

CARACTERIZAÇÃO DE SEÇÕES EM 2D DE GPR (GROUND PENETRATING RADAR) PARA IDENTIFICAÇÃO DE MANCHAS DE ÓLEO

Data de aceite: 02/06/2023

Katarina Marti Pinto

Universidade Federal do Amazonas

Joemes de Lima Simas

Universidade Federal do Amazonas

ABSTRACT: Ground Penetrating Radar (GPR) is a high-resolution subsurface imaging technique. GPR is a non-destructive technique and can therefore be applied in urban and sensitive environments. GPR has many geological applications, such as high-resolution imaging of shallow soil and rock structures, locating buried channels, and mapping the water table. Thus, this project aims to analyze GPR sections (radargrams) in order to characterize oil stains. Finally, interpretation of the data sections will be performed to characterize the presence of oil stains in the GPR sections (radargrams).

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização; GPR; Manchas de óleo

1. INTRODUÇÃO

O Ground Penetrating Radar (GPR), é uma técnica geofísica que utiliza ondas eletromagnéticas de alta frequência para

investigar o subsolo (KEAREY, 2010). O GPR consiste em um transmissor que emite pulsos de ondas eletromagnéticas de alta frequência que se propagam no solo e são refletidas por interfaces entre diferentes materiais ou camadas no subsolo.

Um receptor registra os sinais refletidos e a profundidade em que essas interfaces se encontram é calculada com base no tempo que as ondas levam para serem transmitidas e retornarem ao receptor. É utilizado em diversas aplicações, como na investigação geológica, na detecção de objetos e estruturas no subsolo, na análise da composição do solo e no estudo de processos geotécnicos, entre outros (PORSANI, 1995).

A aquisição de dados do GPR é realizada através da utilização de um equipamento específico, que consiste em uma antena que emite e recebe as ondas eletromagnéticas, um sistema de controle e aquisição de dados e um dispositivo de armazenamento de dados (BRAGA, 2016). O procedimento de aquisição dos dados do GPR pode variar dependendo do

tipo de aplicação e do terreno em que a técnica será utilizada. É necessário preparar o terreno para garantir que a antena do GPR possa ser deslocada com facilidade e que não haja interferências na propagação das ondas eletromagnéticas, como objetos metálicos ou áreas com alta umidade (ARAÚJO,2004).

Essa aquisição dos dados do GPR é realizada deslocando a antena sobre a superfície do terreno em linhas paralelas. O equipamento emite pulsos de ondas eletromagnéticas e registra os sinais refletidos pelas camadas e interfaces no subsolo. Para obter uma imagem tridimensional do subsolo, é necessário adquirir os dados em diferentes direções e em diferentes profundidades (ANNAN & COSWAY,1992). Após a aquisição dos dados, é necessário processá-los para obter imagens e perfis que possam ser interpretados.

O processamento pode incluir a aplicação de filtros para remover ruídos, a correção de distorções na imagem e a integração dos dados em um modelo tridimensional. Os dados processados são interpretados para identificar as camadas e interfaces no subsolo e extrair informações relevantes para a aplicação em questão.

A interpretação de dados de GPR é baseada na imagem e, portanto, é necessário compreender a natureza e origem das reflexões para se obter uma interpretação segura.

Cada conjunto de refletores com configurações semelhantes corresponde a uma fácies de radar, e cada conjunto de refletores concordantes, limitados por superfícies discordantes, constitui uma unidade de radar (VAN OVERMEREN, 1998).

As fácies de radar se referem às diferenças visíveis nos padrões de reflexão de uma seção de GPR. Tanto as feições texturais como estruturais em subsuperfície influenciam as respostas do radar e produzem efeitos característicos nas observações de radar. Estes efeitos são chamados de elementos de fácies de radar. Os mais comuns são: 1) amplitude da reflexão; 2) continuidade da reflexão; 3) configuração da reflexão; e 4) geometria (VAN OVERMEREN, 1998).

