



# Investigação da subsuperfície rasa do lixão da cidade de Baião (Pará) aplicando a ferramenta geofísica Radar de Penetração no Solo (GPR)

Talicia Machado Lira (Campus de Cametá e Tocantins, UFPA)\*, Pedro Chira Oliva (IECOS/UFPA)

Copyright 2017, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 15<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 31 July to 3 August, 2017.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 15<sup>th</sup> 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

Contamination of soils and their groundwater are serious examples of environmental problems due mainly to human interference in the natural resources, without adequate strategic planning. In the case of Brazilian municipalities, the majority has not control at all, and this is a reason for contamination of the environment. Solid waste is the most visible and concrete expression of the environmental risks. Each year the rates of generation of this waste increase, which are a reflection of the increase in consumption as a result of population growth and the intense and accelerated urbanization process. In this work was applied the Ground Penetrating Radar (GPR) to investigate about the impact caused by a waste disposal area in Baião, State of Pará (Brazil).

## Introdução

O descarte e a estocagem inadequada dos resíduos geram uma gama de problemas ambientais. Um dos principais entraves relacionados a resíduos é a decomposição bioquímica da matéria orgânica confinada no lixo, o qual resulta na liberação de chumbo, líquido extremamente contaminante, que apresenta carga poluidora 100 vezes maior que do esgoto doméstico (Santos, 2004).

Segundo Mucelin e Bellini (2008) o consumo rotineiro de produtos industrializados é responsável pela contínua produção de lixo. Não é possível conceber uma cidade sem considerar a problemática gerada pelos resíduos sólidos urbanos, desde a fase de geração até o descarte final. Os resíduos sólidos urbanos são aqueles originados de atividades humanas desenvolvidas no município. Na maioria das cidades brasileiras esses resíduos ainda são destinados a céu aberto (ABRELPE, 2014).

Dentre os impactos ambientais negativos oriundos da disposição inadequada dos resíduos sólidos, pode-se citar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, contaminação dos solos e propagação dos macros e microvetores causadores de doenças. Acrescenta-se a isto, a poluição visual e o mau cheiro sentido nos arredores destes locais gerando danos na maioria das vezes irreparáveis (Castilho Junior, 2006).

Áreas de deposição de resíduos sólidos, onde há a suspeita de contaminação provocada pelo chumbo, têm sido alvo de vários estudos, uma vez que este líquido

pode originar plumas ou zonas de contaminação no subsolo. Ao longo dos anos, as ferramentas geofísicas têm sido amplamente utilizadas para avaliar e caracterizar problemas ambientais, sendo eficientes na detecção e monitoramento de poluição de águas subterrâneas (Bortolin, 2009).

Boudreault et al., (2010) usaram métodos geofísicos (indução eletromagnética, levantamentos magnéticos, resistividade elétrica e GPR) como etapa preliminar para caracterizar aterros urbanos heterogêneos. O local de testes está localizado próximo a cidade de Montreal (Quebec, Canadá).

Elis e Zuquette (2002) aplicaram sondagens e caminhamentos elétricos (eletrorresistividade) no antigo depósito de resíduos sólidos urbanos e no aterro sanitário em atividade na cidade de Ribeirão Preto (SP). No lixão municipal de Bragança, Pará, Pires (2013) utilizou a ferramenta geofísica Radar de Penetração do Solo (GPR) combinada com análises diretas da água para verificar a existência de plumas de contaminação oriundas da degradação da matéria orgânica.

Santos et al., (2009) realizaram uma aplicação conjunta da investigação direta da qualidade da água (exames microbiológicos e análises físico-químicas) e levantamento pelo método geofísico GPR, na área de influência do aterro sanitário do município de Cuiabá (Mato Grosso).

Shiraiwa et al. (2002) aplicaram de forma integrada os métodos geofísicos Potencial Espontâneo, Resistividade Elétrica e GPR no lixão de Cuiabá (Mato Grosso) para avaliar se existe contaminação da subsuperfície.

