Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v5,2023/05
ISSN 2178-6925

AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS DE RADAR DE PENETRAÇÃO NO SOLO EM UMA ÁREA DE FOSSA SÉPTICA PARA DETERMINAÇÃO DE POSSÍVEIS ÁREAS DE CONTAMINAÇÃO EM SUBSUPERFICIE. SANTARÉM, BRASIL

DATA ACQUISITION AND PROCESSING OF GROUND PENETRATING RADAR IN THE AREA OF SEPTICTRUCKS FOR DETERMINING POSSIBLE CONTAMINATION AREAS IN SUBSUPERFACE. SANTARÉM, BRAZIL

Erverlon Bruno Da Paixao Chaves

Mestrando em Geofísica Aplicada, Universidade de Brasília - UnB, Brasil

E-mail:erverlon.chaves@aluno.unb.br

Euler Paixao Chaves

Mestrando em Engenharia Química, Universidade Federal do Pará - UFPA, Brasil

E-mail:eulerpchaves@gmail.com

Raimundo Nonato Colares Carneiro

Doutor em Geofísica, Universidade Federal do Pará - UFPA, Brasil

E-mail:nonatocolares@gmail.com

Recebimento 28/03/2023 Aceite 08/05/2023

Resumo

O GPR (Ground Penetrating Radar) é um equipamento geofísico utilizado para localizar objetos enterrados e imagear a organização das interfaces geológicas em subsuperfície, utilizando ondas de rádio de altas frequências, por este emitidas, com frequências que podem variarentre1 Hertz (Hz) e 1GHz (10^{6} Hz). A profundidade de penetração destas ondas depende do meio e da frequência da antena utilizada. Com objetivo de avaliar sua eficácia no estudo de hidrogeologia e geotecnia, realizou-se levantamento GPR na área situada na unidade Tapajós da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) para determinar a presença de efluentes (fossa séptica) assim como determinar sua direção de fluxo e estado de consevação da alvenaria da fossa séptica.O levantamento realizado compreendeu a execução de perfis de reflexão, o aparelho GPR utilizado durante o reconhecimento geofísico da área de estudo foi o GSSI 3000.**Palavras-chave:** GPR; Métodos Eletromagnéticos; Contaminação por Efluentes

Abstract

The Ground Penetrating Radar (GPR), or Georadar, is a geophysical equipment used to locate objects underground or geological interfaces on the subsurface of the earth. This machine sends radio waves of high frequency, which varies between 1 Hertz (Hz) and 1 GHz (10 6Hz). The depth depends on the way and the frequency of the antenna using the method issued, repeatedly, small electromagnetic wave pulses, taking into account the properties of the geological material. The study area is situated on the Tapajos unit of the Federal University of West Para (UFOPA) the location of the disposition of the effluents (septic tank). The collection realized understands the execution of the reflection of the profile, the GPR used during the geophysical recognition of the study area was the GSSI 3000.
Keywords: GPR; Eletromagnetic methods; effluent contamination

1. Introdução

O GPR é um equipamento que emite ondas de rádio para localizar objetos enterrados e determinar a feição das interfaces geológicas em subsuperfície. O fundamento físico do GPR consiste na propagação de campos eletromagnéticos gerados por uma antena dipolar, denominada, antena transmissora (Sx), colocada sobre a superfície da Terra, que ao ser excitada por uma diferença de potencial elétrico passa a emitir ondas eletromagnéticas para o meio investigado. O sinal captado através da reflexão da energia eletromagnética através das estruturas em subsuperfície é realizada por antenas receptoras (Rx) que coletam os dados e armazenam no disco rígido, plotando-os simultaneamente na tela do computador portátil que fica acoplado no equipamento. Nesta tela são plotadas as seções que fornecem os tempos de reflexão das ondas e informações a respeito do meio.

