Aquisições geoelétricas multieletródicas para caracterização hidrogeofísica na Chapada dos Veadeiros

Gabriel Simões Ribeiro Guimarães Freitas[1], Maria Luísa Nogueira Nascimento[1], Heitor Valentim Rampini Veiga[1], Teotônio Menezes Macedo[1], Marcelo Henrique Leão-Santos[1], Rodrigo de Almeida Heringer[2], Luciano Soares da Cunha[1], Welitom Rodrigues Borges[1]
[1]Universidade de Brasília – UnB, [2]Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
simoes.ogfreitas@gmail.com

Copyright 2024, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no IX Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 08 a 10 de outubro de 2024. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do X SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

A Chapada dos Veadeiros, um paraíso natural localizado no coração do Brasil, abriga reservatórios subterrâneos de água doce que alimentam as bacias hidrográficas dos rios Tocantins e Paraná. Assim, a gestão dos recursos hídricos é fundamental para garantir a preservação desse patrimônio natural e o bem-estar das comunidades que habitam a região. As investigações geofísicas e geológicas desempenham um papel crucial nessa gestão, e fornecem informações detalhadas sobre a dinâmica e a qualidade das águas subterrâneas, bem como a vulnerabilidade dos aquíferos associados. Os métodos geofísicos aplicados a investigações hidrogeológicas mostram elevada eficiência na determinação da profundidade da água subterrânea, estimativa dos conteúdos de água no solo, na definição das características hidrodinâmicas dos aquíferos e na aferição das espessuras das camadas geológicas (Binley et al., 2015). Neste trabalho utilizou-se o método da eletrorresistividade para estimar a profundidade da água subterrânea em uma área próxima ao Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. Na pesquisa realizaram-se investigações 2D com os arranjos dipolo-dipolo, polo-dipolo, Wenner e Wenner-Schlumberger, nas proximidades de um poço de monitoramento de nível da água. Os resultados indicaram que os melhores arranjos para mapear a interface entre o solo e a água foram os arranjos Wenner e Wenner-Schlumberger.

Introdução

O Cerrado, segundo maior bioma da América Latina, possui uma rica biodiversidade e belezas naturais inigualáveis, sendo fundamental para o equilíbrio ambiental do planeta. Entre suas características marcantes, destacam-se a presença de aquíferos, reservatórios subterrâneos de água doce que abastecem comunidades e garantem a vida em suas diversas formas.

Na região da Chapada dos Veadeiros, localizada no coração do Cerrado goiano, os aquíferos assumem um papel de extrema relevância. Sua água pura e cristalina, brotando de nascentes e cachoeiras, alimenta importantes rios, como o Rio Tocantins e o Paraná, e irriga paisagens exuberantes, nutrindo a rica flora e fauna local.

No entanto, a crescente demanda por água para agricultura, indústria e dessedentação animal, aliada às consequências das mudanças climáticas, coloca em risco a sustentabilidade dos aquíferos da Chapada dos Veadeiros. A busca por soluções eficazes para monitorar e avaliar a disponibilidade de água subterrânea torna-se crucial para garantir a preservação desse recurso vital.

Neste contexto, a eletrorresistividade se destaca por sua simplicidade, baixo custo e capacidade de fornecer informações detalhadas sobre a distribuição espacial da água subterrânea. Baseando-se na medição da resistência elétrica do terreno, que se altera de acordo com a presença de água, tipo de solo e características geológicas. Através de sondagens geoelétricas, é possível estimar sua profundidade e identificar áreas com potencial para captação.

Para interpretar os dados obtidos torna-se fundamental a compreensão da geologia e da pedologia da região. As características geológicas e pedológicas mais importantes para as análises hidrogeológicas e geofísicas são a composição mineralógica, a geometria dos aquíferos, a compactação das camadas, o conteúdo de água nos poros, a transmissividade hidráulica, a capacidade de recarga e armazenamento, bem como a quantidade de sólidos totais dissolvidos na água.