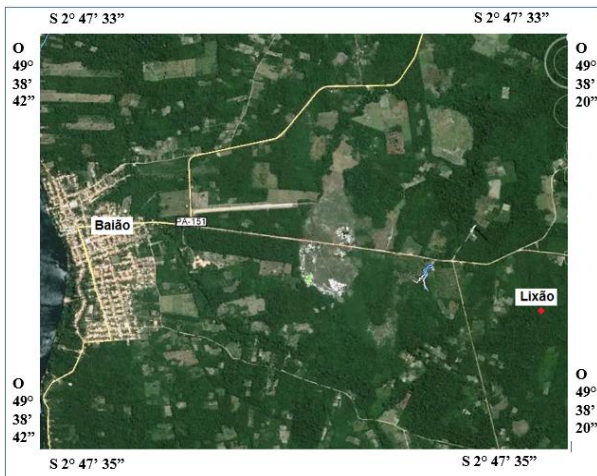
No município de Baião (Pará), existe uma área que inicialmente foi projetada para ser aterro controlado, contudo, como não haviam meios adequados para recobrir todo o resíduo coletado, estes estão apenas espalhados, caracterizando o modo de deposição como lixão ou vazadouro a céu aberto. Foi aplicada a ferramenta geofísica Radar de Penetração no Solo (GPR) a fim de verificar se a subsuperfície rasa do referido lixão está sendo afetada pelo chumbo proveniente da deposição inadequada do descarte de resíduos sólidos no local de estudo.

## Materiais e Métodos

### Área de estudo

A área em estudo (Figura 1) localiza-se no município de Baião (Pará), onde existe um lixão a céu aberto em atividade na saída da cidade (Figura 2). A entrada do lixão possui as seguintes coordenadas geográficas de latitude e longitude, respectivamente (2°79'57 9"S e 49°63'03"O). Geograficamente o município pertence à Mesorregião Nordeste Paraense e a Microrregião Cametá, possuindo cerca de 40.000 habitantes,

produzindo diariamente cerca de 20 toneladas de lixo doméstico (IBGE, 2010).



**Figura 1.** Localização do município de Baião (Pará) com destaque para o lixão da referida cidade. Fonte: Google Earth.



**Figura 2.** Lixão do município de Baião (Pará).

**Metodologia**

A ferramenta geofísica utilizada neste trabalho foi o Radar de Penetração no Solo (GPR), cujo objetivo é imagear estruturas da subsuperfície rasa da terra, a fim de localizar estruturas geológicas ou objetos implantados por ação antrópica, para isto utiliza ondas eletromagnéticas (EM) de frequências que variam entre 10 MHz a 2,5 GHz. (Galli et. al, 2013; Junior, 2009; Pinto, 2010)

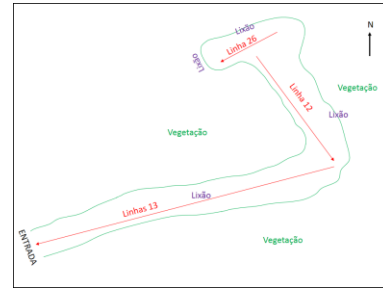
Na aquisição dos dados de GPR foi utilizado o equipamento GSSI 3000 com duas antenas uma de 200 e outra de 400 MHz de frequência, Foi considerado a configuração afastamento comum na aquisição dos dados.

Foram feitas duas coletas sazonais (período seco e chuvoso em 2016), as quais compreenderam 3 linhas de GPR, com antenas de 200 MHz e janelas temporais de 100 NS, 150ns e 450ns.

*Período chuvoso 2016*

As coletas foram realizadas em fevereiro de 2016, as quais consistiram no levantamento de três perfis na área de influência do lixão (linha 12, 13 e 26, Figura 3). Os espaços compreendidos para a geração do sinal foram de 10 metros ao longo do perfil. A antena utilizada foi de

200 MHz de frequência com as janelas temporais de 150 ns e 450 ns (Figura 3).



**Figura 3.** Localização dos perfis GPR levantados no Lixão do município de Baião.

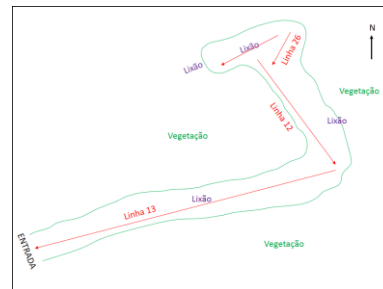
*Período seco (julho) 2016*

Com a finalidade de se obter um maior detalhamento da subsuperfície rasa e profunda, foram consideradas duas frequências na antena do equipamento GPR: de 200 MHz e 400 MHz. Consideraram-se as janelas de tempo 100, 150 e 450 ns.