A profundidade de penetração depende do meio e da frequência da antena utilizada. No caso de antenas de 270 MHz a 400 MHz, a profundidade poderá atingir os 5 metros. Um fator limitante de profundidade de penetração da onda eletromagnética é a atenuação do sinal, que ocorre devido a perda gradual de energia à medida que as ondas refletem e transmitem nas interfaces dos meios. O georadar tem grande empregabilidade em estudos hidrogeológicos, devido auxiliar na localização do nível de lençol freático e na delimitação de plumas de contaminantes, como por exemplo, em áreas de lixões, postos de combustíveis e

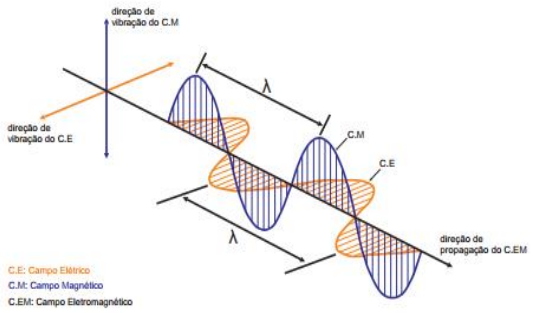
fossas sépticas. Além disto, possui rápida aplicação e baixo custo financeiro, quando comparado com as demais metodologias geofísicas.

2. Revisão da Literatura

2.1 Teoria Eletromagnética

Um campo eletromagnético é um campo formado pelos campos vetoriais E (vetor campo elétrico) e B (vetor campo magnético), conforme mostra a (Fig.1).

Figura 1 – Onda eletromagnética. Os campos elétrico e magnético vibram perpendicularmente à direção de propagação da onda eletromagnética



A fonte do campo elétrico é formada pela densidade de carga elétrica ρ = Q/V onde Q é a quantidade de carga elétrica, dada em Coulomb e V é o volume, dado em metro cúbico. Por outro lado, a fonte do campo magnético é formada pela densidade de corrente elétrica J = i/A, onde i é a corrente elétrica, dada em Ampère e A é área, dada em metro quadrado. As constantes eletromagnéticas são a constante dielétrica no vácuo ε0 e a permeabilidade magnética no vácuo μ0. A relação entre estas duas constantes são dadas pela expressão:

$$\varepsilon_0 = c^2 / \mu_0,$$

onde c = 2,997 · 108 metros por segundo é a velocidade da luz no vácuo. O valor da permeabilidade magnética no vácuo é μ0 = 4π ·10 -7 (Henry por metro).

2.2 Métodos Geofísicos

Nas últimas décadas, observa-se um elevado número de pesquisas que vêm sendo desenvolvidas abordando como assunto principal a utilização de métodos geofísicos para a investigação de contaminação do subsolo e mais especificadamente na detecção de plumas de contaminantes. (DANIELS J. J.; ROBERTS, 1995), fizeram o uso do georadar

para localizar plumas de contaminação perto da superfície, confirmando que a tecnologia é capaz de fornecer informações de contaminantes de hidrocarbonetos na zona vadosa.

(CARVALHO, 2006) idealizou aplicar métodos geofísicos como a eletrorresistividade e GPR para detectar e mapear áreas contaminadas, objetivando difundir a aplicação destas tecnologias geofísicas.

(BENSO, 1995) aplicou a tecnologia do “Ground Penetrating Radar” para estudos hidrogeológicos, localização da superfície freática, delimitação e localização da pluma de contaminantes, reservatórios e tubulações enterrados.

(ALMEIDA F. M., 2007) usou a técnica de “Radar de Penetração em solo” em perímetros sujeitos a percolação de contaminantes derivados de hidrocarbonetos que tinham origem de vazamentos de tanques de posto de combustíveis.

(AQUINO, 2000) realizou trabalhos aplicados ao diagnóstico do solo e das águas subterrâneas em área de infiltração de resíduos industriais com a utilização de tecnologias geofísicas eletromagnéticas.

(MONTEIRO, 1997) na sua dissertação de mestrado no MTARH.DM-004A/97 realizou a aplicação do Georadar em estudos de percolação e dispersão de efluentes de fossas sépticas no solo.

(DOMINGUES, 2010) fez o emprego do Radar de Penetração para levantamentos e investigações na área da geotécnica e ambientais.

(SANTOS A. R.; GRIEP, 2008) realizaram estudos para detectar plumas de contaminação por hidrocarbonetos no subsolo fazendo o uso do método radar de penetração do solo.

