até então.

Uma informação fundamental para decisão da continuidade ou não dos estudos para implantação do novo aterro seria saber se na área seriam encontradas espessuras mínimas de solo, de modo que as valas pudessem ser escavadas em conformidade com os critérios técnicos para a sua operação.

Segundo CETESB (2010), a profundidade da escavação das valas deve ter, no máximo, de 3,0 metros, sendo observadas as condições de estabilidade dos taludes e o nível do lençol freático.

Ou seja, para a viabilidade do empreendimento deveriam ser encontradas espessuras de solo superiores a 3 metros em grande extensão da área do futuro aterro.

Para conduzir a investigação preliminar, antes da execução das sondagens, foi recomendada a utilização do método sísmico da refração, de modo a fornecer esta informação determinante para a continuidade ou não dos estudos na área.

2. Descrição da área

O município de Divinolândia está localizado na porção nordeste do Estado de São Paulo, distando 290 km da capital. Faz divisa com os municípios de São José do Rio Pardo, Caconde e São Sebastião da Gramma, em São Paulo e Poços de Caldas, no Estado de Minas Gerais.

O local proposto para a implantação do novo aterro possui uma área total de 5,36 ha e está localizado na zona rural, cerca de 3,5 km da área urbana (Figura 1).

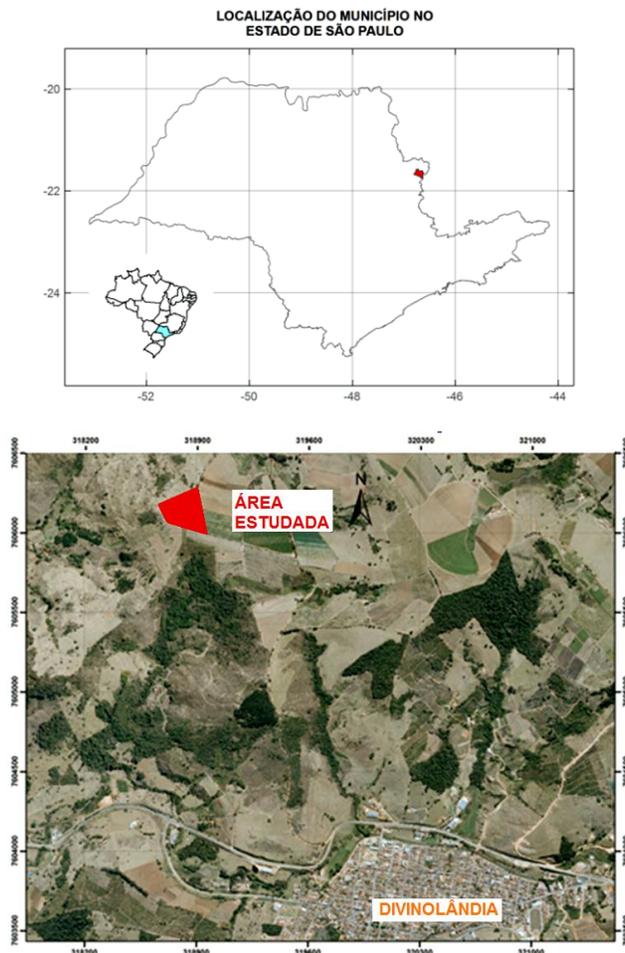


Figura 1 - Localização da área no município de Divinolândia e no Estado de São Paulo (Google Earth, acesso em 8/10/2014).

Ocorrem no município de Divinolândia migmatitos, granitoides e granulitos diversos. Em menor frequência, granitos e gnáisses. De forma restrita há ocorrência de quartzitos feldspáticos, micáceos, com intercalações de biotita xistos e também sedimentos cenozoicos constituídos por depósitos aluviais, areias, argilas e conglomerados na base (IPT, 2015).

Em toda a extensão da área estudada foram observados afloramentos de rochas cristalinas do pré-cambriano, assim como grandes blocos de rocha (matações).

Não foi descartada a presença destes corpos em subsuperfície (Foto 2).