Para a antena de 200 MHz foram consideradas as janelas de tempo (igual a coleta anterior) de 150 e 450 ns para se obter o detalhamento da parte mais rasa e a parte mais profunda.

Na antena de 400 MHz foi considerada a janela de tempo de 100 ns, pois uma janela de tempo maior impossibilitaria obter mais detalhes da subsuperfície a serem observados segundo os testes realizados.

Em decorrência da deposição desordenada dos resíduos sólidos no lixão, o espaço onde havia sido levantado o perfil 26 obtido no interior do lixão teve que ser desconsiderado, em virtude de o local ter sido tomado por mais lixo o que impossibilitou a passagem do GPR. Porquanto foi considerado um novo perfil próximo ao perfil desconsiderado (perfil 26, Figura 4).



**Figura 4.** Localização dos perfis GPR levantados no período seco 2016 no Lixão do município de Baião (Pará).

## Resultados e discussões

Os perfis GPR das linhas 1, 2 e 3, foram obtidos através de ensaios geofísicos, em dois períodos sazonais, nos quais se verificou possíveis zonas de contaminação.

No perfil 1 (Figura 5) referente ao período seco (topo) 2a) e chuvoso (base), obtido no interior do lixão, pode-se ver um forte refletor raso a uma profundidade compreendida entre 0,4 e 1,3 m. Neste perfil não foram detectados indícios de contaminação no solo, devido sua constituição muito argilosa. Além disso, estava alagado pelas constantes chuvas da região nos primeiros seis meses do ano. Solos com elevado conteúdo de água e argilosos podem interferir na propagação do sinal, uma vez que os íons dissolvidos na água promovem condução elétrica, que dissipa o campo eletromagnético aplicado pelo equipamento, extraindo a energia do campo e transferindo para o meio, provocando atenuação e baixa penetração das ondas no meio investigado (Pinto, 2010).

No perfil 2 (Figura 6), gerado no centro do lixão no período de estiagem (topo) e chuvoso (base), foram detectados vários eventos de reflexão que variam entre 2 a 4m. Estes eventos podem estar relacionados a resíduos sólidos enterrados na subsuperfície, uma vez que este local foi construído para ser aterro controlado, porém, com a ausência de recursos, os resíduos passaram a ser descarregados no solo de forma arbitrária, caracterizando a forma de disposição como lixão ou vazadouro a céu aberto. O lixo enterrado nessas células é fonte potencial de contaminação, uma vez que existem bactérias que fermentam a matéria orgânica na ausência de oxigênio, convertendo-as em chorume. Este líquido altamente contaminante no subsolo pode originar plumas de contaminação, que podem alcançar as camadas mais profundas e atingir o nível do lençol freático.

No perfil 3 (Figura 7), obtido entre a entrada e o centro do lixão durante o intervalo seco (topo) e chuvoso (base), foi registrado a presença de alguns pequenos eventos de reflexão que podem estar relacionados a resíduos sólidos enterrados. Pode-se observar também a presença de um

forte refletor bem próximo a superfície que poderia corresponder a um possível lençol freático, porém precisar ser mais bem avaliado. Este refletor apresenta pequenas falhas (linhas de cor vermelha). Existe uma zona encerrada pela linhas tracejadas de cor vermelha que estaria indicando a presença de algum indício de contaminação no lixão a uma profundidade compreendida entre 1,75 e um pouco menos de 5 m de profundidade.

