

# Caracterização hidrogeofísica das eletrofácies do sistema aquífero quaternário (SAQ) no litoral de Sergipe, Brasil

*Hydrogeophysical characterization of the electrofacies of the quaternary aquifer system (SAQ) in the coastal region of Sergipe, Brazil*

Jéssica Alves Góes<sup>1</sup>, Mariana Fátima Sá de Jesus<sup>2</sup>, Iasmin Hardman Santana<sup>3</sup>,  
Walter Sydney Dutra Folly<sup>4</sup>, Luiz Alberto Vedana<sup>5</sup>, Roger Dias Gonçalves<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe, Sergipe – Brasil, jessicalvesgoes@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Sergipe, Sergipe – Brasil, marianasa534@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Sergipe, Sergipe – Brasil, iasmimhardman@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Sergipe, Sergipe – Brasil, wfolly@academico.ufs.br

<sup>5</sup>Universidade Federal de Sergipe, Sergipe – Brasil, lvedana@academico.ufs.br

<sup>6</sup>Universidade Federal de Sergipe, Sergipe – Brasil, rdgon@hotmail.com

## Recebido:

23 de agosto de 2025

## Recebido no formato de revisão:

15 de dezembro de 2025

## Aceito:

14 de janeiro de 2026

## Disponível online:

22 de maio de 2026

## Seção:

Artigos

## Palavras-chave:

Hidrofacies.

Sergipe Hydrogeological Research.

Site (SEHRES).

Métodos geoeletricos.

Sondagem elétrica vertical (SEV).

Caminhamento elétrico (CE).

## Keywords:

Hydrofacies.

Sergipe Hydrogeological Research.

Site (SEHRES).

Geoelectrical methods.

Vertical electrical sounding (VES).

Electrical profiling (EP).

<https://doi.org/10.14295/ras.v40i2.30354>



## RESUMO

A aplicação de métodos geofísicos, como a eletrorresistividade, tem se mostrado eficaz na caracterização de aquíferos rasos, especialmente em regiões com dados hidrogeológicos limitados. No Campus da Universidade Federal de Sergipe (UFS), em São Cristóvão (SE), foi implantado o Sergipe Hydrogeological Research Site (SEHRES), voltado ao monitoramento do Sistema Aquífero Quaternário (SAQ), composto por Depósitos de Terraços Marinheiros Pleistocênicos (Q1tm). Este estudo objetivou caracterizar eletrofácies do SAQ por meio da integração entre dados indiretos, obtidos por Sondagem Elétrica Vertical (SEV) e Caminhamento Elétrico (CE), e dados diretos provenientes de sondagem a trado, análise morfoscópica e granulometria a laser. A combinação dessas abordagens permitiu associar propriedades elétricas à textura e composição dos sedimentos, aprimorando a interpretação dos modelos geoeletricos. Os resultados revelaram a presença de duas eletrofácies principais associadas à hidrofacies de arenito fino: uma zona não saturada com resistividade variando entre 1238 e 6500  $\Omega\text{m}$  e uma zona saturada com resistividade entre 255 e 950  $\Omega\text{m}$ . Anomalias localizadas de resistividade mais baixa (50 a 100  $\Omega\text{m}$ ) indicam possíveis zonas argilosas com maior retenção hídrica, enquanto valores mais elevados em profundidade sugerem a presença de horizontes endurecidos (orstein). A caracterização detalhada das eletrofácies contribuiu para a compreensão do comportamento hidrodinâmico do SAQ, subsidiando estratégias de manejo sustentável da água subterrânea em ambientes costeiros.

## ABSTRACT

The application of geophysical methods, such as electrical resistivity, has proven effective in the characterization of shallow aquifers, especially in regions with limited hydrogeological data. At the Federal University of Sergipe (UFS) campus, in São Cristóvão (SE), the Sergipe Hydrogeological Research Site (SEHRES) was established to monitor the Quaternary Aquifer System (SAQ), composed of Pleistocene Marine Terrace Deposits (Q1tm). This study aimed to characterize the electrofacies of the SAQ through the integration of indirect data, obtained by Vertical Electrical Sounding (VES) and Electrical Profiling (EP), and direct data from auger drilling, morphoscopic analysis, and laser granulometry. The combination of these approaches enabled the correlation between electrical properties and the sediment's texture and composition, improving the interpretation of geoelectrical models. The results revealed two main electrofacies associated with the fine sandstone hydrofacies: an unsaturated zone with resistivity ranging from 1238 to 6500  $\Omega\cdot\text{m}$ , and a saturated zone with resistivity between 255 and 950  $\Omega\cdot\text{m}$ . Localized low-resistivity anomalies (50 to 100  $\Omega\cdot\text{m}$ ) indicate possible clay-rich zones with higher water retention, while higher values at depth suggest the presence of hardened horizons (orstein). The detailed electrofacies characterization contributes to a better understanding of the SAQ's hydrogeological behavior, supporting sustainable groundwater management strategies in coastal environments.

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente pressão sobre os recursos hídricos, aliada à degradação das águas superficiais e ao aumento das demandas urbanas, evidencia a necessidade de explorar de forma mais eficiente os aquíferos subterrâneos (Reyes-Cedeño *et al.*, 2024). Nesse contexto, os métodos geofísicos têm ganhado destaque como ferramentas acessíveis e de baixo custo para investigação do subsolo, especialmente em regiões com escassez de dados hidrogeológicos (Oyeyemi *et al.*, 2023).

Dentre esses métodos, a eletrorresistividade tem se mostrado eficaz na caracterização indireta de estruturas geológicas e zonas de saturação hídrica (Ekanem; George; Ekanem, 2022; Mohammed; Szabó; Szűcs, 2023). Estudos recentes demonstram que técnicas como a Sondagem Elétrica Vertical (SEV) permitem estimativas de parâmetros hidrogeológicos, como condutividade hidráulica, transmissividade e espessura de unidades aquíferas, além de auxiliar na avaliação da vulnerabilidade à contaminação (Oguama *et al.*, 2019; Opara *et al.*, 2023; Hibbs, 2024).

A integração de dados geofísicos com informações geológicas e dados diretos de campo, como os obtidos por sondagens a trado e análises granulométricas, tem potencial para aumentar significativamente a confiabilidade das interpretações hidrogeofísicas (Guimarães; Souza, 2022; Reyes-Cedeño *et al.*, 2024). Associada a modelagens estatísticas e simulações de transporte, essa integração contribui para avanços na compreensão da dinâmica de recarga e armazenamento de aquíferos (Su *et al.*, 2023; Durney *et al.*, 2025; Thiros *et al.*, 2025).