Foto 2 - Blocos de rocha encontrados na área do levantamento geofísico.

3. O método da sísmica de refração

O método da refração sísmica consiste na medição dos tempos de propagação das ondas elásticas, geradas por uma fonte de energia (marreta, queda de peso, explosivos), que percorrem os materiais em subsuperfície, sofrem refração nas interfaces entre meios com diferentes velocidades e retornam à superfície, sendo captadas pelos geofones.

O sinal sísmico é registrado em um sismógrafo para posterior análise e interpretação dos resultados. O sismograma constitui o registro básico para a interpretação dos dados de refração, no qual são identificados os tempos de chegada das ondas compressionais (ondas P). Com estes dados, são elaborados gráficos “tempo x distância” que, devidamente interpretados, fornecem os valores de velocidades dos estratos sísmicos, espessuras e profundidades dos mesmos.

A velocidade de propagação das ondas sísmicas depende de diversos fatores. Valores baixos de velocidade (menores que 1000 m/s) são associados a solos, enquanto valores elevados (maiores que 4000 m/s) correspondem a rochas mais resistentes, normalmente sãs. Valores em torno de 1600 m/s podem corresponder a material inconsolidado, saturado com água ou então a uma zona de transição solo/rocha. Uma condição necessária para a aplicação do método da refração sísmica é a de que as velocidades em subsuperfície aumentem com a profundidade.

4. Levantamento de campo

Foram demarcados na área do levantamento 40 piquetes que definiram as posições das linhas sísmicas e serviram como referência para a locação das sondagens que foram posteriormente realizadas na área. Os piquetes foram distribuídos em cinco linhas, com distância entre elas de aproximadamente 50m, sendo que em cada linha o espaçamento entre piquetes foi de 20m (Figura 2).

As coordenadas dos piquetes e dos limites da área foram obtidas com um GPS provido de correção diferencial, o qual possibilitou a obtenção de medidas em tempo real e com uma precisão submétrica. O levantamento de refração sísmica foi realizado nas linhas L-01-05 (92m), L-06-15 (180m), L-16-25 (180m), L-26-35 (180m) e L-36-40 (92m).

O equipamento utilizado foi um sismógrafo de 24 canais, modelo Geode, marca Geometrics e geofones com frequência de 4,5 Hz. Como fonte de energia sísmica, foi utilizada uma marreta de 5 kg batendo contra uma placa metálica posicionada sobre o solo. O espaçamento entre geofones utilizado no arranjo de campo foi de 4 m, perfazendo uma base sísmica de 92 m de extensão e permitindo investigações da ordem de 20 metros de profundidade.

5. Resultados

Após o levantamento sísmico, foram realizadas na área vinte sondagens à percussão do tipo *Standard Penetration Test* (SPT), localizadas em pontos orientados pelos resultados da geofísica. Além de indicar os locais de interesse para a locação das sondagens, o levantamento sísmico contribuiu também para a definição dos quantitativos (metragem) a serem contratados.

As sondagens alcançaram profundidades variando de 6,0 a 13,5 metros, muitas delas até atingir o impenetrável. Não foi encontrado o nível d'água em nenhuma delas. Isto favoreceu a recomendação de utilização da área para implantação do aterro, indicando a ocorrência de um lençol freático profundo no local. Segundo os boletins de sondagens, predominam do topo para a base, siltes areno-argilosos com aumento da fração silte, à medida que aumenta a profundidade. Não foram observados indícios significativos da presença de matacões. Apenas uma sondagem foi relocada por provável presença de grande bloco de rocha.

Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas duas seções sísmicas obtidas após o processamento e a interpretação dos dados das linhas L-06-15 e L-16-25. O software utilizado para o processamento dos dados foi o *SeisImager*. Nas seções encontram-se representadas algumas das sondagens SPT que foram realizadas na área e localizadas sobre a linha sísmica ou muito próxima a elas. As seções foram interpretadas como modelos de quatro camadas.

Os estratos sísmicos superiores, com velocidades menores que 450 m/s e representados pela cor vermelha nas seções, correspondem ao solo com valores de SPT inferiores a 15. Este material pode ser classificado como seco e escavável.