## Conclusão

O equipamento GPR permitiu caracterizar a área de influência do lixão no subsolo. Não foi possível localizar a pluma de contaminação em decorrência do elevado conteúdo de água encontrado devido ao período chuvoso. Acrescenta-se a isto, a constituição argilosa do solo que atenuou as ondas eletromagnéticas geradas pelo equipamento, impedindo que o sinal alcançasse grandes profundidades e tivesse uma melhor resolução.

Os resultados obtidos indicaram a presença de uma zona compreendida entre 1,75m e 6,5m que estaria relacionado possivelmente a presença de algum indício de contaminação ou algum material enterrado na subsuperfície.

## Referências

ABRELPE, 2014. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2014.

BORTOLIN, J., 2009. Monitoramento temporal da pluma de contaminação do aterro controlado de rio claro (SP) por meio do método da eletrorresistividade. Dissertação de Mestrado em Geociências e Meio ambiente. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 153 p.

BOUDREAU, J.-P., DUBÉ, J.-S. CHOUTEAU, M., WINIARSKI, T., HARDY, E., 2010. Geophysical characterization of contaminated urban fills. *Engineering Geology*, 116, 196-206.

CASTILHO JUNIOR, A.B., 2006. Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro.

ELIS, V.R., ZUQUETE, L.V., 2002 Caracterização geofísica de áreas utilizadas para disposição de resíduos sólidos urbanos. *Revista Brasileira de Geociências*, Curitiba, v.32, n.1, p.119-134.

GALLI, V. L. AZEVEDO, A. A. SOUZA, L.G., , 2013. Ensaio Geofísico de GPR Aplicado no Mapeamento de Fundações: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOFISICA, vl. 20. Rio de Janeiro.

IBGE, 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, Sinopse do censo demográfico 2010. Disponível em: <[www.censo2010.ibge.gov.br](http://www.censo2010.ibge.gov.br)>. Acesso em: 29 de outubro de 2015.

JUNIOR, J. 2009. Estudo de pluma de contaminação por combustível com o método GPR e desenvolvimento de simulador geofísico para fins educativos. Dissertação de Mestrado em Geofísica – Universidade Federal do Pará. Belém. 172p.

MUCELIN, A.C; BELLINI, M., 2008. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. *Revista Sociedade & Natureza*, Uberlândia, p.14, jun.

PINTO, G. , 2010. O método GPR aplicado a localização de tubulações utilizadas no abastecimento de água na região urbana do município de Belém- Pará. 2010, 96 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Universidade Federal do Pará. Belém: UFPA.

PIRES, M. B. D. 2013. Estudo ambiental do lixão urbano da cidade de Bragança, PA, aplicando radar de Penetração do Solo e Análise físico-química da água. Trabalho de Conclusão de Curso: Universidade Federal do Pará.

SANTOS, A. A; SHIRAIWA, S; SILINO A.N; SILVA W.T.P; SILVA N.A; SILVEIRA A; MIGLIORINI R, B. 2009. Comparação entre a investigação direta da água subterrânea e radar de penetração no solo (GPR) na

área do aterro sanitário de Cuiabá (MT). Revista Brasileira de Geociências, v. 39, n. 4, 768-772 p.

SANTOS, C., 2004. Caracterização do impacto na qualidade das águas subterrâneas, causado pela disposição dos resíduos sólidos urbanos no aterro municipal da cidade de feira de Santana – BA. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal da Bahia, Salvador. 188 p.

SHIRAIWA, S; LISOVISKY S.P; ELIS V. R; PORSANI J. L; BORGES W.R. 2002. Estudos geofísicos integrados no lixão de Cuiabá, MT, Brasil: resultados preliminares. Revista Brasileira de Geofísica, v. 20, n. 3, 181-186 p.