(PORSANI, 1999) empregou o método do GPR em estudos geológico-geotécnicos nas regiões de Rio Claro e Descalvado – SP.

(NASCIMENTO C. T. C.; KOIDE, 1998) realizaram o emprego do georadar a fim de identificar porções do subsolo com elevada condutividade elétrica, relacionadas possivelmente com a percolação de efluente de fossa séptica.

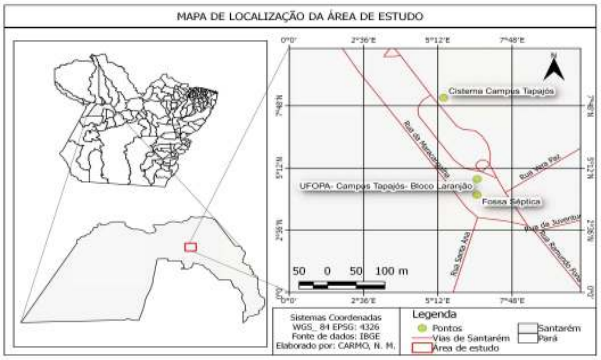
3. Metodologia

3.1 Área de Estudo

A área de estudo situa-se na Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) especificamente na Unidade Tapajós. Inicialmente foi realizado o reconhecimento do local onde se situa a maior fossa séptica da universidade que tem dimensão

4x9m. Está fossa séptica encontra-se a nordeste do prédio conhecido como “laranjão”, pois a mesma, está construída sobre uma geologia litológica não apropriada para receber esse tipo de depósito de resíduo e por ainda tratar de uma construção antiga, de aproximadamente 70 anos. Foi elaborado um mapa no QGis versão 2.18 (Las Palmas) da área escolhida mostrando o posicionamento do prédio “laranjão”, da fossa séptica e da cisterna (poço profundo), como mostrado na (Fig.2).

Figura 2 – Mapa de localização



3.2 Método

Os Métodos Geofísicos Eletromagnéticos consistem em várias técnicas para se determinar a distribuição geométrica das propriedades elétricas na subsuperfície para fins de estudos geológicos, sejam eles, na prospecção mineral, na exploração de hidrocarbonetos e de água subterrânea, estudos ambientais ou em geotectônica. O fundamento teórico dos métodos eletromagnéticos se resume na identificação da simetria entre o campo gerado pelo transmissor, a forma do receptor e a estrutura do meio geológico.

Portanto, a partir de pesquisas bibliográficas da área de estudo concluiu-se que a tecnologia de georadar foi amplamente aplicada em trabalhos parecidos e que a mesma pode dar resultados satisfatórios, levando-nos a dar início ao estudo e na aplicação do método eletromagnético na mesma.

O interesse em desenvolver a pesquisa neste local, partiu da curiosidade em verificar como estaria a estrutura física da fossa séptica e verificar uma possível infiltração no solo, visto que, se trata de uma fossa séptica antiga, e assim como em outras construções no município de Santarém – PA, não houve estudo de impactos de vazamento de fossas sépticas no lençol freático e, para reforçar o interesse em desenvolver o trabalho, existe uma cisterna localizada a alguns metros do local de

estudo que abastece a IES, pois a unidade Tapajós possui uma lotação de pouco mais de 800(oitocentos discentes) e um quadro funcional de cerca de 300 servidores incluindo professores, técnicos e terceirizados, que fazem o uso direto ou indiretamente da água que vem da cisterna. Por estarem muito próximas uma da outra pode haver uma possível contaminação desta água, fato este que preocupa a comunidade interna e externa.

Por este motivo percebeu-se a grande necessidade de se fazer esse estudo direcionado a este tema. Para isto, foi demarcada uma área para fazer o levantamento de 5mX10m e que resultou em um grid 10mx20m, com linhas nos eixos x e y espaçadas de 0,50m em 0.50m (meio e meio metro) e, portanto, verificar se ocorre possível contaminação na área de estudo (Fig.3).

Figura 3 – Fossa Séptica da UFOPA.O levantamento da fossa séptica teve o como objetivo identificar se a mesma estaria liberando para o solo plumas de contaminação.