Trabalhos recentes têm mostrado que a caracterização precisa de unidades hidrogeológicas rasas depende da aplicação combinada de métodos geofísicos e análises morfossedimentares, como demonstrado por Canzoneri *et al.* (2023), Gorrie *et al.* (2025) e Croteau *et al.* (2025), que investigaram zonas de transição água doce/salgada e geometrias de corpos aquíferos rasos com base em perfis geoeletricos detalhados. Tais abordagens se mostram particularmente eficazes em ambientes costeiros e em unidades aquíferas complexas, onde a heterogeneidade litológica dificulta a definição de zonas produtivas.

No Brasil, a aplicação de métodos geoeletricos em aquíferos sedimentares rasos também tem demonstrado bons resultados, como exemplificado por Silva *et al.* (2023) em unidades do tipo calha elúvio-aluvionar. Esses estudos reforçam a aplicabilidade da eletrorresistividade na distinção de eletrofácies associadas a diferentes níveis de saturação e composição litológica.

Com base nesse panorama, o presente estudo tem como objetivo caracterizar as eletrofácies do Sistema Aquífero Quaternário (SAQ), localizado no Campus da Universidade Federal de Sergipe (UFS), em São Cristóvão (SE), onde se encontra o *Sergipe Hydrogeological Research Site* (SEHRES), um sítio experimental com poços de monitoramento voltada para estudos hidrogeológicos aplicados.

O SAQ é composto por depósitos arenosos associados a terraços marinhos pleistocênicos e depósitos flúvio-lagunares, formando um aquífero livre e raso. Sua heterogeneidade litológica e as variações de saturação tornam o SEHRES um ambiente ideal para a aplicação de métodos geofísicos integrados. Estudos como os de Ekanem, George e Ekanem, (2022) e Oyeyemi *et al.* (2023) reforçam que a caracterização de unidades dessa natureza exige abordagens interdisciplinares que integrem dados elétricos, geológicos e hidrodinâmicos.

Nesse sentido, este trabalho propõe a caracterização das eletrofácies do SAQ por meio da integração de dados geoeletricos (SEV e CE) com informações litossedimentares diretas, validando o uso de técnicas acessíveis e eficientes para aplicação em contextos com infraestrutura limitada. Ao fazer isso, busca-se não apenas contribuir para o entendimento do comportamento hidrogeológico local, mas também fornece uma base técnica que fortaleça as estratégias de gestão e conservação dos recursos hídricos subterrâneos da região.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

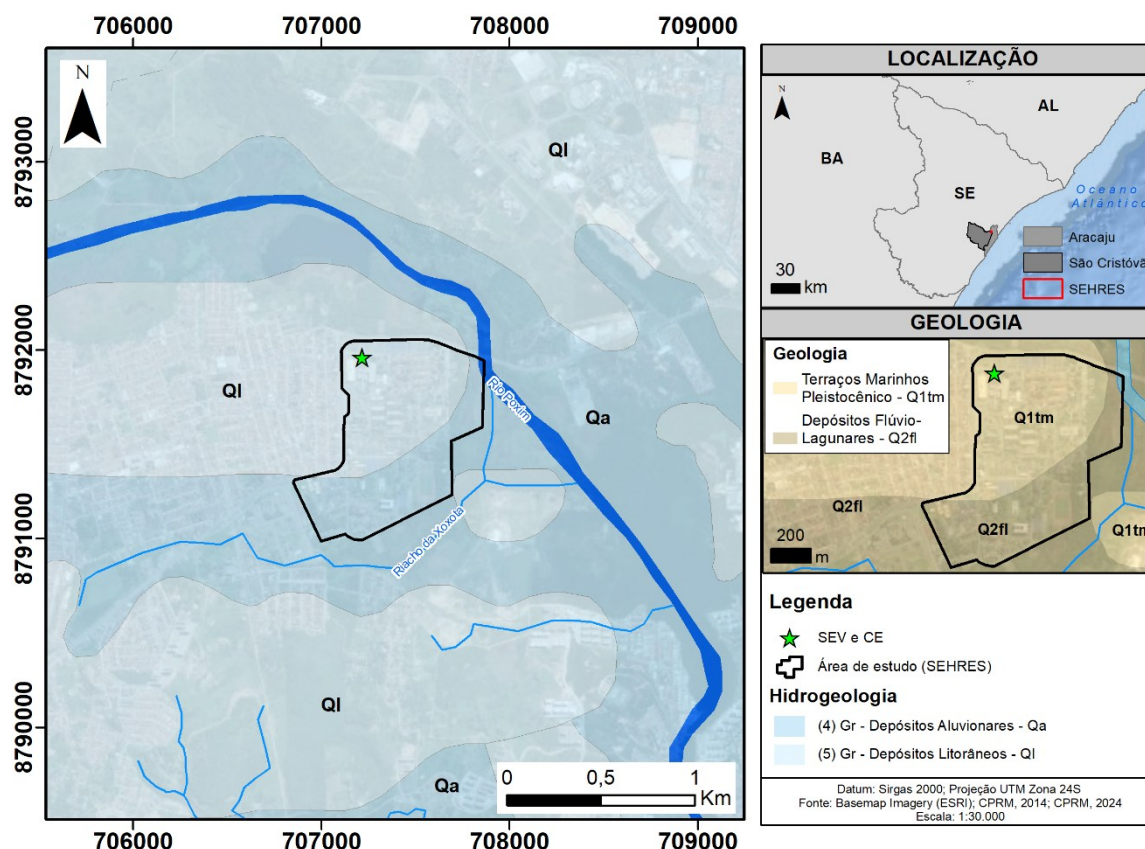
A área de estudo está localizada no Campus Universitário José Aloísio de Campos, pertencente à Universidade Federal de Sergipe, no município de São Cristóvão, litoral-centro do estado de Sergipe (Figura 1).

O local integra o *Sergipe Hydrogeological Research Site* (SEHRES), um *site* experimental voltado ao monitoramento contínuo e integrado do Sistema Aquífero Quaternário (Saturnino *et al.*, 2024).

Sob o ponto de vista geológico, a área insere-se em uma região recoberta por formações superficiais cenozoicas, que sobrepõem unidades sedimentares mais antigas do Grupo Barreiras e da Bacia Sedimentar de Sergipe-Alagoas. No SEHRES, essas coberturas cenozoicas compreendem, predominantemente, dois tipos principais de depósitos: (i) terraços marinhos pleistocênicos, compostos por areias bem selecionadas; e (ii) depósitos flúvio-lagunares, formados por areias e siltes argilosos com elevado teor de matéria orgânica (Bittencourt *et al.*, 1983).

Em relação à hidrogeologia local, segundo o Mapa Hidrogeológico de Sergipe (SGB/CPRM, 2024), a área está inserida em unidades hidrogeológicas granulares, dominadas por depósitos litorâneos pleistocênicos e aluvionares recentes (Figura 1). Os depósitos aluvionares, associados ao curso do rio Poxim, são constituídos por sedimentos siltico-argilosos, areias e cascalhos. Já os depósitos litorâneos consistem majoritariamente em areias bem selecionadas.