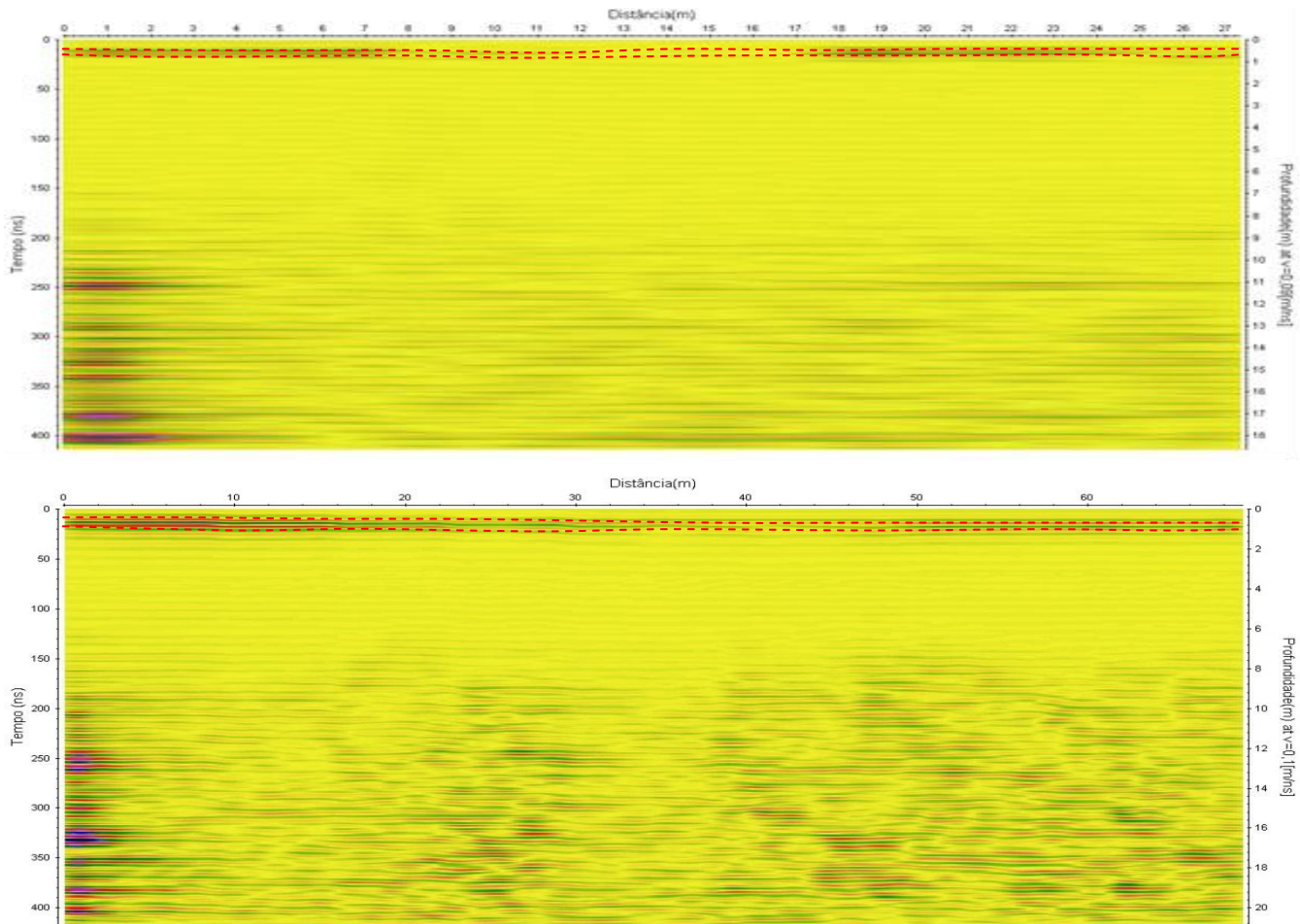


Figura 5 – Topo: Radargrama do perfil 1 (período seco) obtido no interior do lixão de Baião, com uma janela de tempo de 450 ns e antena de 200 MHz. Base: Radargrama do perfil 1 (Período chuvoso), com uma janela de tempo de 450 ns e antena de 200 MHz.