Os dados coletados segundo um “grid 3D” foram processados e analisados em laboratório. O equipamento utilizado durante o reconhecimento geofísico da área de estudo foi o GSSI 3000, fabricado pala GSSI. Este equipamento consiste 6 itens; 2 antenas, 1 unidade transmissora, 1 unidade receptora, 1 unidade de controle e 1 microcomputador portátil. A frequência de operação é selecionada conectando as antenas ao equipamento. O trabalho de campo correspondeu a realização de um grid 3D e na execução de 30 perfis utilizando o GSSI 3000.

Utilizaram-se para este levantamento geofísico as antenas de 270 MHz espaçadas de poucos centímetros que conseguem atingir de acordo com seu manual até 6 m de profundidade a depender das propriedades físicas do meio. A distância

entre cada ponto de leitura ao logo dos perfis foi de 0,50 metros. A técnica usada para a coleta dos dados de georadar foi a técnica de afastamento comum (*common offset*), onde o par de antenas (blindadas para minimizar os problemas associados à interferência de ruídos externos) é deslocado com velocidade constante ao longo de cada linha desenhada na superfície(grid). Os perfis foram adquiridos com o auxílio de um veículo plástico equipado com odômetro, para regular a distância percorrida em cada linha do grid.

3.3 Laboratory Measurements

Devido às interações das ondas EM pulsadas pelo georadar com as interfaces em subsuperfície, ocorre um salto elástico nas propriedades físicas das camadas, como se essas interfaces fossem lâminas que separam os diferentes meios.

A consequência destas interações com as interfaces são os eventos de reflexão e transmissão que a onda eletromagnética sofre, e de acordo com o princípio da conservação da energia, parte da energia transmitida é dissipada no meio por diversos fatores, entre eles, o espalhamento geométrico. Além disso, pode ocorrer saturação dos registros devido a grandes amplitudes das ondas aéreas ou diretas, que acabam interferindo nos sinais de correntes das refrações e reflexões. Para compensar estas perdas ou diminuição na relação sinal/ruído, devem ser feitos alguns procedimentos de intervenção nos dados adquiridos. Estes procedimentos são denominados processamento do sinal eletromagnético.

O processamento dos dados teve como objetivo principal apresentar um imageamento que possa melhor ser interpretado. Os perfis adquiridos a partir do levantamento no campo (na área de fossa séptica) foram processados utilizando-se o programa ReflexW (licença estudantil). Neste processamento levou-se em considerações as seguintes etapas do processamento básico que serão mencionas e descritos de forma resumida, conforme descrito a seguir:

Correção estática (Set Time Zero) esta etapa de processamento faz o ajuste da chegada da onda aérea ao tempo igual a zero. Pois, o tempo que a onda leva para ir da antena transmissora à receptora gera uma janela vazia, e com a realização desta etapa elimina-se a janela vazia fazendo com que o início dos registros coincida com a topografia do terreno.

Remoção do ganho de cabeçalho (header gain) este remove o ganho que foi inserido no equipamento do georadar durante a realização do trabalho de campo. Ganho vertical nesta etapa do processamento ocorre a compensação dos efeitos da atenuação do ground penetrating radar, melhorando a visualização de estruturas e seções geológicas que apresentam sinal muito fraco, através das funções ganhos. Remoção do background é um filtro passa-alta, pois, este é capaz de remover os sinais de baixa frequência e realçar os refletores inclinados e pontuais.

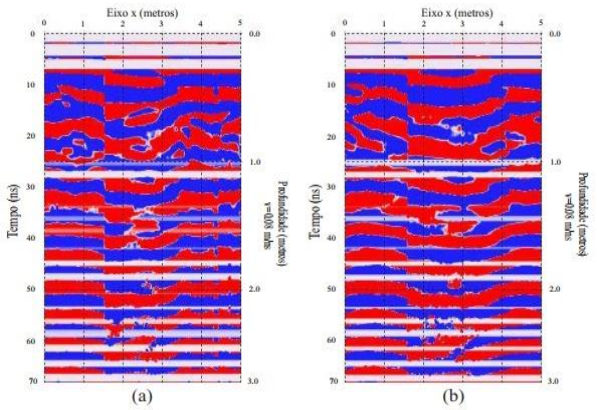
Running average (média corrida) é um filtro que realiza uma média móvel em um número de traços escolhidos. Ele é aplicado para enfatizar os refletores e a continuidade lateral de refletores horizontais.