Quanto à produtividade hídrica, os depósitos litorâneos são classificados como aquíferos de classe 5, com produtividade geralmente muito baixa, enquanto os depósitos aluvionares pertencem à classe 4, com produtividade baixa a moderada (Struckmeier; Margat, 1995; Diniz, 2012). Ambos correspondem a aquíferos livres, heterogêneos e anisotrópicos, com espessura e capacidade de armazenamento variáveis. As vazões observadas em poços instalados na região variam entre 1 e 25 m<sup>3</sup>/h, dependendo da granulometria dos sedimentos e das condições hidrogeológicas locais.

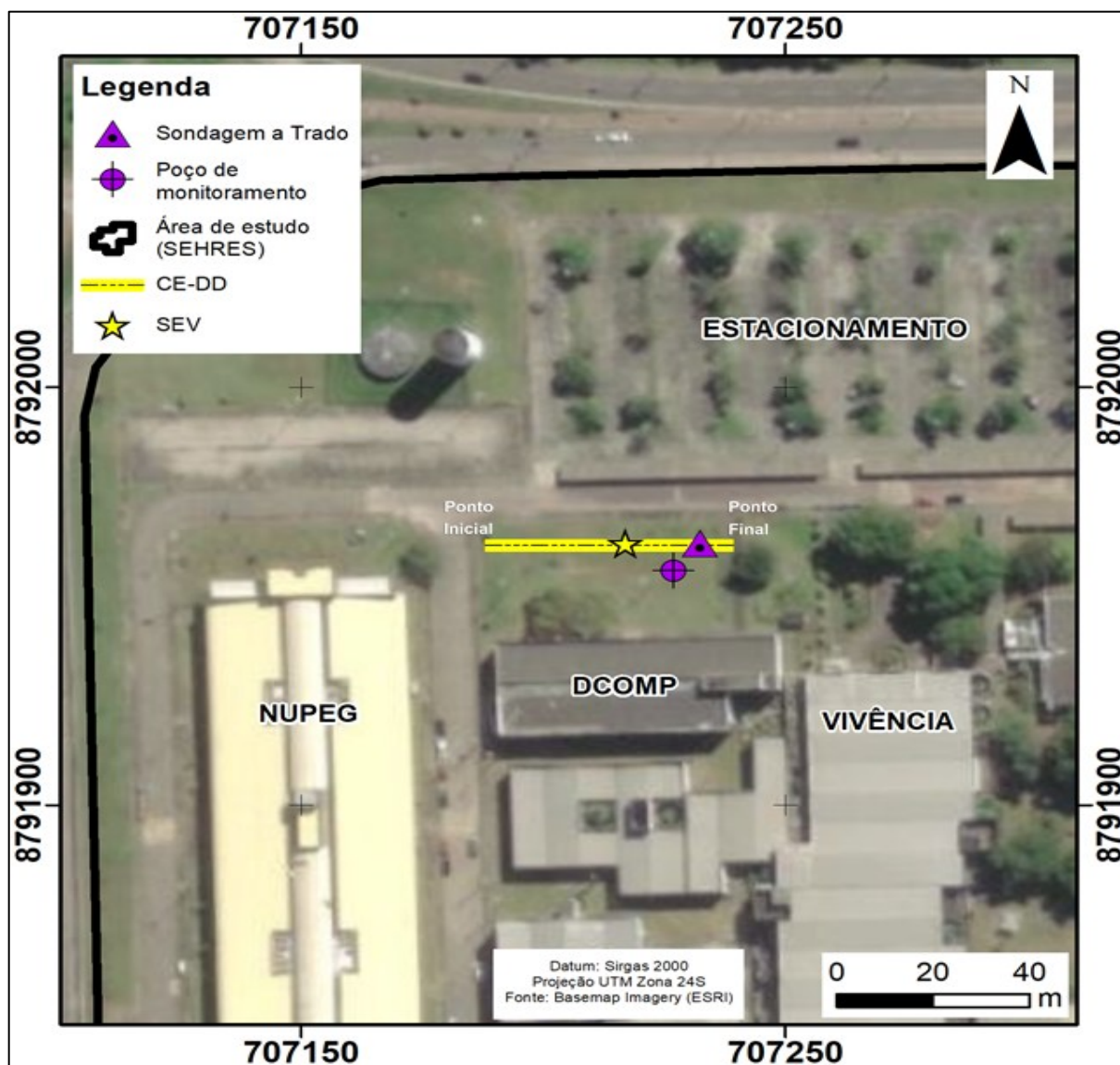


**Figura 1.** Mapa hidrogeológico da área de estudo no SEHRES/UFS, com destaque para os pontos de aplicação da Sondagem Elétrica Vertical (SEV) e do Caminhamento Elétrico (CE). Fonte: adaptado de SGB/CPRM (2024).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada neste estudo foi aplicada em uma área do SEHRES selecionada estrategicamente por sua proximidade a um poço tubular de monitoramento, pela disponibilidade de dados anteriores e pela existência de sondagens elétricas prévias. As investigações geofísicas incluíram a aplicação da Sondagem Elétrica Vertical (SEV), com arranjo Wenner, e do Caminhamento Elétrico (CE), com arranjo dipolo-dipolo (DD).

A calibração dos resistímetro foi realizada em bancada, com uso de resistor-padrão, assegurando a confiabilidade dos equipamentos. O ponto investigado situa-se em frente ao Departamento de Computação (DCOMP), no Campus da UFS em São Cristóvão (SE), em área coberta por gramíneas, nas proximidades de um poço de monitoramento. A sondagem elétrica vertical (SEV), realizada com arranjo Wenner e espaçamento máximo  $AB/2$  de 18 m, permitiu alcançar profundidade investigativa estimada em 9,6 m. As coordenadas UTM são 707242E e 8791934S, Datum SIRGAS 2000, zona 24S (Figura 2).