Ao combinar a eletrorresistividade com outras técnicas de investigação, como poços perfurados e análises químicas da água, é possível obter um panorama eficiente dos recursos hídricos da região. Essa abordagem multidisciplinar possibilita a identificação de áreas com potencial para captação de água de qualidade, a avaliação do impacto de atividades humanas nos aquíferos e a formulação de estratégias eficazes para a gestão sustentável dos recursos hídricos da Chapada dos Veadeiros.

Metodologia/ Problema Investigado

O método da eletrorresistividade possibilita a determinação da resistividade elétrica aparente dos materiais a partir da diferença de potencial gerada em subsuperfície ao injetar uma corrente elétrica direta na superfície. A condutividade elétrica influencia diretamente o fluxo de corrente elétrica no meio. A maioria dos minerais formadores de rochas são resistivos, portanto, a corrente elétrica é transportada principalmente por íons na água presente nos poros das rochas. Essa condução

é conhecida como condução eletrolítica ou iônica. (Reynolds, 2011)

O presente estudo tem como foco a técnica de caminhamento elétrico (CE), visto que, para os estudos hidrogeológicos, é interessante obter um modelo de subsuperfície bidimensional (2D) com variação vertical e lateral dos valores de resistividade aparente. Dentre as problemáticas da eletrorresistividade, determinar qual dos arranjos multieletródicos existentes respondem melhor ao objetivo de investigação é essencial, uma vez que o arranjo escolhido define os eletrodos de injeção de corrente influenciando os pontos de medida de potencial no subsolo, portanto, o imageamento 2D do subsolo será distinto para cada tipo de arranjo (Lima, 2022).

A determinação do melhor arranjo para a identificação do conteúdo de água foi feita a partir da comparação entre os 4 arranjos mais utilizados em estudos hidrogeológicos: Dipolo-Dipolo (DD), Polo-Dipolo (DP), Wenner (WN) e Wenner-Schlumberger (WS) (Loke, 2004). Para isso, escolheu-se uma área de cerrado, próxima a uma vereda, nas proximidades do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros para fazer as aquisições dos 4 arranjos ao longo de uma linha de caminhamento elétrico, paralela ao curso d'água e ortogonal as estruturas geológicas (figura 1).

Figura 1: Imagem georreferenciada (obtida com aeronave remotamente pilotada) com a localização das linhas de eletrorresistividade obtidas na primeira campanha de campo.

A elaboração dos protocolos de aquisição de dados de eletrorresistividade ocorreu no programa *Electre Pro* da *Iris Instruments*. Os protocolos previam o uso de 72 eletrodos espaçados em 1 metro de distância, tensão máxima de saída de 800V, e níveis de profundidade de investigação igual a 26 (DD), 32 (PD), 11 (WN) e 18 (WS). As aquisições de resistividade elétrica ocorreram com o equipamento *SYSCAL PRO 72*, fabricado pela *Iris Instruments*. Concomitante às aquisições geofísicas, houveram a perfuração de 4 poços de monitoramento para a obtenção da profundidade da água subterrânea, e determinação das tipologias pedológicas e litológicas da área.

Resultados

Acerca da geologia, as rochas aflorantes pertencem à Formação Serra da Boa Vista (Campos et al., 2004), representada por quartzitos com intercalações de metarritmitos. Os solos na área de estudo variam entre plintossolos (figura 2), mais a sul, na base da Serra da Boa vista e organossolos, mais próximos do curso d'água de direção WSW-ENE. O poço de monitoramento foi instalado aproximadamente na metade da linha do caminhamento elétrico.

A modelagem inversa dos dados de eletrorresistividade ocorreram no software Res2Dinv. Além da modelagem do arranjos por si só, fez-se todas as combinações duplas dos arranjos: DD+PD, DD+WN, DD+WS, PD+WN, PD+WS e WN+WS (figura 3).

A maior profundidade investigada foi do arranjo Polo-Dipolo, com 12,3 metros, seguido dos arranjos Dipolo-Dipolo e Wenner-Schlumberger com 7,8 metros e a menor profundidade foi de 6,75 metros do arranjo Wenner.