Conversão do tempo em profundidade uma vez conhecida a velocidade da onda eletromagnética do meio geológico, e tendo em vista que o GPR fornece o tempo de viagem da onda EM, logo é possível converter a escala de tempo em escala de profundidade, através da equação do tempo duplo (v = 2h/t).

4. Resultados e Discussão

Após a realização das etapas descritas, foi possível realizar a interpretação dos dados GPR, observando as 32 linhas, separadas de 4 em 4 slides. As linhas 1 a 4 estão mostradas na (Fig.4), nas quais não se observa nenhuma contaminação abaixo da fossa séptica.

Figura 4 - No eixo x: linhas de 1 a 4. Não há contaminação detectada nestas linhas.



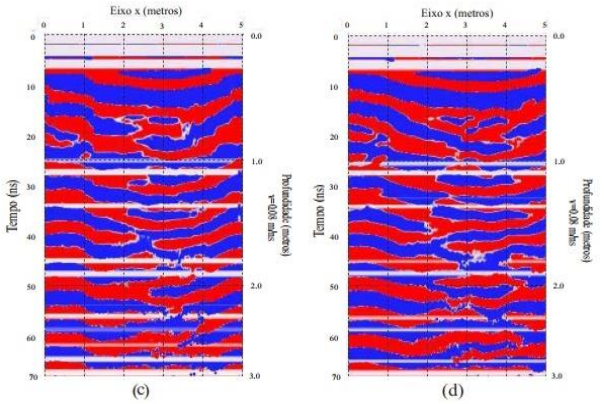
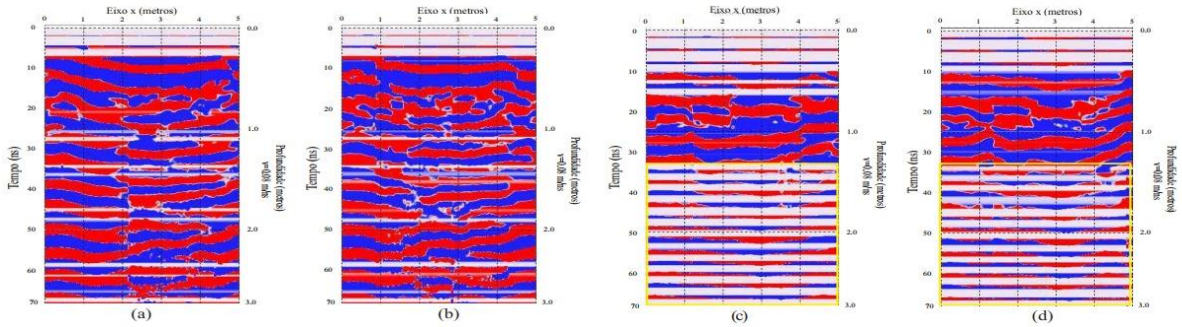
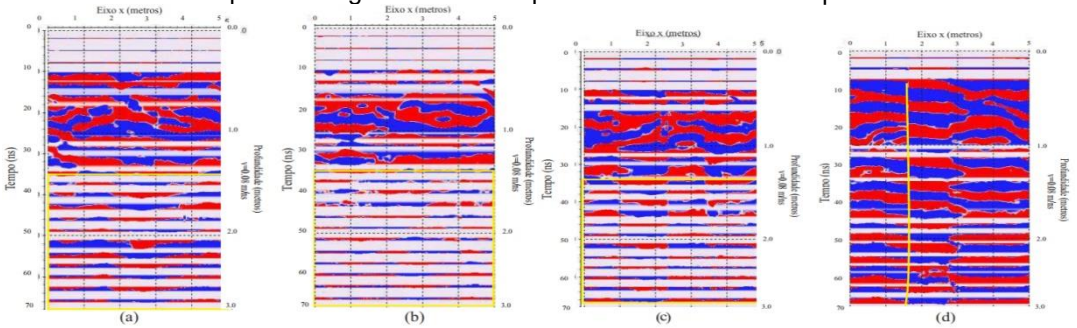


Figura 4.1 - No eixo x: linhas de 5 a 8. Há contaminação detectada nas linhas 7 e 8, destacada pelo retângulo amarelo a partir de 1.40 metros de profundidade.