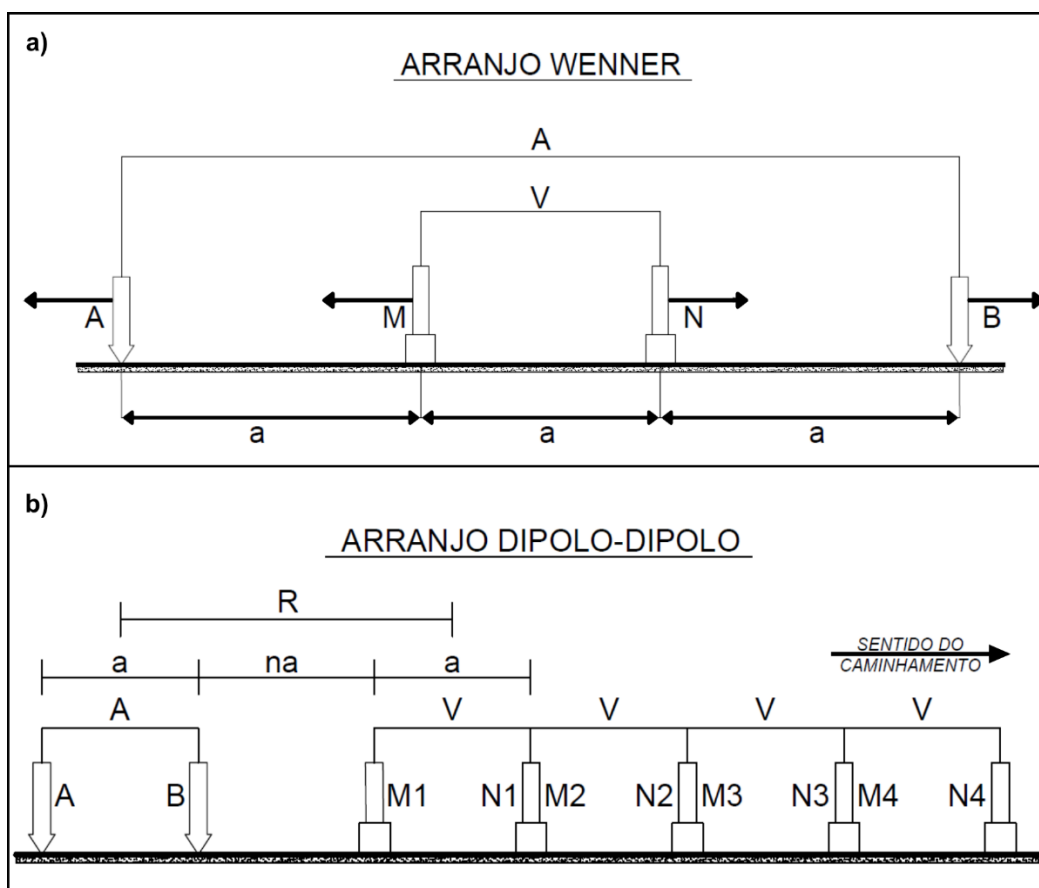
**Figura 2.** Localização dos pontos de sondagem a trado, poço de monitoramento e levantamentos geoeletricos (SEV e CE) na área experimental do SEHRES/UFS.

As atividades de campo foram divididas em três campanhas realizadas entre abril e setembro de 2024. Na primeira, foi executada uma sondagem a trado com trado mecânico (brocas em concha e helicoidal), alcançando profundidade de 3,35 m, limitada por material impenetrável. Foram coletadas 16 amostras de solo e registrado o nível d'água a 2,50 m. Na segunda e terceira campanhas foram realizados os ensaios geofísicos (Figura 3): a SEV em julho e o CE em setembro.

Foram utilizados dois resistímetros: o modelo X5XTAL Power MultiPoint (16 canais) e o equipamento desenvolvido pelo Núcleo de Estudos em Geologia e Áreas Afins (NEGAA/UFS). O primeiro requer medição do Potencial Espontâneo (SP) antes e depois da aplicação da corrente, sendo utilizada a média para o cálculo da resistividade. O segundo aplica corrente em ambos os sentidos ( $I+$  e  $I-$ ), compensando interferências de correntes naturais e produzindo leituras mais estáveis. Ambos os equipamentos foram empregados de forma complementar, com validação cruzada no ponto mais profundo da SEV, apresentando compatibilidade entre os dados.

Durante o CE, o resistímetro X5XTAL foi utilizado nos níveis mais superficiais e o equipamento do NEGAA/UFS nos mais profundos, garantindo cobertura total da seção. O nível freático foi medido com fita sonda manual, apresentando variações entre 1,59 m (SEV) e 1,80 m (CE), sendo esses valores utilizados na calibração dos modelos geoeletricos.

O ensaio de caminhamento elétrico (CE) foi realizado com arranjo dipolo-dipolo (DD), utilizando espaçamento de 4 m entre os eletrodos, o que permitiu a investigação de nove níveis teóricos de profundidade ( $n$ ), em uma linha com extensão total de 48 m. A seção investigada foi a mesma onde havia sido realizada a SEV, possibilitando comparação entre os métodos.



**Figura 3.** Esquemas dos arranjos utilizados nos ensaios geoeletricos: (a) Sondagem Elétrica Vertical (SEV), arranjo Wenner; (b) Caminhamento Elétrico (CE), arranjo dipolo-dipolo (DD).

As 16 amostras de solo coletadas passaram por análise morfoscópica, incluindo cor, granulometria visual, mineralogia dominante, grau de seleção, esfericidade e arredondamento dos grãos, conforme as escalas de Udden (1914), Wentworth (1922), Powers (1953) e Folk (1965, 1968). Quatro amostras representativas foram submetidas à análise granulométrica a laser no equipamento Mastersizer 2000, com dispersão físico-química prévia. Os dados gerados foram processados no software do equipamento e refinados no Excel®, gerando curvas de distribuição granulométrica.

Os dados de resistividade aparente da SEV foram processados no software IPI2WIN (versão 7.01.03), com inversão 1D calibrada com a profundidade do nível d'água medido em campo, resultando em modelos geoeletricos com resistividade, espessura e profundidade das camadas. Para o CE, foi utilizado o software RES2DINV, que aplica o método dos mínimos quadrados com suavização restrita, produzindo seções bidimensionais de resistividade. Devido à menor sensibilidade em profundidade, utilizou-se a ferramenta "RMS error statistics" para filtrar outliers e reduzir o erro RMS, aumentando a confiabilidade dos modelos. A calibração também se baseou no nível freático medido, considerado parâmetro fixo nos modelos.

