

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **AVALIAÇÃO TEMPORAL DA RESISTIVIDADE ELÉTRICA COMO UMA FERRAMENTA DE MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO**

*Pedro Henrique Alves de Oliveira<sup>1</sup>; João Vitor Dias Cerqueira<sup>2</sup>; Samuel Erick Barbosa Vitorino<sup>3</sup>; Andreia de Almeida<sup>4</sup> & Carlos Tadeu Carvalho Nascimento<sup>5</sup>*

**Abstract:** The study evaluates the use of the direct current geophysical method to monitor variations in soil moisture based on electrical resistivity. The research was conducted at Faculdade UnB Planaltina (FUP), near the university restaurant, where there is a rainwater infiltration ditch. Three measurement sections were made over time (September 2023, November 2024, and June 2025), using the Wenner array and RES2DINV software for analysis. The results showed that the electrical resistivity of the soil varies significantly according to moisture. The conductive anomalies observed along the measurement line were associated with the presence of the infiltration trench and moisture accumulated in materials such as gravel and concrete. The research confirmed the sensitivity of the method to seasonal changes in humidity and demonstrated its effectiveness as a fundamental tool for environmental monitoring, with indications for application in areas of interest for studies.

**Resumo:** O estudo avalia o uso do método geofísico de corrente contínua para monitorar variações de umidade do solo, a partir da resistividade elétrica. A pesquisa foi realizada na Faculdade UnB Planaltina (FUP), próxima ao restaurante universitário, onde existe uma vala de infiltração de águas pluviais. Foram feitas três seções de medição ao longo do tempo (set/2023, nov/2024 e jun/2025), utilizando arranjo de Wenner e o software RES2DINV para análise. Os resultados mostraram que a resistividade elétrica do solo varia significativamente de acordo com a umidade. As anomalias condutivas observadas ao longo da linha de medição foram associadas à presença da vala de infiltração e à umidade acumulada em materiais como brita e concreto. A pesquisa indicou a sensibilidade do método frente às mudanças de umidade e demonstrou sua eficácia como ferramenta fundamental para o monitoramento ambiental, com indicação para aplicação em áreas de interesse de estudos.

**Palavras-Chave** – Monitoramento Ambiental, método elétrico de Corrente continua, Distrito Federal.

## **1. INTRODUÇÃO**

O método elétrico de corrente contínua é voltado à investigação da resistividade elétrica, isto é, da resistência à indução de corrente elétrica em subsuperfície (Telford et al., 1990). A resistividade elétrica é uma propriedade física inversamente proporcional ao volume de água presente no solo ou rocha e ao conteúdo de material em solução na água (Orellana, 1972). No caso dos solos, a dimensão

<sup>1</sup> Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina (FUP), opedrohe3@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina (FUP), jvd.cerqueira@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina (FUP), samuel\_erick@hotmail.com

<sup>4</sup> Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina (FUP), andreia.almeida@unb.br

<sup>5</sup> Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina (FUP), carlostadeu@unb.br

das partículas constituintes também tem influência no valor da resistividade, uma vez que, quanto menor seu tamanho, mais umidade será retida e, portanto, os valores de resistividade elétrica serão reduzidos. Além disso, esse parâmetro varia em função da porosidade e resistividade do fluido contido nos poros do solo (Loke, 2000; Asry et al., 2012).

A aquisição de dados de resistividade é uma prática consolidada nas áreas de mineração e investigação geotécnica, sendo recente sua utilização em estudos ambientais (Telford et al., 1990; Asawa, 2009; Bazin e Pfaffhuber, 2013). De acordo com Asry et al. (2012), o interesse crescente pelos recursos hídricos subterrâneos ocasionou estudos intensivos a respeito da geometria e das propriedades dos aquíferos, com papel de relevância para aplicação dos métodos geofísicos, especialmente na identificação da profundidade da água subterrânea. Devido à dificuldade de monitoramento direto das estruturas subsuperficiais, Brievré et al. (2012) ressaltam a importância da associação de dados hidrogeológicos e hidrogeofísicos no estudo do comportamento da água no solo.