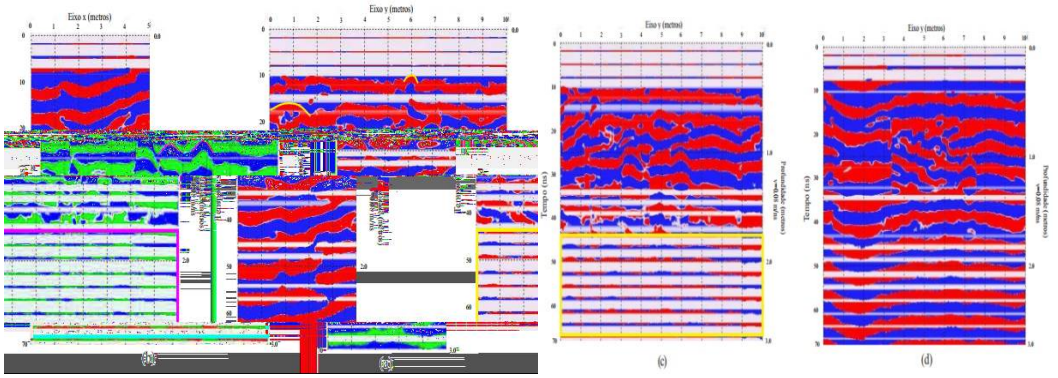
As linhas 9 a 12 estão mostradas na Figura 4.2, nas quais se observa, nas linhas 9, 10 e11, contaminação na profundidade de 1.40metros, destacada pelo retângulo amarelo.

Figura 4.2 - No eixo x: linhas de 9 a 12. Há contaminação detectada nas linhas 9, 10 e 11, destacada pelo retângulo amarelo a partir de 1.40 metros de profundidade



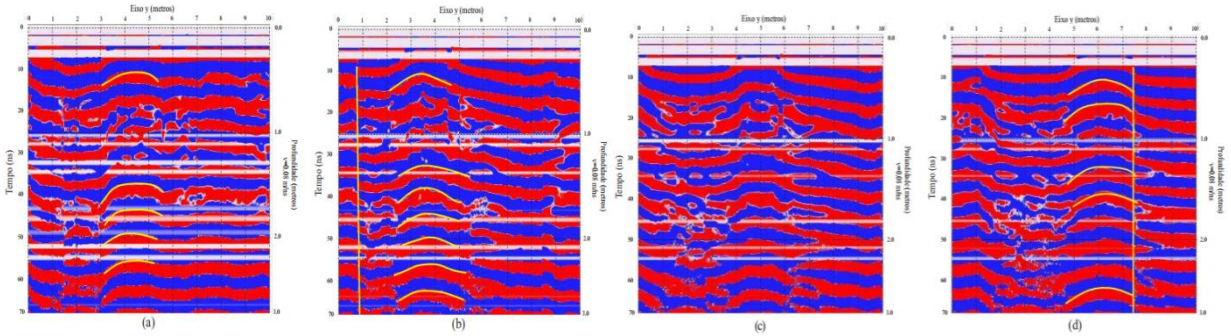
Nas linhas de 13 a 20 do eixo x não há contaminação detectada em nenhuma delas.

Figura 4.3-No eixo x: linha 21. No eixo y: linhas 22 a 24. Não há contaminação detectada nas linhas 21 e 24, mas há nas linhas 22 e 23, na profundidade de 1.7 metros.