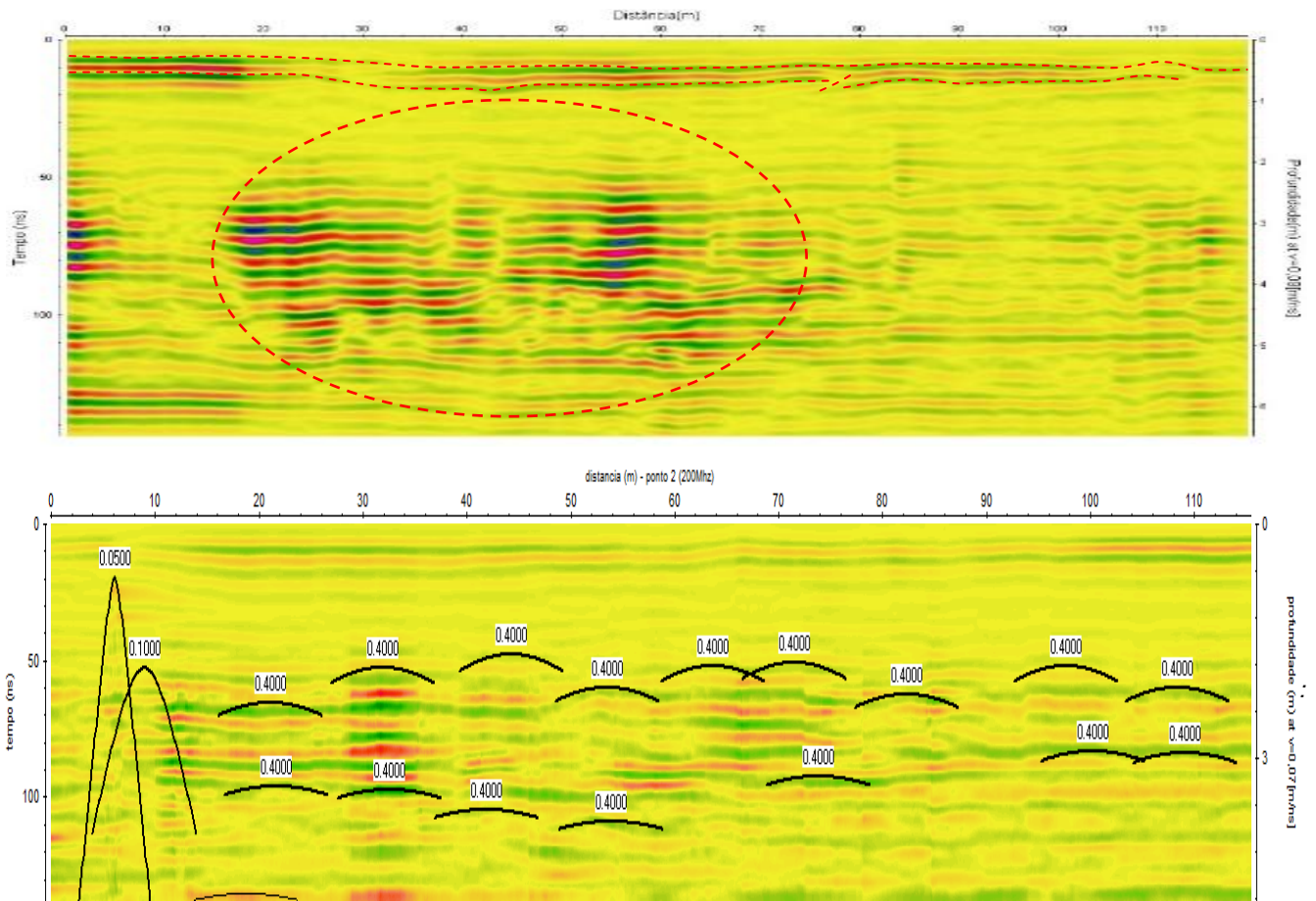


Figura 6 – Topo: Radargrama do perfil 2 (período seco) com uma janela de tempo de 150 ns e antena de 200 MHz. Base: Radargrama do perfil 2 (chuvoso) com uma janela de tempo utilizada de 150 ns e antena de 200 MHz.