Besson et al. (2010), por sua vez, descreveram a dinâmica de água no solo a partir do monitoramento temporal e espacial de alta resolução da resistividade elétrica em escala de campo. Oliveira et al. (2024) identificaram anomalias condutivas compatíveis com a presença de valas utilizadas para a disposição de águas pluviais ao aplicarem o método elétrico de corrente contínua no campus da UnB de Planaltina, DF. O método elétrico de corrente contínua tem se mostrado adequado ao estudo do comportamento da água nas zonas não saturada e saturada do solo (Asry et al., 2012; Calamita et al., 2012; Chukwauma et al., 2015), somando-se a aplicações na identificação e delimitação de plumas de contaminantes (Nascimento et al., 2004; Eunice et al., 2011; Donohue et al., 2015).

Métodos hidrogeofísicos, conforme denominam Behroozmand et al. (2015), suprem o custo efetivo e a densidade espacial de informação acerca do comportamento da água no solo quando comparados com uma caracterização hidrogeológica direta, por exemplo, a partir da perfuração de poços de monitoramento. Os métodos convencionais são invasivos e fornecem dados pontuais, uma vez que aspectos financeiros e de tempo limitam o número de locais de medição e a descrição dos parâmetros de interesse na escala de campo (Besson et al., 2010).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi demonstrar a aplicabilidade do método elétrico de corrente contínua para a avaliação de variações temporais na umidade do solo, tendo como estudo de caso um transecto no campus da UnB situado em Planaltina, Distrito Federal (Faculdade UnB Planaltina – FUP).

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

O presente trabalho foi realizado na Faculdade UnB Planaltina, especificamente na área próxima ao restaurante universitário (RU) (Figura 1). Nesse local, os edifícios da universidade contam com um sistema de captação de águas pluviais, composto por estruturas de concreto preenchidas com brita (Figura 2). Essas estruturas, dispostas em formato retangular com dimensões aproximadas de 16,0 m x 0,70 m, têm como função facilitar a infiltração da água no solo (Oliveira et al., 2024).