O arranjo Dipolo-Dipolo tem variação expressiva de resistividade, registrando valores entre 5.000 e 30.000 Ohm.m, já o Polo-Dipolo apresenta valores de resistividade entre 4.500 e 12.500 Ohm.m, o arranjo Wenner tem menor variação, com valores entre 3.000 e 9.500 Ohm.m e o Wenner Schlumberger registra valores que variam entre 2.500 e 10.500 Ohm.m.

Os arranjos que melhor delimitaram a interface solo e água foram PD, DD+WN e DD+WS; o contato entre o horizonte AB é transicional e quase todos os arranjos, com exceção do DD, conseguiram registrar a mudança na resistividade. O horizonte plíntico é ainda mais resistivo que os horizontes sobrejacentes, é bem delimitado nos arranjos PP, DD+PD, DD+WN e DD+WS; esses mesmos arranjos delimitam muito bem o saprólito, que por sua vez, encontra-se úmido e com valores menos resistivos que o horizonte plíntico. O contato entre solo e rocha é marcado pelo aumento da resistividade gradual até a base do poço de monitoramento.

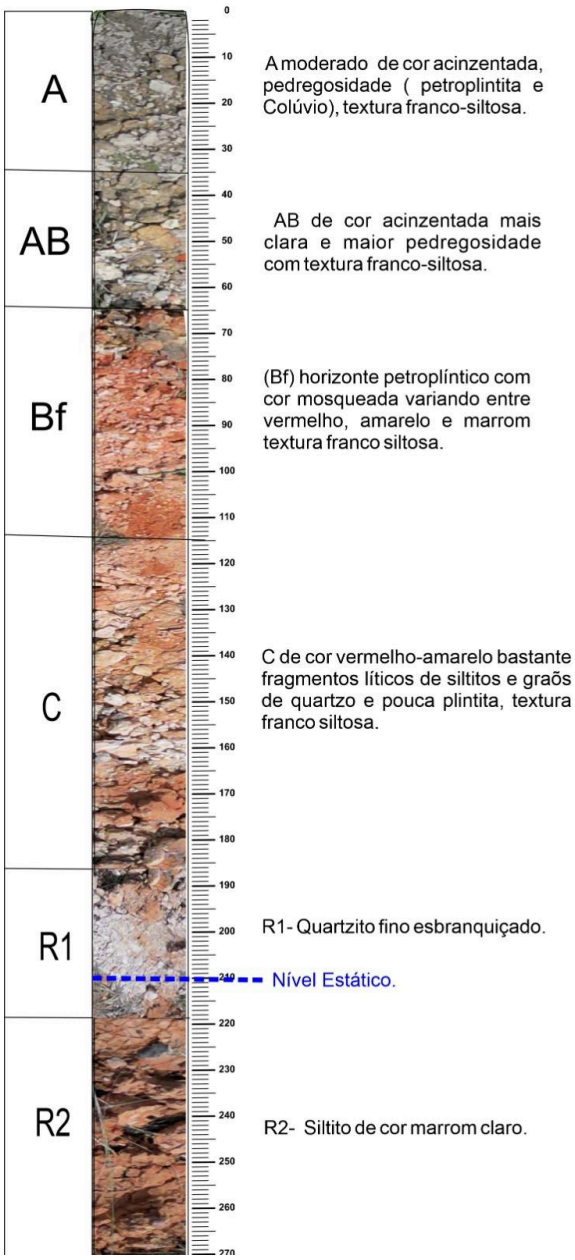


Figura 2: Imagem das amostras recuperadas durante a perfuração do poço de monitoramento, classificado como um plintossolo

Discussão e Conclusões

Com base nos dados processados, apresentados neste trabalho, elaborou-se uma tabela (tabela 1) para determinar a eficiência em delimitar os horizontes do solo e o nível freático, os valores 1 indicam que o arranjo delimitou bem as interfaces, enquanto que valores 0 indicam que a interface não foi bem delimitada. Os arranjos com maior pontuação são os considerados mais eficientes para a caracterização hidrogeofísica, sendo eles: PD, DD+PD, DD+WN e DD+WS, sendo que os 2 últimos possuem pontuação máxima.