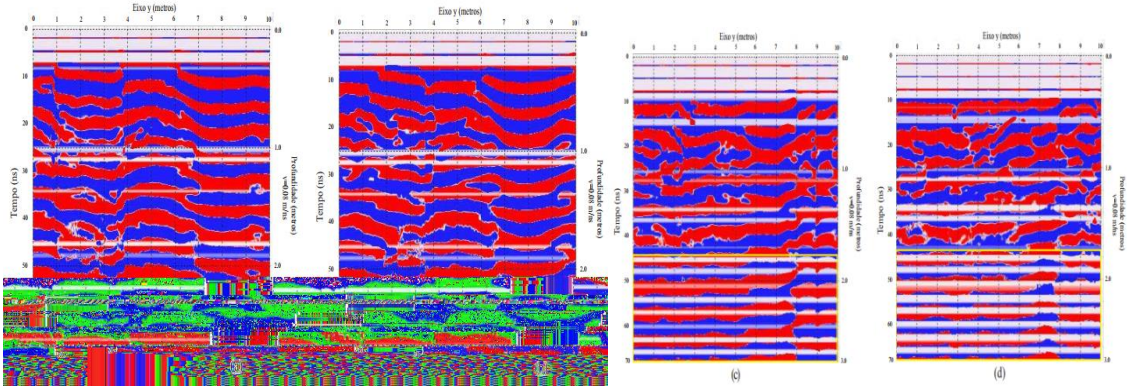
As linhas 25 a 28 correspondentes ao eixo x, não se observa contaminação em nenhuma delas.

Figura 4.4- No eixo y: linhas 25 a 28. Não há contaminação detectada nestas linhas. Mas é possível perceber o imageamento da tubulação que leva os dejetos até a fossa séptica que esta destacada em amarelo.



As linhas 29 a 32 estão mostradas na (Fig.4.5), onde se observa pouca contaminação nas linhas 31 e 32, na profundidade de 1.8 metros.

Figura 4.5 - No eixo y: linhas 29 a 32. Há contaminação detectada nas linhas 31 e 32.



Para visualizar de maneira mais clara estes resultados, analisemos os cubos de dados gerados a partir dos dados processados como mostra as figuras abaixo.

Figura 4.6 - As regiões mais claras são regiões de contaminação, pois absorvem bastante o sinal da onda eletromagnética.

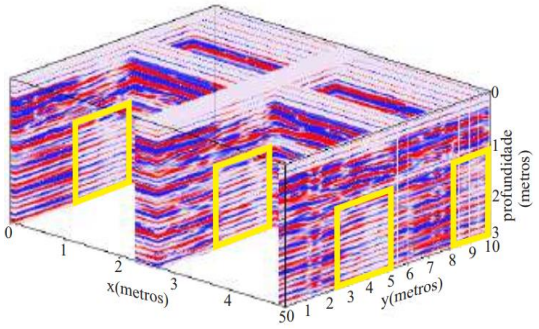


Figura 4.7 - mostra outro cubo de dados evidenciando a presença de região contaminada ao longo do eixo x, cobrindo dois metros no eixo y, inciando em 3 metros e terminado em 5 metros. As regiões mais claras são regiões de contaminação, pois absorvem bastante o sinal da onda eletromagnética.

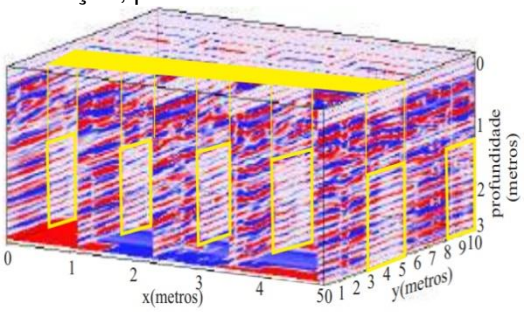
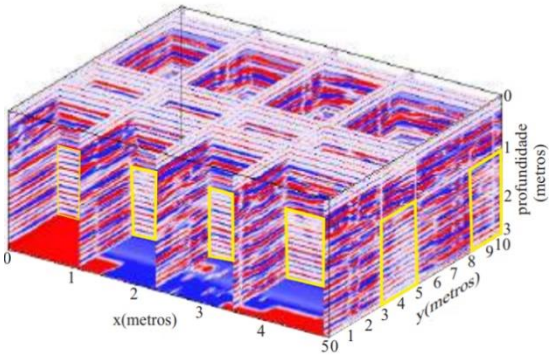


Figura 4.8 - mostra as regiões contaminadas ao longo do eixo y. As regiões mais claras são regiões de contaminação, pois absorvem bastante o sinal da onda eletromagnética.