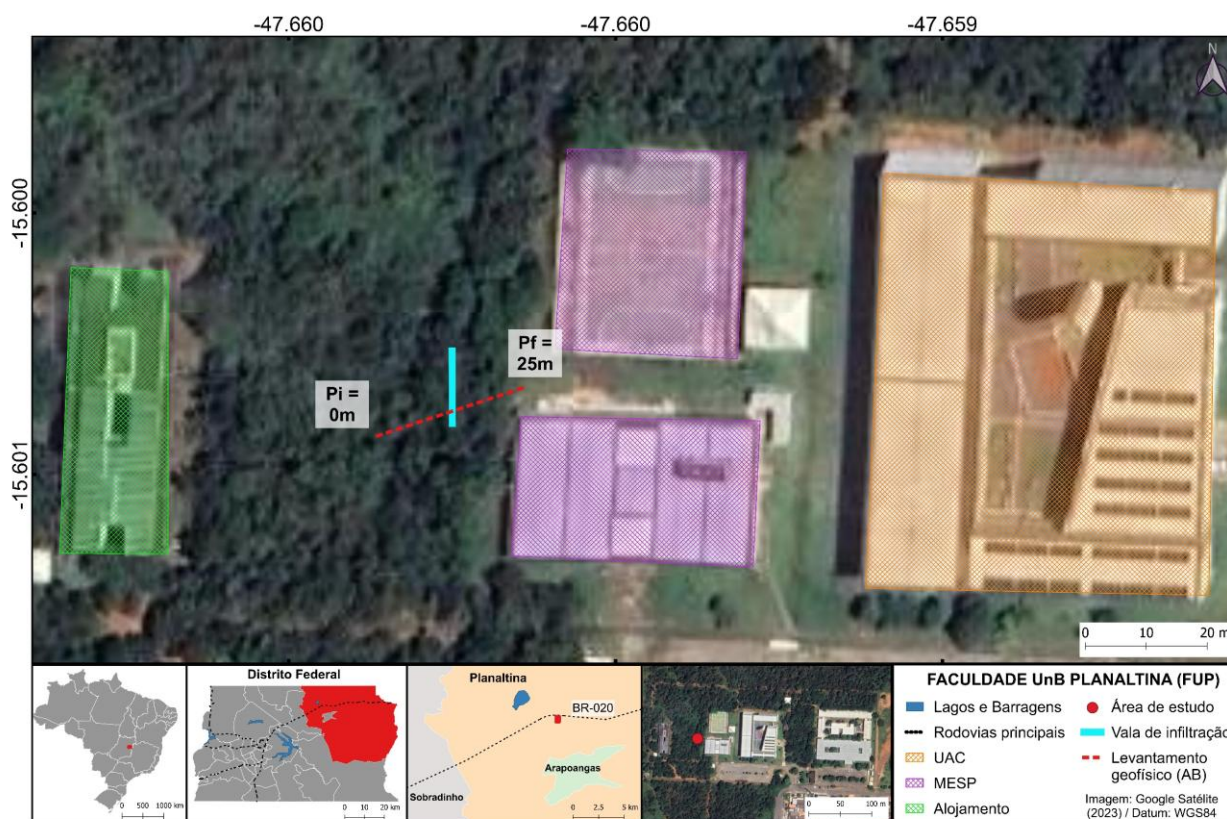


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, com indicação do transecto definido para o levantamento geofísico (Ponto inicial –  $P_i = 0m$ ; Ponto final –  $P_f = 25m$  de extensão).

## 2.2 Metodologia

De acordo com o trabalho anterior de Oliveira et al., (2024) sendo a vala de infiltração a área de interesse do estudo, como um local em potencial para avaliação do método de corrente contínua, o estudo teve como metodologia o traçado de uma linha ortogonal a vala (Figura 2), por meio da técnica de caminhamento elétrico, que disponibiliza dados de resistividade elétrica em diferentes profundidades no formato de seção bidimensional vertical, com arranjo de Wenner.

Para a aquisição de dados em campo, foi definida a disposição linear de eletrodos no solo, com distanciamento de 1 metro cada ao longo da linha de 25 metros, ocasionando em 87 pontos de medição, com profundidades teóricas de investigação entre 0,5 m e 3 m. Utilizou-se o equipamento resistivímetro Geopulse (Campeus Geophysical Instruments) para o levantamento geofísico nas datas de 27/09/2023, 06/11/2024 e 18/06/2025. Com os dados obtidos, a inversão dos valores de resistividades, através do software RES2DINV (Loke e Barker, 1995; Loke e Barker, 1996).

O estudo também contou com um levantamento topográfico na área do estudo geofísico, utilizando um nível a laser (Bosch Trena Laser GLM 50-27 C) (Figura 3), com o objetivo de obter os dados de elevação ao longo da linha de 25 metros de eletrodos, com a resolução espacial a cada 1m. Os dados topográficos foram associados aos modelos geoeletricos para obtenção de seções corrigidas pela topografia. Essa etapa ocorreu por meio de interpolação no software R.





Figura 2. Vala de infiltração.



Figura 3. Nível a laser, Bosch Trena Laser GLM 50-27C.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos geoeletricos obtidos apresentaram valores de  $\rho$  entre 1000 Ohm.m e 20000 Ohm.m (Figura 4). Predominaram duas anomalias resistivas ao longo do transecto monitorado, com valores de  $\rho$  acima de 5000 Ohm.m, entre 0 e 10 m e próximo aos 15 m de extensão do transecto, no sentido Pi – Pf. Ocorreram ainda porções predominantemente condutivas ( $\rho$  inferior à 2000 Ohm.m) a partir da posição 10 m, coincidindo com a posição da vala de infiltração e possivelmente associada à maior

concentração de umidade do solo e/ou variações na granulometria do material utilizado no preenchimento da vala de infiltração, conforme previamente observado em Oliveira et al. (2024).

A comparação entre os períodos de monitoramento, considerando que foram mantidas as configurações do levantamento geofísico, indicam variações geolétricas no solo possivelmente associadas à variabilidade de umidade do solo (Figura 4). Considerando as alturas precipitadas acumuladas até 15 dias antes dos levantamentos geofísicos, considerando os registros da estação pluviométrica do INMET localizada na Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE), à cerca de 5 km da área de estudo, houve no montante de chuva entre os levantamentos de setembro/2023 (P: 49,8 mm), novembro/2024 (P: 157,8 mm) e junho/2025 (P: 0 mm).

Esses dados indicam que os valores predominantemente reduzidos de resistividade elétrica do solo em novembro de 2024 coincidem com os maiores volumes de chuva, sugerindo que a disponibilidade de umidade no solo pode ter influenciado as medições de resistividade elétrica do solo. Em contraste, no levantamento realizado em junho de 2025, período sem ocorrência de chuvas, foram observados valores de resistividade mais elevados, o que corrobora a interpretação de solo mais seco. Em setembro de 2023, com precipitação moderada, os valores de resistividade apresentaram-se intermediários, refletindo uma condição parcialmente úmida. Portanto, evidencia-se a influência da precipitação recente sobre os valores de resistividade elétrica obtidos, confirmando a sensibilidade do método geolétrico à umidade do solo.