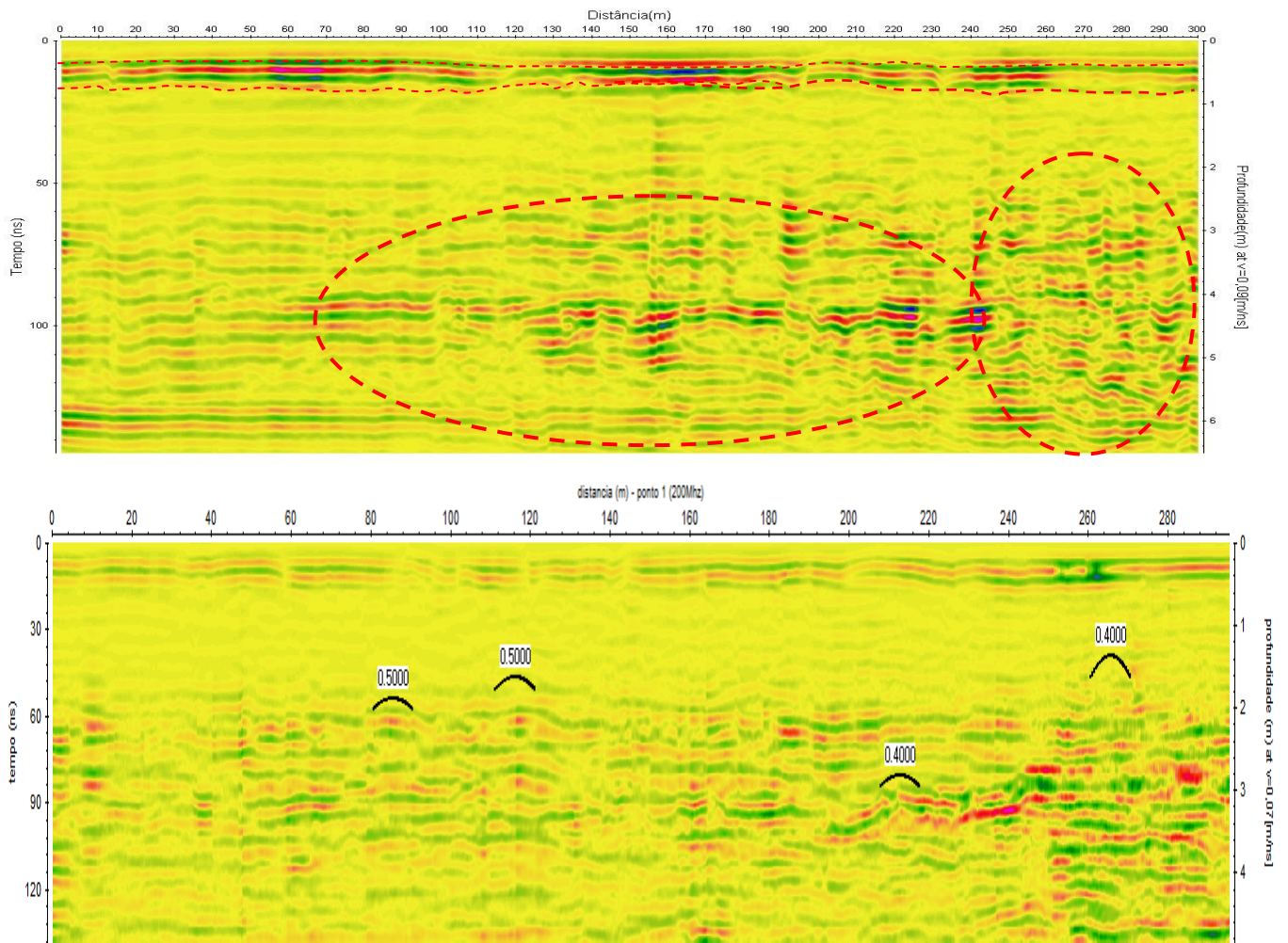


Figura 7 – Topo: Radargrama do perfil 3 (período seco) com uma janela de tempo de 150 ns e antena de 200 MHz. Base: Radargrama do perfil 3 (período chuvoso) com uma janela de tempo utilizada de 150 ns e antena de 200 MHz.