



## **Avaliação do uso do Radar de Penetração no Solo para mapeamento de biomassa subterrânea**

**Emerson Rodrigo Almeida<sup>1</sup> (emerson.almeida@ufu.br), Jorge Luís Porsani<sup>2</sup>, Adam Booth<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, Minas Gerais;

<sup>2</sup> Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo; <sup>3</sup> School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds, Reino Unido

**RESUMO:** O mapeamento da biomassa caracterizada pelas raízes de plantas representa um dos campos de aplicação mais recentes no método GPR. Contudo, estudos acerca das técnicas de imageamento para esta finalidade ainda são escassos. Nesta pesquisa foram adquiridos perfis de reflexão em áreas de Caatinga localizadas nas dependências da Embrapa Semiárido, em Petrolina (PE), visando proporcionar uma análise da sua aplicabilidade neste bioma. Os dados permitiram obter informações referentes à distribuição espacial das raízes de diâmetro mínimo igual a 1,5 cm, indicando significativo potencial para mapeamento em biomas de solo seco característico de regiões semiáridas.

**Palavras-chave:** caatinga, gpr, geofísica, raízes.

## **INTRODUÇÃO**

O GPR (*Ground Penetrating Radar* – Radar de Penetração no Solo) é um método eletromagnético sensível ao contraste de propriedades elétricas no subsolo, sendo bastante empregado em pesquisas de Geofísica rasa devido à sua alta resolução. O mapeamento sistemático e quantificação da biomassa subterrânea representada pelas raízes tem sido um campo de interesse recente no desenvolvimento deste método (BUTNOR, 2011; CUI et al., 2013; GUO et al., 2015; ALMEIDA et al., 2018), dado o interesse ambiental e econômico de pesquisadores relacionados às ciências biológicas, agrárias e florestais dedicados ao estudo do acúmulo de carbono em subsuperfície.

O solo seco característico da Caatinga proporciona condições favoráveis para a propagação do sinal eletromagnético, permitindo adquirir dados de alta resolução a profundidades consideráveis em comparação aos solos mais úmidos. Os levantamentos apresentados nesta pesquisa foram feitos nas dependências da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) Semiárido, em Petrolina (PE), com os objetivos de avaliar o potencial de aplicação do método GPR neste bioma e de obter informações acerca da distribuição espacial das raízes.



## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em duas áreas de  $10 \times 10$  m. A aquisição de dados foi feita utilizando um sistema pulseEKKO PRO (*Sensors & Software*) de frequência 1000 MHz. As varreduras foram feitas através de perfis de reflexão paralelos espaçados de 10 cm e com pontos de amostragem a cada 1 cm ao longo destes. Duas aquisições em direções ortogonais foram feitas em cada área para elaboração de imagens pseudo-3D.

Os dados foram processados utilizando-se o software ReflexW (*Sandmeier Geophysical Research*) e interpolados através de rotinas implementadas em linguagem Python 3.6. Amostras de raízes foram coletadas posteriormente para verificação das dimensões e comparação com as feições observadas nos dados GPR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta cortes à profundidade de 16 cm referentes aos dados adquiridos. Variações na permissividade dielétrica ( $\epsilon$ ) dos materiais em subsuperfície influenciam na refletividade do sinal GPR, de forma que objetos de alto contraste, como as raízes, aparecem nas imagens como feições escuras. A Figura 1a apresenta imagens após o processamento, onde é possível identificar uma ampla rede destas feições como formas contínuas. Algumas delas podem ser observadas originando-se das árvores, cujas localizações e dimensões são representadas pelos círculos brancos. Observa-se ainda zonas anômalas de contraste intermediário entre o do material geológico e o das anomalias contínuas associadas às raízes. A Figura 1b apresenta a interpretação das imagens, onde tais feições são identificadas com clareza. As anomalias contínuas associadas às raízes são destacadas por linhas tracejadas pretas e as anomalias de contraste intermediário são destacadas por linhas tracejadas amarelas.

As imagens mostram que o método é capaz de mapear raízes que crescem por mais de 4 m de distância das árvores, mesmo estas tendo dimensões reduzidas acima da superfície. A análise dos dados em profundidade indicou que a biomassa se encontra distribuída principalmente em profundidades menores do que 20 cm.

A comparação com dados de amostragem direta indicou que as raízes podem apresentar diâmetros variáveis em comparação às anomalias presentes nas imagens, onde tais variações não são perceptíveis. Estas anomalias apresentam características semelhantes mesmo sendo originadas por raízes com variações entre 2 e 4 cm de diâmetro devido a variações no material que as compõe. As menores raízes identificadas nos dados apresentaram um diâmetro em torno de 1,5 cm, sendo que raízes de diâmetros menores não puderam ser mapeadas de maneira similar devido às limitações de resolução inerentes