No caso da vala de infiltração, valores reduzidos de  $\rho$  podem estar associados ao acúmulo de umidade do solo proveniente da disposição de águas pluviais captadas no telhado do RU. Contudo, não foram registrados eventos de chuva nos dias imediatamente anteriores ao levantamento geofísico, podendo a anomalia condutiva estar associada às características do material utilizado no preenchimento da vala (brita). Características do material podem explicar ainda a anomalia condutiva observada a partir de 21 m, provavelmente decorrente do acúmulo de umidade do solo no concreto localizado próximo à extremidade B da linha de levantamento geofísico.

A porção predominantemente mais resistiva da seção geolétrica, observada à esquerda da vala de infiltração no sentido do levantamento Pi-Pf, indicou valores característicos de latossolos, classe de solos predominante no DF e que ocorre na área de estudo. Conforme estudos previamente realizados no DF, latossolos apresentam valores de referência para  $\rho$  equivalentes à 20000 Ohm.m (Almeida et al. 2021). Vale ressaltar que tanto os dados derivados do presente estudo quanto aqueles utilizados como referência a partir do trabalho de Almeida et al. (2021) resultaram de levantamentos representativos da estação seca. O monitoramento com o método de resistividade elétrica com lapso de tempo indicou uma variação na resistividade elétrica ao redor dos drenos, permitindo assim a localização de sua posição (Henine et al., 2021).

Diante das três imagens de levantamento de resistividade elétrica nas datas de setembro/2023, novembro/2024 e junho/2025, foi possível identificar uma variação relevante dos valores de resistividade ao longo do espaço tempo. Em setembro concentra alta resistividade ( $>7500 \Omega.m$ ) entre 3 m e 12 m ao longo da linha insinuando solo mais seco e decorrente a partir de 12 m valores mais baixos de resistividade (2500-5000  $\Omega.m$ ). Em novembro/2024 houve uma diminuição significativa de resistividade na parte de 0 a 12 m, possivelmente uma maior taxa de umidade e ou infiltração devido a sazonalidade. Já em junho de 2025 houve uma alta resistividade na porção até 12 m, aumentando os valores ficando acima de 7500  $\Omega.m$ , parecido com o período de setembro/2023. Observando os resultados das três imagens, pode-se inferir que houve influência da concentração de umidade do solo na área de estudo, variando os valores de resistividade em cada um dos anos e meses analisados.