2 . OBJETIVOS

Objetivo geral: Analisar as seções de GPR (radargramas) a fim de caracterizar manchas de óleo otimizando assim sua identificação em casos de contaminação de solo ou água de subsuperfície por hidrocarbonetos.

Específicos:

- Realizar pesquisa bibliográfica referente às seções de GPR (radargramas);
- Coletar dados da literatura ou dados disponibilizados pela ANP ou outras agências;
- Analisar e interpretar as seções adquiridas;
- Identificar as manchas de óleo a partir das características do radargrama.

3 . METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse projeto, serão feitas pesquisas bibliográficas em livros, artigos, teses, entre outros materiais que abordem temas como: método gpr (radar de penetração do solo), análise e interpretação de dados gerados através do uso do GPR, os dados obtidos para essa análise será baseado em estudos já realizados, com o propósito de ilustrar uma situação concreta.

A metodologia envolve a aquisição e utilização de seções de GPR denominadas de radargramas (imagens) que nada mais é do que a assinatura geofísica do processo de aquisição onde é possível realizar a análise e interpretação das respostas adquiridas.

A partir da aquisição das seções a próxima etapa é a separação com relação à presença ou não de óleo, a fim de se iniciar o processo de caracterização das imagens (radargramas). A interpretação dos radargramas será baseada nas descrições encontradas na literatura e no princípio físico de funcionamento e propagação das ondas eletromagnéticas.

Por fim a identificação das seções (radargramas) com manchas de óleo das que não apresentam nenhum vestígio do produto (limpos) serão selecionadas para a determinação de suas características corroborando com o processo de descrição da subsuperfície em casos de contaminação do solo ou água de subsuperfície

4 . RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a revisão bibliográfica do tema foi possível encontrar um software gratuito (com código aberto) o RGPR, desenvolvido especificamente para o processamento de dados de radar de penetração no solo (GPR), na Figura 1 abaixo observa-se a interface do software.

Figura 1 - Interface do software RGPR



The image shows the interface of the RGPR software. On the left, there is a dark sidebar with a circular logo containing the letters 'RGPR' and a white waveform. Below the logo, the text 'Lar' is visible, followed by a list of menu items: 'Importar dados GPR', 'Plotar dados GPR', 'Processamento básico de dados GPR', 'Processamento de tubos', 'Ajuste de hipérbole', 'Desconvolução de dados GPR', 'Dados GPR gratuitos', and 'RGPR na web'. At the bottom of the sidebar, there are social media links: 'Siga-nos no Twitter' and 'Visualize o Projeto no GitHub' with the URL 'emanuelhuber/RGPR'. On the right side of the interface, there is a section titled 'Tutoriais' with a numbered list of 12 items, including 'Importar dados GPR', 'Plotar dados GPR', 'Processamento básico de dados GPR', 'Processamento de tubos', 'Adicione coordenadas aos dados GPR', 'Interpolação de fatia de tempo/profundidade', 'Migração de dados GPR', 'Ajuste de hipérbole', 'Deconvolução', 'Algumas explicações sobre as aulas do RGPR', 'Dados GPR gratuitos para download', and 'RGPR na web'. Below the tutorials, there is a section titled 'Como instalar/carregar' with a numbered list of 4 steps: 'Baixe R do site R Cran e instale-o.', 'Opcionalmente, instale um editor R:' (with sub-items for 'RStudio (recomendado)', 'RKward', and 'Notepad++ combinado com NppToR'), 'Abra o editor R (por exemplo, Rstudio)', and 'InstalarRGPR'. At the bottom right, there is a code block with the following R code:

```
if(!require("devtools")) install.packages("devtools")
devtools::install_github("emanuelhuber/RGPR")
```

Fonte: produzida pelo autor

O uso do software RGPR é feito na linguagem R, então para manipular os dados de RGPR, foi desenvolvido um código em linguagem R, aproveitando as bibliotecas disponíveis para processamento de dados geoespaciais e radar. Na página oficial do software (RGPR) <https://emanuelhuber.github.io/RGPR/>, foi possível observar as etapas para a manipulação dos dados de gpr. Essas etapas compreendem o seguinte: Importar dados; plotar dados; processamento básico e avançado; ajuste de hipérbole e deconvolução de dados.