A campanha de aquisições eletrorresistivas auxiliarão campanhas futuras para perfurar locais que baseados nos dados obtidos por modelagem inversa, terão sucesso em encontrar o lençol freático.

Arranjo	NE	A	AB	Bf	C	R	Total
DD	0	1	0	0	0	0	1
PD	1	1	1	1	1	0	5
WN	0	1	1	0	0	0	2
WS	0	1	1	0	0	0	2
DD+PD	0	1	1	1	1	1	5
DD+WN	1	1	1	1	1	1	6
DD+WS	1	1	1	1	1	1	6
PD+WN	0	1	1	0	0	0	2
PD+WS	0	1	1	0	0	0	2
WN+WS	0	1	1	0	0	0	2

Tabela 1: tabela contendo os melhores arranjos que delimitaram os horizontes e o nível freático (NE)

Agradecimentos

Os autores agradecem ao projeto da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e Fundação Grupo Boticário, “Caracterização hidrogeológica-geofísica de infiltração de água no solo em vegetações de cerrado preservado e áreas de queimadas por incêndios no Nordeste Goiano (Chamada Pública 04/2021 - Soluções para Conservação da Natureza no Nordeste Goiano) pelo financiamento dos trabalhos de campo, equipamentos e programas de informática.

Agradecemos também aos amigos, Lucas Serafim Fonseca, Genesson Delmondes e Julia Nabuco; funcionários do Instituto de Geociências da UnB Antônio Mendes de Carvalho e Péricles de Brito Macedo que nos auxiliaram nas atividades de campo, obrigado pela disposição.