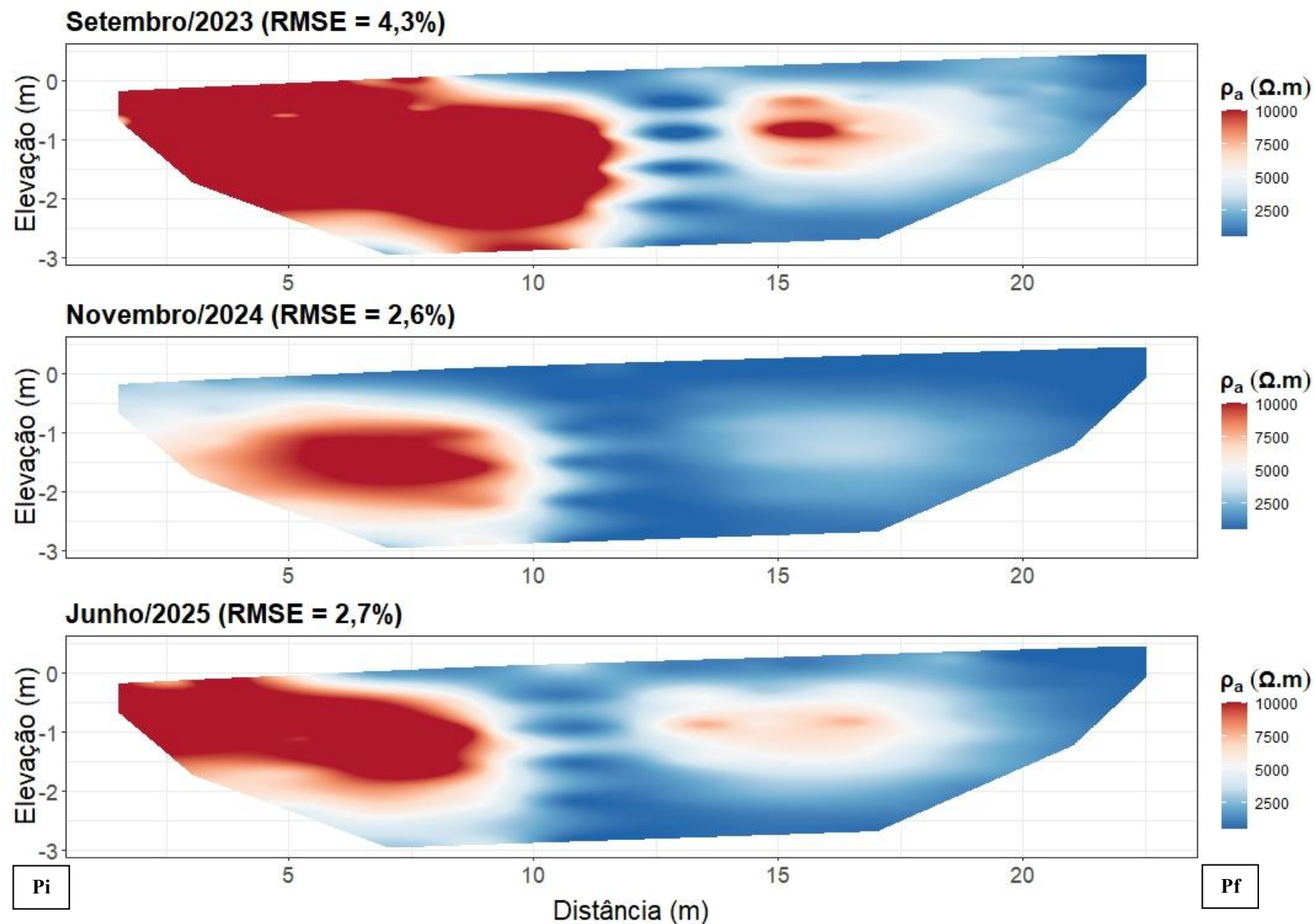


Figura 4. Modelos geolétricos para os períodos analisados (setembro/2023, outubro/2024 e junho/2025), obtidos no sentido Pi-Pf, conforme Figura 1.

#### 4. CONCLUSÕES

O método empregado possibilitou a identificação nas variações consideráveis nos valores de resistividade elétrica ao longo da linha do levantamento, exaltando a presença de anomalias condutivas associados com a área da vala de infiltração. Junto com a análise integrada dos dados geofísicos e os dados topográficos auxiliou a interpretação. Os três levantamentos realizados em períodos diferentes (setembro/2023, novembro/2024 e junho/2025) salientaram que a resistividade do solo pode refletir variações temporais em decorrência de mudanças na umidade do solo, destacando o potencial do método para o monitoramento ambiental da redistribuição de água no solo. Assim, o presente estudo demonstra a eficácia do método elétrico de corrente contínua como uma ferramenta capaz e de baixo impacto para a caracterização do subsolo, colaborando com informações pertinentes para a gestão de sistemas de drenagem em áreas urbanas e ambientais.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Geologia Ambiental, por disponibilizar o equipamento necessário para o levantamento geofísico.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASRY, Z.; SAMSUDIN, A.R.; YAACOB, W.Z.; YAAKUB, J. (2012). Groundwater Exploration Using 2-D Geoelectrical Resistivity Imaging Technique at Sungai. Udang, Melaka. *Journal of Earth Science and Engineering*, v. 2, p. 624-630.
- ASAWA, G.L. (2008). *Irrigation and Water Resources Engineering*. New Delhi: New Age International Limited Publishers. 623 p.
- BAZIN, S.; PFAFFHUBER, A.A. (2013). Mapping of quick clay by electrical resistivity tomography under structural constraint. *Journal of applied geophysics*, V. 98, P. 280-287.
- BEHROOZMAND, A.A.; KEATING, K.; AUKEN, E. (2015). A Review of the Principles and Applications of the NMR Technique for Near-Surface Characterization. *Surv Geophys*, v. 36, p. 27-85.
- BESSON, A.; COUSIN, I.; BOURENNANE, H.; NICOULLAUD, B.; PASQUIER, C.; RICHARD, G.; DORIGNY, A.; KING, D. (2010). The spatial and temporal organization of soil water at the field scale as described by electrical resistivity measurements. *European Journal of Soil Science*, February, v. 61, p. 120-132.
- BRIEVRE, G.; JONGMANS, D.; WINIARSKI, T.; ZUMBO, V. (2012). Application of geophysical measurements for assessing the role of fissures in water infiltration within a clay landslide (Trieves area, French Alps). *Hydrol. Process*, v. 26, p. 2128-2142.
- CALAMITA, G. BROCCA, L.; PERRONE, A.; PISCITELLI, S.; LAPENNA, V.; MELONE, F.; MARAMOARCO, T. (2012). Electrical resistivity and tdr methods for soil moisture estimation in central italy test-sites. *Journal of hydrology*, v. 454-455, p. 101-112.
- EUNICE, V.B.; LUIZ, J.G.; LEAL, L.R.B.; FENZL, N.; MORALES, G.P. (2011). Diagnóstico sobre contaminação das águas subterrâneas na área do parque estadual do Utinga, Belém - PA, pelos métodos elétrico e eletromagnético. *Revista Brasileira de Geofísica*, Brasil, v. 29, n. 4, p. 753-770.
- CASTRO, K. B.; LIMA, L. A. S. Atlas do Distrito Federal. *Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal*, 2020.
- CHUKWUMA E.C.; ORAKWE, L.C.; ANIZOBA, D.C.; AMAEFULE, D.O.; ODOH, C.C.; NZEDIEGWU, C. (2015). Geo-electric Groundwater Vulnerability Assessment of Overburden Aquifers at Awka in Anambra State, South-Eastern Nigeria. *European J. Biot. Bioscience*, v. 3, n.1, p. 29-34.