O estrato sísmico intermediário, representado pela cor amarela e com velocidades em torno de 1000 m/s, corresponde a um material de transição solo/rocha, possivelmente impenetrável por sondagem a percussão.

Na seção L-06-15 (Figura 3), as sondagens SP-10 e SP-03 atingiram o impenetrável com 6,10m e 7,10m, respectivamente (a SP-03 encontrava-se deslocada 9,3m da linha sísmica). Na seção L-16-25, as sondagens SP-04 e SP-05 não atingiram o impenetrável, ao contrário da SP-11 que o atingiu com 8 metros de profundidade (Figura 4).

O estrato sísmico inferior, de velocidade mais alta (superior a 2000 m/s) e não alcançado pelas sondagens SPT, pode corresponder à presença de rocha alterada.

Com os resultados das cinco linhas sísmicas realizadas na área, foi elaborado um mapa com a espessura estimada do material superior de baixa velocidade e que corresponde ao solo escavável (Figura 5). A base desta camada pode ser associada ao "impenetrável" dos ensaios SPT.

Como o método da refração sísmica não permite a identificação de blocos de rocha isolados, que poderiam ocorrer na camada do solo escavável, precauções foram recomendadas para os trabalhos subsequentes de escavação e remoção deste material, caso ocorra a implantação do aterro sanitário em valas na área estudada.

6. Conclusões

O levantamento geofísico, utilizando o método da sísmica de refração, identificou espessuras de solos superiores a três metros na área escolhida para implantação do aterro. No início dos trabalhos havia a suspeita da presença de um topo rochoso extremamente raso no local, o que inviabilizaria o empreendimento.

As sondagens a percussão realizadas na etapa seguinte confirmaram os resultados da geofísica e permitiram a elaboração de um mapa com espessuras de material escavável. Este mapa poderá auxiliar no planejamento e na operação do aterro sanitário em valas, caso este seja implantado na área de estudo.

7. Referências

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2010. Manual de operação de aterro sanitário em valas. Savastano Neto, A., Iwai, C.K., Wolmer, F.A., Potenza, J.L., Assumpção, M.H.P.L., São Paulo. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/cea/Aterro_valas.pdf> Acesso em 14 de fevereiro de 2015.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2012. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares 2011 CETESB. Coordenação Aruntho Savastano Neto, Maria Heloisa P.L. Assunção. São Paulo-SP. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/publicacoes-e-relatorios/1-publicacoes/-relatorios>> Acesso em 8 de outubro de 2014.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. 2015. Estudos hidrogeológicos para investigação de área para instalação de aterro sanitário de pequeno porte em valas, no Município de Divinolândia, SP. (RELATÓRIO IPT Nº 141.919-205).