# Simpósio de Ciências Agrárias e Ambientais 2019

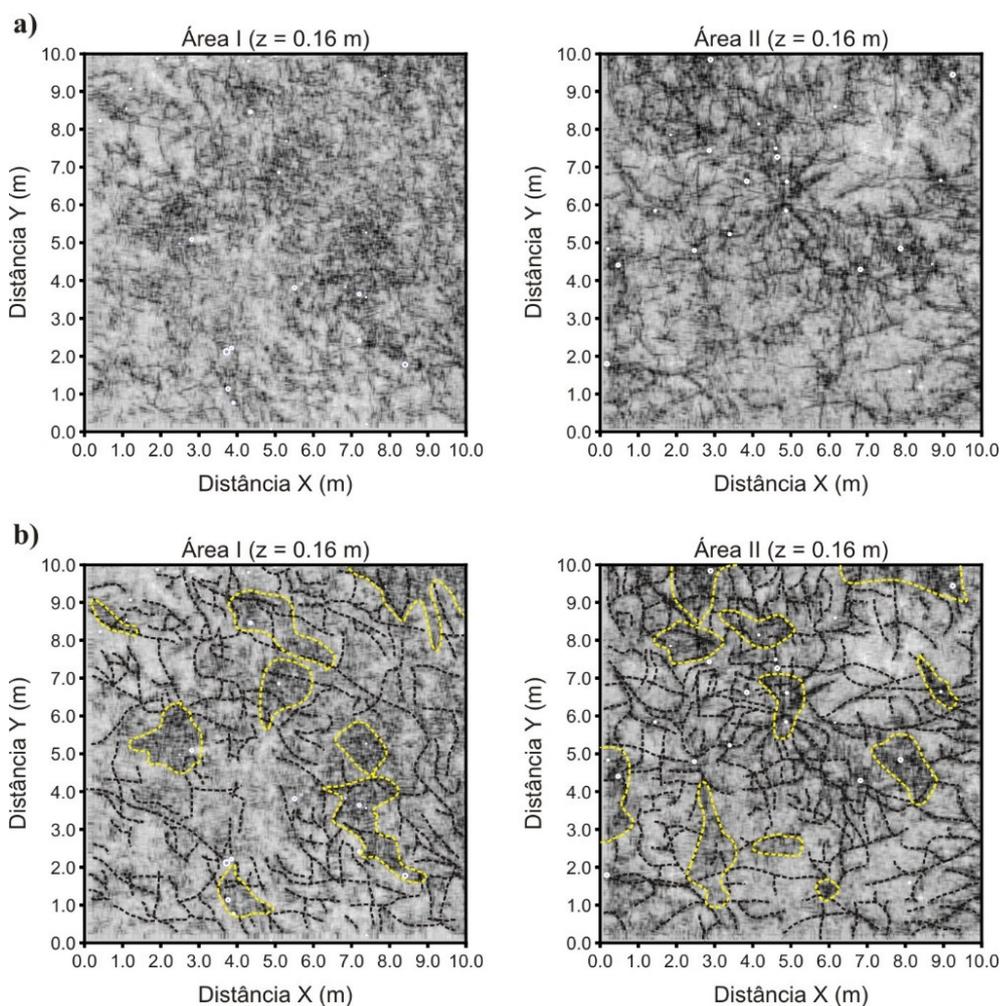


Figura 1. Imagens à profundidade de 16 cm obtidas em ambas as áreas estudadas. a) Imagens processadas. b) Imagens interpretadas. Os círculos brancos representam as árvores, as linhas tracejadas pretas indicam as raízes e as linhas tracejadas amarelas indicam regiões com possível acúmulo de raízes.

ao método. No entanto, locais onde estas encontram-se agrupadas podem representar uma variação suave no contraste de permissividade dielétrica, aparecendo nas imagens como as zonas anômalas destacadas pelas linhas amarelas na Figura 1b.

## CONCLUSÕES

O solo seco da Caatinga apresentou condições ideais para uma boa penetração do sinal GPR. Os resultados indicam que as raízes podem ser mapeadas com precisão através



deste método, contudo seus diâmetros não podem ser estimados com acurácia. Dados obtidos através de amostragem direta mostraram que o método foi capaz de identificar com clareza raízes de diâmetro maior do que 1,5 cm, ao passo que raízes abaixo deste limite podem ser mapeadas desde que estejam presentes em concentração espacial suficiente para afetar a refletividade do sinal.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio através do Processo 2016/25929-0, integrante do projeto temático “Nordeste: uma nova ciência para um importante, porém negligenciado bioma” (Processo 2015/50488-5). J.L.P. também agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio através do processo 303731/2017-6). A.B. também agradece ao *Natural Environment Research Council of the UK* (processo NE/N012550/1). Os autores agradecem a Ernande C. Santos, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da USP, pelo apoio na aquisição de dados em campo, e a Jonathan Lloyd, do *Imperial College London*, Magna S. B. Moura, Joabe Almeida, Euvaldo Jr. e Herica Fernanda, da Embrapa Semiárido, pelo apoio logístico em campo e pelas análises em laboratório.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. R. et al. Analysis of GPR field parameters for root mapping in Brazil's caatinga environment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUND PENETRATING RADAR (GPR), 17., 2018. **Proceedings...** Rapperswil: IEEE, 2018. p. 1-6.
- BUTNOR, J. Monitoring tree roots over time with GPR. In: SYMPOSIUM ON THE APPLICATION OF GEOPHYSICS TO ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS, 24., 2011. **Proceedings...** Charleston: Society of Exploration Geophysicists, 2011. p. 193-199.
- CUI, X. et al. Estimating tree-root biomass in different depths using ground-penetrating radar: Evidence from a controlled experiment. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 51, n. 6, p. 3410-3423, 2013.
- GUO, L. et al. Calibrating the impact of root orientation on root quantification using ground-penetrating radar. **Plant and soil**, v. 395, n. 1-2, p. 289-305, 2015.