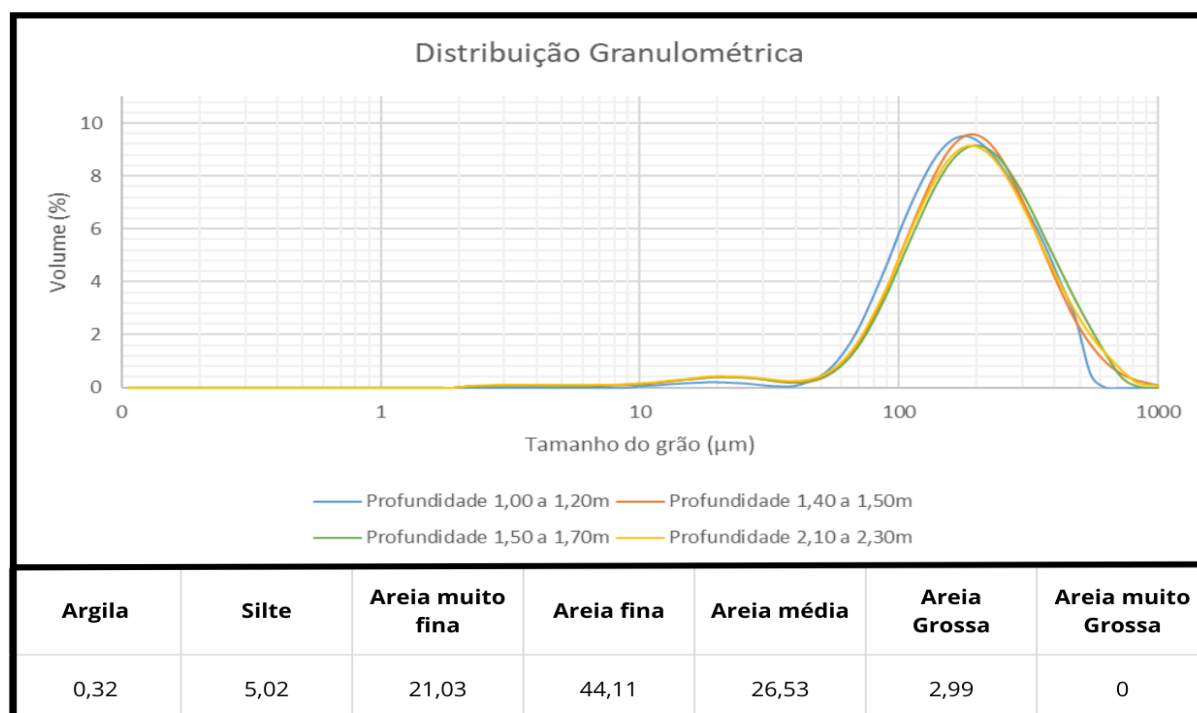
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análise granulométrica

A análise macroscópica das amostras revelou uma única unidade geológica abaixo do solo superficial arenoso, composta por arenito fino, muito bem selecionado, predominantemente quartzoso (cerca de 98% de quartzo). Observou-se variação na coloração dos sedimentos, de cinza esbranquiçado nas camadas superiores para tons amarronzados nas mais profundas, atribuída à presença de grãos com película ferruginosa. Os grãos apresentaram alta esfericidade e grau de arredondamento entre subanguloso e arredondado. Essas características, aliadas à escassa matriz fina, indicam resistência ao intemperismo e possível retrabalhamento eólico dos sedimentos dos terraços marinhos pleistocênicos, conforme descrito por Bittencourt *et al.* (1983).

A sondagem a trado foi realizada na transição entre a estação seca e o início da estação chuvosa, registrando o nível d'água a 2,50 m de profundidade. Esse valor é compatível com estimativas anteriores para o mesmo período (Falheiros; Folly, 2019). A partir dessa profundidade, observou-se mudança na coloração para tons mais escuros, aumento do teor de matéria orgânica e maior resistência à penetração, até atingir 3,35 m, onde a sondagem foi interrompida devido à presença de material impenetrável. A presença de silte e argila nas camadas mais profundas, juntamente com essas características, sugere a ocorrência de um horizonte espódico saturado, típico de espodosolos desenvolvidos sob condições de drenagem deficiente e lixiviação intensa (Ponomareva; Aleksandrova, 1973; Schaetzl; Thompson, 2015). A hipótese é reforçada pela presença de horizontes cimentados do tipo orstein, comuns em terraços pleistocênicos na região (Coelho *et al.*, 2010).

A análise granulométrica a laser, aplicada em quatro amostras representativas, confirmou a predominância da fração areia fina, com distribuição unimodal e pico em torno de 200  $\mu\text{m}$ . As classes mais frequentes foram areia fina (44,1%), areia média (26,5%) e areia muito fina (21%). Os teores médios de silte e argila foram, respectivamente, 5% e 0,3%, com aumento gradual dessas frações nas camadas inferiores. As curvas de distribuição obtidas estão em conformidade com a análise visual, reforçando a excelente seleção dos sedimentos ao longo da sondagem (Figura 4).



**Figura 4.** Comparação das curvas granulométricas obtidas por difração a laser, evidenciando predominância da fração areia fina.

As características identificadas são compatíveis com espodosolos desenvolvidos em ambientes de terraço marinho pleistocênico, com horizonte *orstein* associado à drenagem deficiente e saturação permanente na profundidade do horizonte espódico, como observado por Ponomareva e Aleksandrova (1973) e Coelho *et al.* (2010).

As características sedimentares observadas — alta pureza quartzosa, boa seleção, esfericidade elevada e grãos subangulosos a arredondados — são coerentes com depósitos eólicos retrabalhados de terraços marinhos pleistocênicos (Bittencourt *et al.*, 1983; Teixeira, 2014). A presença de horizonte espódico com possível cimentação do tipo *orstein* também é compatível com espodosolos desenvolvidos sobre esses terraços, conforme descrito por Coelho *et al.* (2010), reforçando a relação entre as feições litológicas encontradas e os processos pedogenéticos típicos de ambientes costeiros pleistocênicos brasileiros.