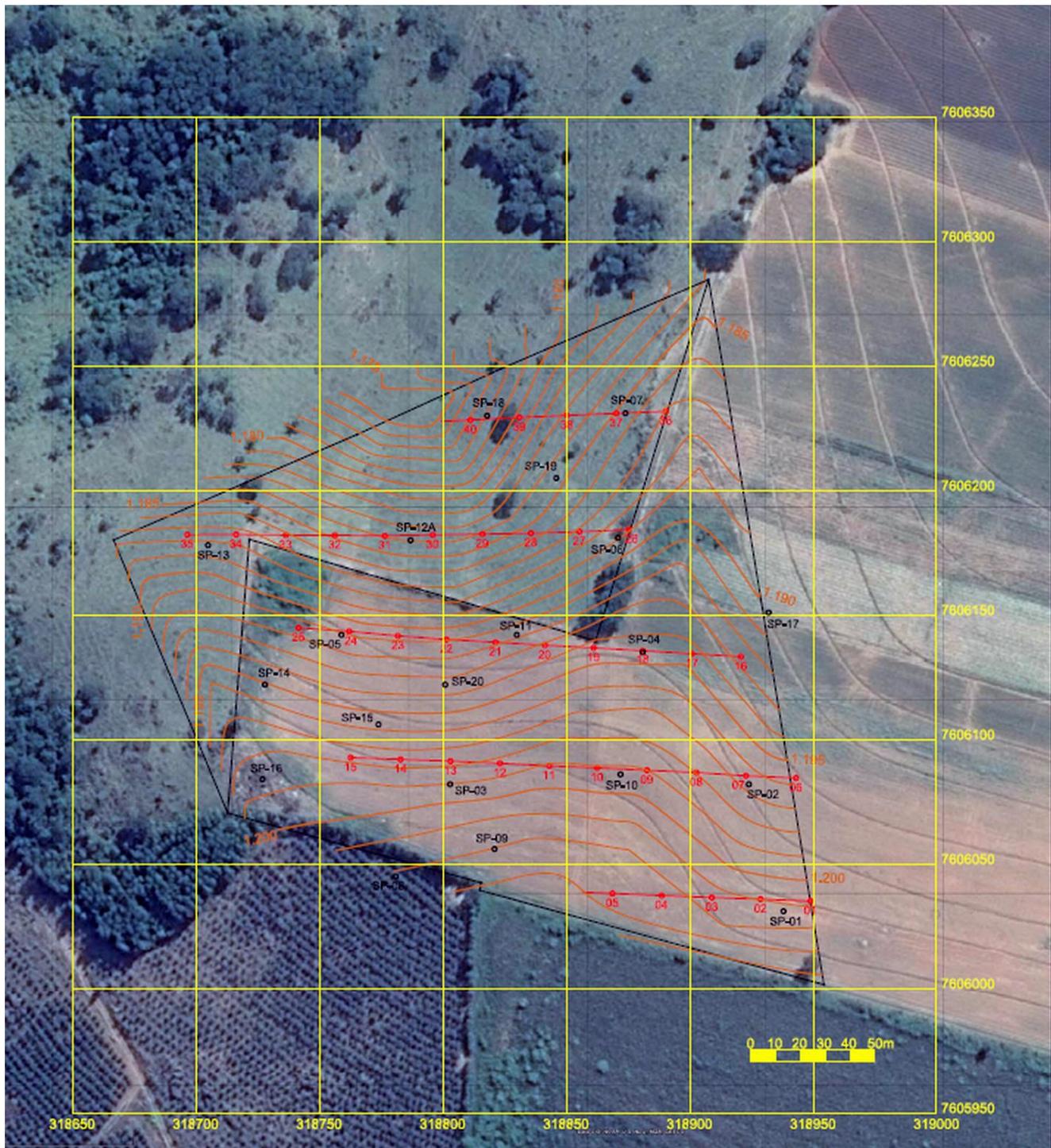


Figura 2 - Mapa planialtimétrico da área escolhida para a implantação do aterro, sobreposto a imagem de satélite. Em vermelho, posição dos piquetes e das 5 linhas sísmicas. Em preto, a locação das sondagens SPT realizadas na área. (Datum SIRGAS 2000).