A partir dos códigos disponibilizados na página é possível importar os dados brutos, realizar a correção dos dados obtidos, e converter os dados para um formato adequado para análise posterior. Para a realização do processamento dos dados foi necessária a aquisição das informações de valores de GPR de uma empresa privada que disponibilizou os mesmos para o andamento do projeto.

De posse dessas informações foi necessária a identificação do formato do arquivo, afim de realizar o processamento no RGPR. Na etapa de importação dos dados adquiridos foram considerados os dados no formato .dzt esse formato corresponde ao utilizado pela *Geophysical Survey Systems, Inc.* (GSSI). Para a importação dos dados foi feita a instalação de uma ferramenta disponibilizada no site do software para fazer a leitura do arquivo, conforme a Figura 2.

Figura 2 - ferramenta de instalação

```
# install "devtools" if not already done
if(!require("devtools")) install.packages("devtools")
devtools::install_github("emanuelhuber/RGPR")
# load RGPR in the current R session
library(RGPR)
```

Fonte: produzida pelo autor

Posteriormente, foram utilizados os códigos disponibilizados no site do software para fazer a abertura dos dados, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Códigos de importação para a abertura dos dados em .DZT

Para ler os dados GPR, digite

```
x <- readGPR(dsn = "XLINE00.DT1")
plot(x)
```

Fonte: produzida pelo autor

Incluindo junto ao código da figura acima o caminho do arquivo para que o software encontre o arquivo no diretório pessoal para ser feita a abertura das imagens. No entanto, não obtivemos sucesso com o código fornecido pelo site, pois o código disponibilizado apresentou várias falhas ao ser processado pelo R.

Como segunda opção de abrir os dados em formato de imagens, foi utilizado o software Rstudio, na tentativa de abrir as imagens em .dzt, foi realizado todo o processo de instalação conforme o site do RGPR, e a utilização dos mesmos códigos usados anteriormente na tentativa de abertura das imagens, mas não conseguimos obter nenhum resultado.

Com isso, foi realizado um estudo em cima do código para identificar os possíveis erros e realizar assim as devidas modificações para uma terceira tentativa de abrir as imagens, com isso foi observado que havia um erro na leitura dos arquivos, o código fornecido pelo site não era compatível para abrir as imagens. Então foi necessário construir um novo código para fazer a abertura das mesmas, utilizando apenas a instalação (Figura 3) para a leitura de RGPR fornecida pelo site, como mostra a Figura 4, a seguir:

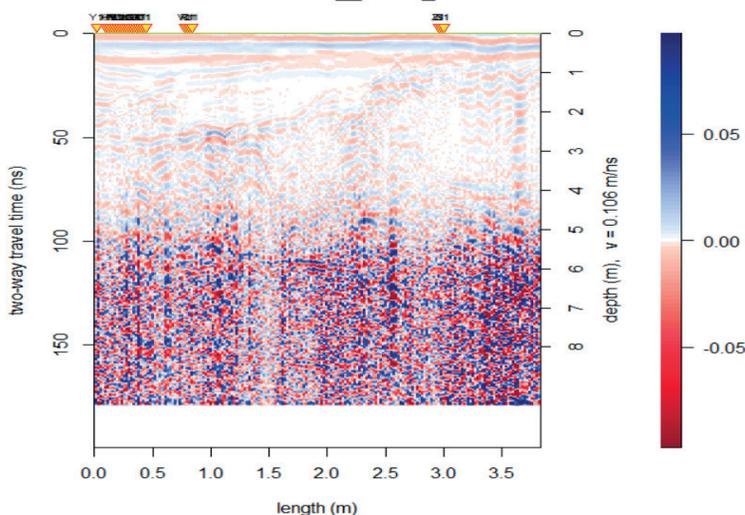
Figura 4 - Código autoral desenvolvido para a abertura das imagens

```
> library(tools)
>
> # Escolher um arquivo usando GUI
> fn <- file.choose()
>
> # Verificar o caminho do arquivo
> print(fn)
[1] "C:\Users\hyago\Desktop\IMAGENS 2D\DTI"
>
> # Ler o arquivo (substitua 'seu_formato_de_arquivo' pela extensão correta)
> if (file.exists(fn) && tolower(tools::file_ext(fn)) %in% c('dti', 'dzt', 'rd3', 'sgy', 'segy', 'rds', 'iprb', 'iprb', 'dat', 'agpr', 'dt', 'vol', 'seg2', 'sq2', 'out')) {
+ x <- readGPR(dsn = fn)
+ plot(x)
+ } else {
+ cat("Arquivo não reconhecido ou não encontrado.\n")
+ }
```