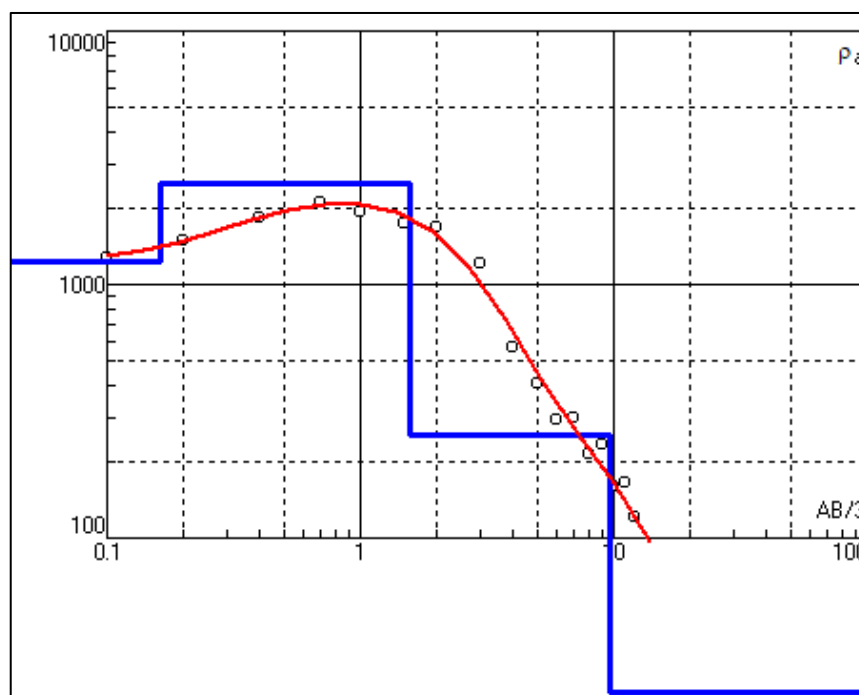
## 4.2. Sondagem elétrica vertical

Os dados de resistividade aparente foram organizados em gráfico de resistividade versus distância AB/2, em escala logarítmica, visando identificar padrões verticais de variação elétrica (Figura 5). Observou-se aumento progressivo da resistividade até AB/2 = 1 m, seguido por decréscimo acentuado, tendência compatível com os resultados obtidos por Folly e Senra (2016) e Falheiros e Folly (2019) em estudos realizados no mesmo campus. A partir de AB/2 = 10 m, os dados apresentaram oscilações atribuídas a ruídos de campo e limitações instrumentais, como mau contato dos eletrodos, instabilidades na leitura do potencial espontâneo (SP) e interferências eletroquímicas locais. Durante esse intervalo, foi constatada instabilidade nas medições de SP, o que aumentou a incerteza associada à corrente elétrica e reduziu a resolução dos dados.

Apesar dessas limitações, o ponto final da curva foi medido simultaneamente pelos dois resistímetro utilizados, apresentando valores compatíveis, o que valida a calibração dos equipamentos e a confiabilidade dos resultados. A inversão dos dados no software IPI2WIN resultou em um modelo composto por quatro camadas geoeletricas, com erro RMS de 7,34%. A adoção de um modelo com quatro camadas está de acordo com a tendência à redução no número de camadas interpretadas durante o período chuvoso, em razão da menor diferenciação entre zonas saturadas e não saturadas. A SEV foi realizada em julho, mês tipicamente úmido na região, o que corrobora essa interpretação.

**Tabela 1** – Parâmetros do modelo geoeletrico obtido pela sondagem elétrica vertical (SEV) com arranjo Wenner

Nível Geoeletrico	Resistividade ( $\Omega\text{m}$ )	Espessura (m)	Profundidade (m)	Zona
1	1238	0,16	0,164	Zona não saturada
2	2515	1,41	0,164 – 1,58	Saturada
3	255,1	8,01	1,58 – 9,59	Zona não saturada
4	1,41	-	9,59	Saturada

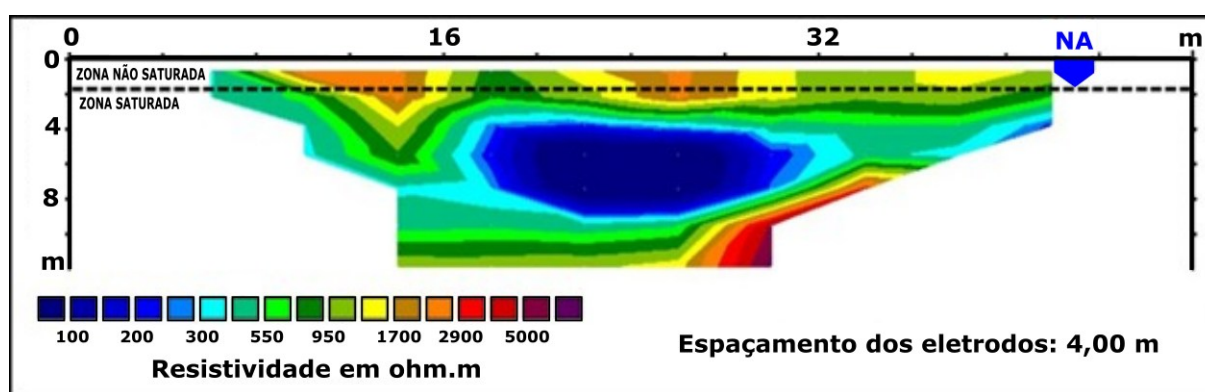


**Figura 5.** Resultado da inversão 1D da SEV com arranjo Wenner, mostrando o ajuste entre dados observados e modelados no IPI2WIN

Na Tabela 1, observa-se que a primeira camada apresenta espessura de 0,16 m e resistividade de 1238  $\Omega\cdot\text{m}$ , compatível com o horizonte superficial, possivelmente rico em matéria orgânica. A segunda camada, com espessura de 1,41 m e resistividade de 2515  $\Omega\cdot\text{m}$ , corresponde a um sedimento arenoso seco e menos condutivo. A terceira camada, com 8,01 m de espessura e resistividade de 255,1  $\Omega\cdot\text{m}$ , inicia-se a 1,58 m de profundidade e representa a zona saturada. Esse valor é coerente com o nível freático medido durante a SEV (1,59 m). A quarta camada, abaixo de 9,59 m, apresenta resistividade de 1,41  $\Omega\cdot\text{m}$ , valor típico de materiais mais argilosos e condutivos (Figura 5).

### 4.3. Caminhamento elétrico

Os dados de resistividade obtidos no Caminhamento Elétrico variaram entre 100 e 6500  $\Omega\cdot\text{m}$ . Na representação da pseudo-seção 2D, cores quentes indicam valores de resistividade mais elevados, enquanto cores frias representam valores mais baixos (Figura 6). A seção 2D resultante mostra resistividades moderadas nas camadas mais superficiais, uma anomalia de baixa resistividade na região central e uma anomalia de alta resistividade na porção inferior direita da seção.



**Figura 6.** Seção 2D obtida no RES2DINV, arranjo DD, com nove níveis teóricos de profundidade e após aplicação de filtragem para remoção de valores discrepantes

Para aumentar a confiabilidade do modelo, foi aplicado um filtro por meio da ferramenta "*RMS error statistics*" do software RES2DINV, visando remover outliers com erro relativo superior a 100% em relação ao modelo teórico ajustado. A filtragem resultou em erro absoluto final de 28,4%.

O nível d'água medido no poço de monitoramento próximo, no dia da aquisição dos dados do CE, foi de 1,80 m. Esse valor foi utilizado como referência para delimitar a zona saturada na seção 2D, sendo representado por linha pontilhada preta. A partir dessa profundidade, os valores de resistividade observados são consistentemente inferiores a 700  $\Omega\cdot\text{m}$ , compatíveis com a presença de sedimentos saturados.

As anomalias de moderada resistividade encontradas na porção mais superficial da seção 2D podem ser atribuídas à presença de uma camada de cimento no local onde as linhas foram realizadas, dificultando a infiltração e elevando a resistividade. Os valores variando de 1700 e 2900  $\Omega\cdot\text{m}$  são típicos de sedimentos.

É importante destacar que o local onde a linha DD foi realizada era um antigo canteiro de obras. Após a inutilização deste canteiro, os materiais de construção ficaram dispersos no local até serem recobertos por uma vegetação de gramíneas, que se desenvolveu naturalmente no local.