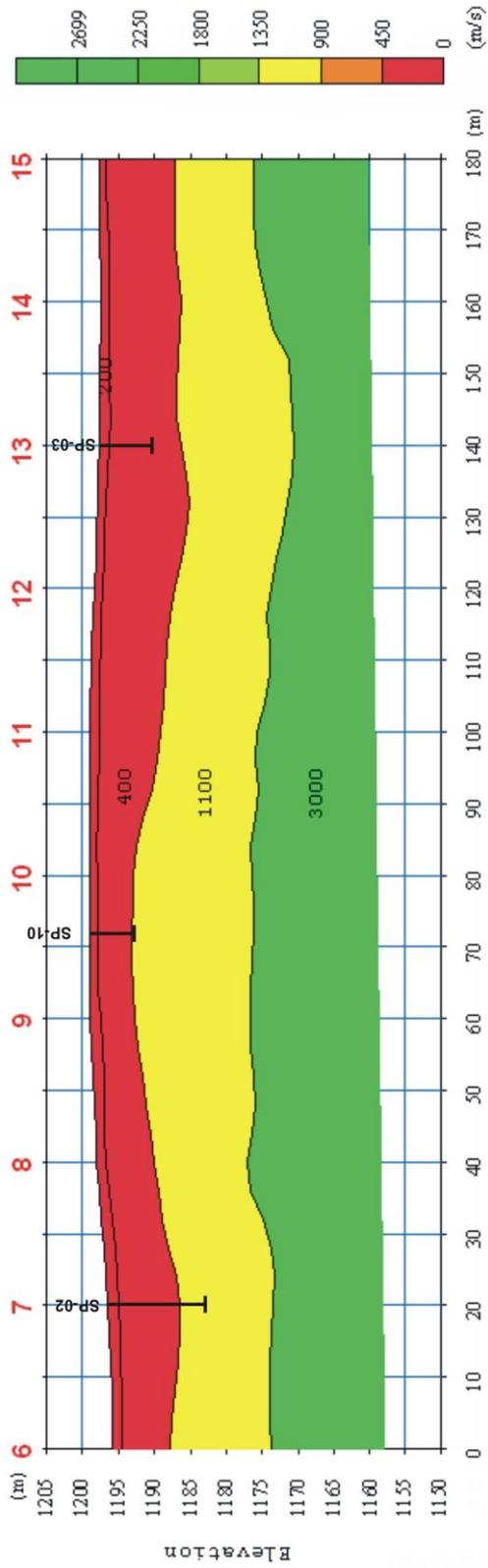


Figura 3 - Seção sísmica L06-L15.

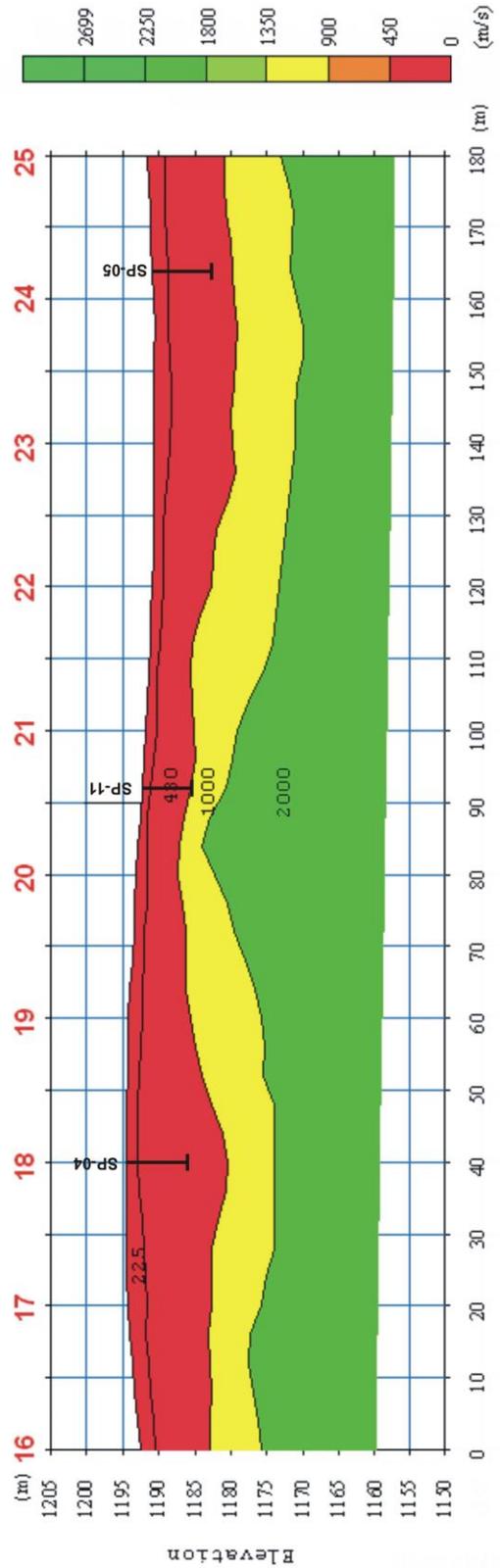


Figura 4 - Seção sísmica L16-L25.