5. Conclusão

Após levantamento GPR realizado na área de estudo, pode-se observar a atenuação do sinal eletromagnético captado pela antena receptora e desenhado nos perfis de determinadas linhas do radargrama. É sabido que está atenuação do sinal se dá, entre outros fatores a regiões que se apresentam contaminadas por plumas de contaminantes. Após realização do processamento e interpretação dos dados GPR, pode-se constatar que algumas linhas da área de pesquisa apresentam característica descrita no parágrafo anterior. Estas linhas são as linhas mostradas nas figuras 4.1 C e D; da 4.2 A, B e C correspondentes ao eixo (X) que mostraram possível contaminação a uma profundidade de 1.40 m. Nas linhas correspondentes

ao eixo (Y) da figura 4.3 B e C observou-se possível zona de contaminação a uma profundidade de 1,7m que são observáveis na figura, também foi constada pouca contaminação nas linhas da Figura 4.5 C e D com uma maior profundidade de 1,8 m.

Uma maneira de ratificar as observações realizados no parágrafo anterior é visualizar as sessões 3D obtidas a partir do levantamento 2D, que mostram de forma mais precisa as zonas de contaminação. A partir dos cubos de dados apresentados nas figuras 4.6; 4.7 e 4.8 pode-se observar regiões mais claras em subsuperfície. Estas são as zonas de contaminação, pois absorvem bastante o sinal da onda eletromagnética, sendo possível concluir que há contaminação por efluentes, provavelmente, devido a infiltração destes na caixa da fossa séptica.

Referências

ALMEIDA F. M., S. D. M. L. J. G. Contaminação por hidrocarbonetos em postos de serviços de abaetetuba- pa:um estudo com georadar.4 o pdpetro, campinas, sp. 2007.

AQUINO, V. F. Métodos geofísicos eletromagnéticos aplicados ao diagnóstico do solo e das águas subterrâneas em área de infiltração de resíduos industriais. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 121pp, 2000.

BENSO, A. K. Applications of ground penetrating radar in assessing some geological hazards: examples of groundwater contamination, faults, cavities. v. 33, p. 177 – 193, 1995.

CARVALHO, D. S. A geofísica no mapeamento de áreas contaminadas.ii workshop gestão integrada: Risco e sustentabilidade. centro universitário senac/são paulo. 2006.

DANIELS J. J.; ROBERTS, R. V. M. Ground penetrating radar for the detection of liquid contaminants. v. 33, p. 195–207, 1995.

DOMINGUES, D. L. P. Emprego do radar de penetração (gpr) em investigações geotécnicas e ambientais: monografia. Programa de Graduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade do Rio de Janeiro., 2010.

MONTEIRO, M. P. Estudos de percolação e dispersão de efluentes de fossas sépticas no solo:dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Departamento

de Engenharia Civil, Brasília, Distrito Federal., 1997.

NASCIMENTO C. T. C.; KOIDE, S. P. A. C. B. Análise geofísica, por meio do gpr, do espalhamento de efluente de fossa séptica no subsolo: X congresso brasileiro de água subterrânea. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil, 1998.

PERSICO, R. Introduction to ground penetrating radar: inverse scattering and data processing. New Jersey: Wiley IEEE Press, 1969. 400 p.

PORSANI, J. L. Ground penetrating radar (gpr): Proposta metodológica de emprego em estudos geológico- geotécnicos nas regiões de rio claro e descalvado-sp. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Campus de Rio Claro-SP, Brasil., 1999.

SANTOS A. R.; GRIEP, G. H. Detecção de plumas de contaminação por hidrocarbonetos no subsolo através do método radar de penetração do solo (gpr):monografia. Universidade Federal do Rio Grande. Laboratório de Oceonografia geológica. Programa de Recursos Humanos da agência nacional de petroléo., 2008.