Fonte: produzida pelo autor

Após a utilização deste novo código desenvolvido na tentativa de abrir as imagens, foi possível processar os arquivos e verificar que as imagens foram processadas com sucesso pelo software, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Imagem gerada pelo software através da utilização do novo código criado para processar os dados



Fonte: produzida pelo autor

5 . CONCLUSÕES

A partir das imagens geradas (radargramas) foi possível identificar as principais feições texturais e a identificação de estruturas em subsuperfície que podem influenciar nas respostas do radar. Os elementos de fácies de radar identificados nos radargramas foram: 1) amplitude da reflexão; 2) continuidade da reflexão e 4) geometria.

Para a finalização do projeto serão feitos os processamentos básicos e avançados de dados a fim de concluir o projeto para o mês de agosto de 2024 conforme previsto.

6 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMUI, S. (2010). Petróleo e gás natural para executivos: exploração de áreas, perfuração e completação de poços e produção de hidrocarbonetos. Rio de Janeiro: Interciência.

ANNAN, A. P. & Cosway, S. W. (1992). Ground Penetrating Radar Survey Design. Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems. SAGEEP'92, April 26-29, 1992, Oakbrook, IL, pp. 329-35.

ARAÚJO, Z. A. (2004). Levantamento e processamento de dados de radar de penetração no solo (GPR) em um afloramento da Bacia de Resende - RJ. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 48p.

AMINZADEH, F. & Dasgupta, S. (2015). Geofísica para engenheiros de petróleo. Rio de Janeiro: Elsevier.

KEAREY, P.; Brooks, M.; & Hill, I. (2009). Geofísica de Exploração. São Paulo: Oficina de textos.

KELLER, G. V. (1987). Rock and mineral properties. In M. N. Nabighian, Ed., Electromagnetic methods in applied geophysics-Theory: Soc. Expl. Geophys.

PORSANI, J. L. & Rodrigues, A. R. (1995). O método GPR aplicado à caracterização de reservatórios: um exemplo na Bacia Potiguar-RN. In: Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 4, 1995, Rio de Janeiro. Resumos expandidos, Rio de Janeiro: SBGf, v.2, p.843-845.

PORSANI, J. L. (1999). Ground penetrating radar (GPR): proposta metodológica de emprego em estudos geológico-geotécnicos nas regiões de Rio Claro e Descalvado-SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da UNESP, Campus de Rio Claro-SP, Brasil, 145p.

POWERS, M. H. (1997). Modeling frequency dependent GPR: The Leading Edge. 16, p. 1657-1662.

OVERMEREN, R. A. (1998). Radar Facies of unconsolidated sediments in the Netherlands: a radar stratigraphy interpretation method for hydrogeology. Journal of Applied Geophysics. 40 (1-3): 1-18.

7 . AGRADECIMENTOS

Ao PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC)/PROPESP/UFAM, especialmente a UFAM pela concessão da bolsa de Iniciação Científica e a Professora Doutora Joemes de Lima Simas que coordena o Laboratório de Petrofísica do curso de Engenharia de Petróleo onde a pesquisa foi realizada sob sua orientação.