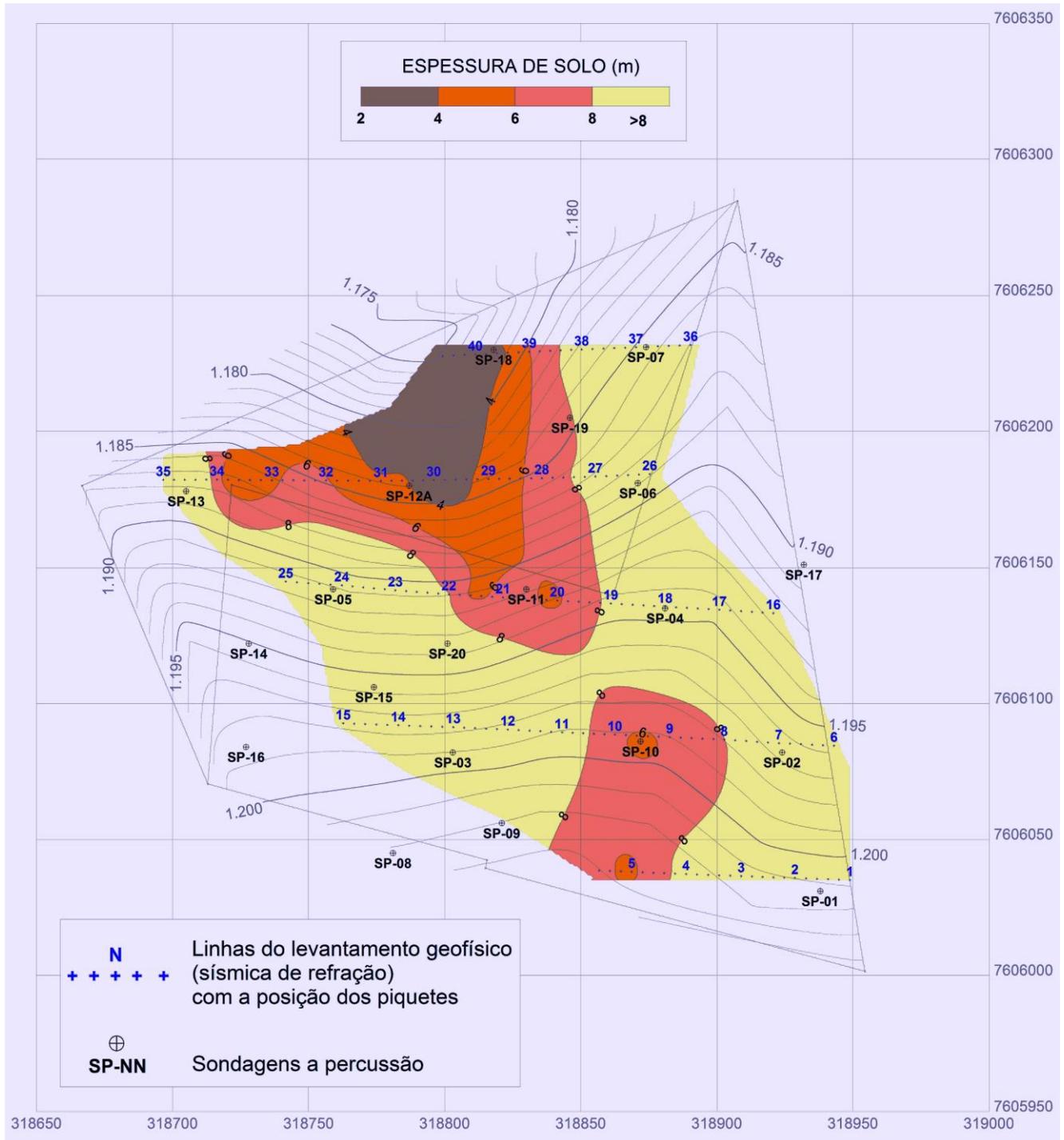


Figura 5 - Mapa da espessura de solo escavável estimada pelos resultados da sísmica de refração.