A anomalia de baixa resistividade, situada na porção central da seção a aproximadamente 3 m de profundidade, pode estar relacionada a variações na granulometria e no teor de umidade. Esse padrão é coerente com os dados da sondagem a trado e da análise granulométrica, que indicaram aumento de silte e presença de argila nessa profundidade. O acúmulo de frações finas reduz a permeabilidade e favorece a retenção hídrica, explicando os baixos valores de resistividade. Essa transição granulométrica de areia fina para areia siltosa também foi registrada em perfil SPT realizado anteriormente na área (comunicação interna, LTI Construções).

A anomalia de alta resistividade identificada em torno de 8 m de profundidade pode ser associada a uma camada mais 'seca' ou menos permeável em comparação com a camada subjacente. Uma camada resistiva análoga foi observada por Peixoto, Falheiros e Folly (2019) em 45 SEVs executadas ao longo da faixa costeira dos municípios de Aracaju e Barra dos Coqueiros. Nessas investigações, essas camadas de alta resistividade foram identificadas a aproximadamente 10 m de profundidade e atribuídas a sedimentos compactos e menos permeáveis, associados aos terraços marinhos pleistocênicos. Essas unidades foram interpretadas como a base da cunha salina em razão de sua baixa permeabilidade. Ressalta-se que, enquanto a área investigada por Peixoto, Falheiros e Folly (2019) está ao nível do mar, o presente estudo foi realizado em cota altimétrica de 9,4 m.

Como abordado anteriormente, é comum forma-se em terraços marinhos pleistocênicos espodossolos com horizonte endurecido e menos permeável chamado de *orstein* (Coelho *et al.*, 2010). Esse horizonte pode ser o responsável pela anomalia de alta resistividade observada em profundidade. A camada mais superficial desses solos permite uma drenagem rápida da água na superfície, enquanto o horizonte *orstein* age como um impedimento, dificultando a infiltração em profundidade, o que explicaria o lençol freático elevado em períodos chuvosos (Silva *et al.*, 2020), como ocorre no SAQ, e proporciona as condições hidromórficas típicas dos espodossolos. Esse cenário hidromórfico é coerente com a anomalia de baixa resistividade identificada em profundidade, refletindo maior teor de umidade retida.

#### 4.4. Caracterização da unidade hidrofaciológica

A partir da integração entre os modelos geoeletricos obtidos pelas técnicas de SEV e CE com os dados granulométricos da sondagem a trado, foi possível caracterizar a hidrofácies dominante do SAQ na área do SEHRES. O modelo geoeletrico final reflete variações de resistividade diretamente associadas ao grau de saturação e às características texturais dos sedimentos, em consonância com a geologia local (Tabela 2).

**Tabela 2** – Faixas de resistividade elétrica associadas às eletrofácies identificadas no SAQ a partir da SEV e do CE

Zona	Resistividade ( $\Omega\text{m}$ )	Resistividade ( $\Omega\text{m}$ )
Não saturada	<i>Sedimentos superficiais</i>	1238 a 2900
Saturada	Arenito fino	255 a 950

A unidade aquífera corresponde a um arenito fino, muito bem selecionado, típico dos terraços marinhos pleistocênicos. Quando saturada, essa unidade apresenta resistividade entre 255 e 950  $\Omega\cdot\text{m}$ . Em condições não saturadas, os valores variam de 1238 a 6500  $\Omega\cdot\text{m}$ , comportamento condizente com a variação do conteúdo de umidade no solo.

Adicionalmente, identificou-se uma anomalia de baixa resistividade, entre 50 e 100  $\Omega\cdot\text{m}$ , por volta de 3 m de profundidade. Essa faixa coincide com o aumento do teor de silte e argila identificado na análise granulométrica, indicando redução da permeabilidade e maior retenção hídrica, o que justifica os baixos valores de resistividade nessa zona.

Por outro lado, a anomalia de alta resistividade observada a cerca de 8 m de profundidade pode representar uma camada mais seca ou compactada, provavelmente associada a um horizonte cimentado do tipo *orstein*. Esses horizontes são característicos de espodossolos desenvolvidos em ambientes pleistocênicos, como descrito por Coelho *et al.* (2010) e corroborado por Peixoto, Falheiros e Folly (2019). Essa camada pode atuar como uma barreira à percolação, condicionando a elevação do nível freático durante o período chuvoso e influenciando o armazenamento local da água subterrânea.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos por meio da SEV mostraram-se consistentes com estudos anteriores, permitindo a delimitação precisa do nível freático no SAQ. Apesar de limitações pontuais no ensaio de CE, a aplicação de filtros estatísticos no processamento dos dados contribuiu para reduzir o erro global e preservar a estrutura geoeletrica interpretável. A análise granulométrica e os dados da sondagem a trado foram fundamentais para a interpretação das seções 2D, permitindo a associação entre resistividade elétrica, grau de saturação e características texturais dos sedimentos. Foi possível identificar duas eletrofácies principais vinculadas a um arenito fino

pleistocênico: uma zona não saturada, com resistividade variando entre 1238 e 6500  $\Omega\cdot\text{m}$ , e uma zona saturada, com resistividade entre 255 e 950  $\Omega\cdot\text{m}$ . Anomalias pontuais, como a de baixa resistividade ( $\sim 50\text{--}100\ \Omega\cdot\text{m}$ ), foram associadas a sedimentos mais finos com maior retenção hídrica, enquanto a anomalia de alta resistividade ( $\sim 6500\ \Omega\cdot\text{m}$ ) foi relacionada à presença de horizontes cimentados (orstein), comuns em espodosolos desenvolvidos sobre terraços marinhos.

A integração entre métodos indiretos e dados diretos permitiu a caracterização detalhada da unidade hidrofaciológica do SAQ na área do SEHRES, demonstrando a eficácia de técnicas acessíveis e complementares para estudos hidrogeofísicos em ambientes costeiros. Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de novos ensaios em diferentes épocas do ano e em outros pontos do SEHRES, com a inclusão de sondagens SPT e análises geoquímicas, visando validar a presença de horizontes cimentados e aprimorar os modelos geoeletricos e hidrogeológicos da região costeira.