- DONOHUE, S.; MCCARTHY, V.; RAFFERTY, P.; ORR, A.; FLYNN, R. (2015). Geophysical and hydrogeological characterisation of the impacts of on-site wastewater treatment discharge to groundwater in a poorly productive bedrock aquifer. *Science of the Total Environment*, n. 523, p. 109-119.
- HENINE, H., Tournebize, J., Chaumont, C., Dubois, V., & Clement, R. (2021). Combining time-lapse electrical resistivity tomography and air injection to detect agricultural subsurface drains. *Journal of Applied Geophysics*, 195, 104490.
- INNOCENTI, A., Pazzi, V., Napoli, M., Ciampalini, R., Orlandini, S., & Fanti, R. (2024). Tomografia de resistividade elétrica: uma ferramenta confiável para monitorar a eficiência de diferentes sistemas de irrigação na horticultura. *Journal of Applied Geophysics*, 230, 105527.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Portal oficial. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso verificado em 23 de junho de 2025
- LOKE, M. H.; BARKER, R. D. 1995. Least-squares deconvolution of apparent resistivity pseudosections. *Geophysics*, 60: 1682-1690.
- LOKE, M. H.; BARKER, R. D. 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections using a quasi-newton method. *Geophysical Prospecting*, 44: 131-152.
- LOKE, M.H. (2000). *Topographic modelling in electrical imaging inversion*. In: 62<sup>nd</sup>, EAGE Conference and Technical Exhibition. Glasgow, Scotland.
- NASCIMENTO, C.T.C.; PIRES, A.C.B.; MORAES, R.A.V. (2004). Reconhecimento de solos por meio de resistividade elétrica e radiação gama. *Revista Brasileira de Geociências*, Brasil, v. 34, n. 3, p. 383-392.
- OLIVEIRA, P. H. A. de, Cerqueira, J. V. D., Arêda, I. T., Vitorino, S. E. B., Nascimento, C. T. C. do, & Almeida, A. de. (2024). Método elétrico de corrente contínua aplicado à identificação de vala de infiltração – estudo de caso na Faculdade UnB Planaltina, Distrito Federal. *Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*.
- ROSA, FTG, Moreira, CA, Rosolen, V., Casagrande, M., Bovi, RC, Furlan, LM, & dos Santos, SF (2022). Detecção de zonas de recarga de aquíferos em áreas úmidas isoladas: análise comparativa entre matrizes de tomografia de resistividade elétrica. *Pure and Applied Geophysics*, 179 (4), 1275-1294.
- TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R.E. (1990). *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, Cambridge. 771 p.