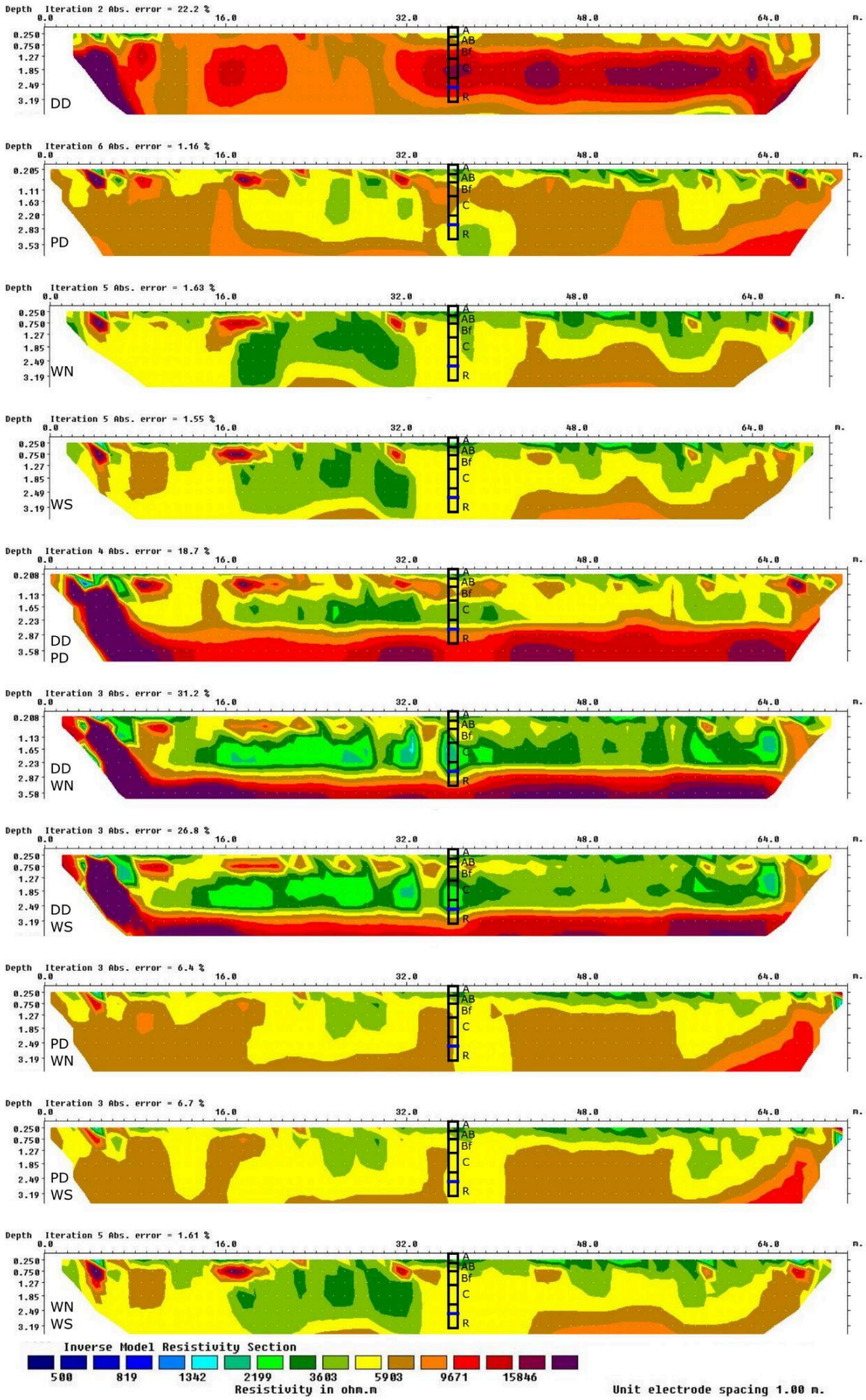
Referências

Binley, A., Hubbard, S. S., Huisman, J. A., Revil, A., Robinson, D. A., Singha, K., & Slater, L. D. (2015). The emergence of hydrogeophysics for improved understanding of subsurface processes over multiple scales. Water resources research, 51(6), 3837-3866.

Vilarinho, Gustavo Xavier et al.2023. Groundwater Level Variation Analysis Using Hydrogeophysical Methods in an Area of Campo Sujo in Cerrado, Chapada dos Veadeiros Region, Goiás. Brazilian Journal of Geophysics, v. 41, n. 1.

Lima, V. B. O. 2022. Caracterização da camada de resíduos sólidos no antigo Aterro Controlado do Jockey Clube a partir de dados sísmicos e de eletrorresistividade. Dissertação de Mestrado nº

188/PPGGAG, Instituto de Geociências da Universidade de Brasília.
Campos, J.E.G; Dardenne, M.A; Freitas-Silva, SH; Martins-Ferreira, M.A.C. 2013. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. Brazilian Journal of Geology, v. 43, n. 3, p. 461-476.
Reynolds, John M. 2011. An introduction to applied and environmental geophysics / John M. Reynolds – 2nd ed.
Telford, W. M. 1990. Applied geophysics / W. M. Telford, L. P. Geldart, R. E. Sheriff. – 2nd ed.


Depth Iteration 2 Abs. error = 22.2 %
DD
Depth Iteration 6 Abs. error = 1.16 %
PD
Depth Iteration 5 Abs. error = 1.63 %
WN
Depth Iteration 5 Abs. error = 1.55 %
WS
Depth Iteration 4 Abs. error = 18.7 %
DD PD
Depth Iteration 3 Abs. error = 31.2 %
DD WN
Depth Iteration 3 Abs. error = 26.8 %
DD WS
Depth Iteration 3 Abs. error = 6.4 %
PD WN
Depth Iteration 3 Abs. error = 6.7 %
PD WS
Depth Iteration 5 Abs. error = 1.61 %
WN WS
0.0 16.0 32.0 48.0 64.0 m.
A AB Bf C R
Inverse Model Resistivity Section
500 819 1342 2199 3603 5903 9671 15846
Resistivity in ohm.m
Unit electrode spacing 1.00 m.