## REFERÊNCIAS

- BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FERREI-RA, Y. D. A. Evolução paleogeográfica quaternária da costa do Estado de Sergipe e da costa sul do Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.13, n.2, p. 93-97, 1983.
- CANZONERI, A.; CAPIZZI, P.; MARTORANA, R.; ALBANO, L.; BONFARDECI, A.; COSTA, N.; FAVARA, R. Geophysical Constraints to Reconstructing the Geometry of a Shallow Groundwater Body in Caronia (Sicily). **Water**, Basel, v. 15, n. 18, 3206, 2023.
- COELHO, M. R.; VIDAL-TORRADO, P.; COOPER, M.; CALEGARI, M. R. Datação e gênese de espodosolos em ambientes tropicais e subtropicais do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 5, p.1535-1548, 2010.
- CROTEAU, F.; COULON, C.; MOLSON, J.; LEMIEUX, J. Impact of Long Well Screens on Monitoring of the Freshwater–Saltwater Transition Zone. **Groundwater**, [s. l.], v. 63, n. 2, p. e13465, 2025.
- DINIZ, J. A. O. **Proposta Metodológica para Elaboração de Mapas Hidrogeológicos**. Recife: CPRM, 2012.
- DURNEY, P.; DI CIACCA, A.; WILSON, S.; WOHLING, T. Multi-Purpose Data Worth Assessment of a Surface Water–Groundwater and Nitrogen Transport Model. **Groundwater**, [s. l.], v. 63, n. 3, p. e13490, 2025.
- EKANEM, K. R.; GEORGE, N. J.; EKANEM, A. M. Parametric characterization, protectivity and potentiality of shallow hydrogeological units of a medium-sized housing estate, Shelter Afrique, Akwa Ibom State, Southern Nigeria. **Acta Geophysica**, [s. l.], v. 70, p. 879–895, 2022.
- FALHEIROS, M. O.; FOLLY, W. S. D. Estudo da variação sazonal do lençol freático sob o campus da Universidade Federal de Sergipe via sondagens elétricas verticais. In: ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 2019, Aracajú. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRHidro, 2019.
- FOLK, R.L. **Petrology of Sedimentary Rocks**. Austin: Hemphill Publishing Company, 1965. p. 170.
- FOLK, R.L. **Petrology of Sedimentary Rocks**. Austin: Hemphill Publishing Company, 1968. p.182.
- FOLLY, W. S. D.; SENRA, A. S. A low-cost resistivimeter for use in practical lectures of applied geophysics. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 25, 2016.
- GORRIE, C.; STEELMAN, C. M.; CONWAY-WHITE, O.; SMIAROWSKI, A.; ARNAUD, E.; PARKER, B. L. Generating a Statistically Constrained Quaternary Model of a Buried Bedrock Valley Using FDEM. **Groundwater**, [s. l.], v. 63, n. 3, p. e13478, 2025.
- GUIMARÃES, E. N.; SOUZA, L. S. B. Arquitetura geoeletrica do sistema aquífero Boa Vista, Boa Vista/RR (porção urbana-zona oeste). **Revista Geociências**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 151 - 168, 2022.
- HIBBS, B. J. Hydrogeological, Hydrochemical, and Geophysical Analysis of a Brine-Contaminated Aquifer Addressing Non-Unique Interpretations of Vertical Electrical Sounding Curves. **Water**, Basel, v. 16, n. 24, 3557, 2024.
- INKSCAPE PROJECT. **Inkscape (Version 1.3)**. 2023. Computer software Disponível em: <https://inkscape.org>.
- IPI2WIN (versão 7.01.03) Resistivity Sounding Interpretation, Moscow State University.

- MOHAMMED, M. A. A.; SZABÓ, N. P.; SZŰCS, P. Exploring hydrogeological parameters by integration of geophysical and hydrogeological methods in northern Khartoum state, Sudan. **Groundwater for Sustainable Development**, [s. l.], v. 20, 100891, 2023.
- OGUAMA, B. E.; IBUOT, J. C.; OBIORA, D. N.; AKA, M. U. Geophysical investigation of groundwater potential, aquifer parameters, and vulnerability: a case study of Enugu State College of Education (Technical). **Modeling Earth Systems and Environment**, [s. l.], v. 5, p. 1123–1133, 2019.
- OPARA, A. I.; EDWARD, O. O. I.; EYANKWARE, M. O.; AKAKURU, O. C.; OLI, I. C.; UDEH, H. M. Use of geo-electric data in the determination of groundwater potentials and vulnerability mapping in the southern Benue Trough Nigeria. **International Journal of Environmental Science and Technology**, [s. l.], v. 20, p. 8975–9000, 2023.
- OYEYEMI, K. D.; AIZEBOKHAI, A. P.; OLAJO, A. A.; OKON, E. E.; KALU, D. V.; METWALY, M. Hydrogeophysical Investigation in Parts of the Eastern Dahomey Basin, Southwestern Nigeria: Implications for Sustainable Groundwater Resources Development and Management. **Water**, [s. l.], v.15, n. 16, p. 2862. 2023.
- PEIXOTO, A. S.; FALHEIROS, M. O.; FOLLY, W. S. D. Caracterização dos sedimentos costeiros dos municípios de Aracaju e Barra dos Coqueiros via levantamentos de resistividade elétrica. **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, n. 1, p. 105-121, 2019.
- PONOMAREVA, V. V.; ALEKSANDROVA, L. N. **The Formation and Properties of Podzolic Soils**. Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1973.
- POWERS, M. C. A new roundness scale for sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Research**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 117-119, 1953.
- REYES-CEDEÑO, I. G.; HERNANDEZ-MARIN, M.; PACHECO-MARTINEZ, J.; RICO-MARTINEZ, R.; ARZATE-CARDENAS, M. A.; PACHECO-GUERRERO, A.; LUNA-VILLAVICENCIO, H.; PADILLA-CENICEROS, R. Application of Vertical Electrical Sounding and Toxicity Tests for the Analysis of Vertical Hydraulic Connectivity through the Vadose Zone. **Water**, Basel, v. 16, n. 2, 222, 2024.
- SATURNINO, N. M. R. S.; JESUS, M. de F. S. de; DIAS, L. S. S.; SANTOS, C. S. M.; GONÇALVES, R. D. Aplicação do método WTF para estimativa de recarga subterrânea no Sistema Aquífero Quaternário em Sergipe, Brasil. **Revista Scientia Plena**, São Cristóvão, v.20, n.8, 2024.
- SCHAETZL, R. J.; THOMPSON, M. L. **Soils: Genesis and Geomorphology**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2015.
- SGB/CPRM. **Carta Hidrogeológica Folha SC. 24 Aracaju**. Projeto Disponibilidade Hídrica do Brasil. Escala 1:1.000.000. Rio de Janeiro, 2014.
- SGB/CPRM. **Mapa Hidrogeológico de Sergipe**. Escala 1:2.500.000. Rio de Janeiro, 2024.
- SILVA, T. R. G.; BARBOSA JUNIOR, M. R.; SANTOS, S. B. T.; RODRIGUES, M. A.; SANTOS, C. G.; SANTOS, M. A. L. Espodossolos: características, limitações e potencialidades. **Revista Ambientale**, Arapiraca, v.12, 2020.
- SILVA, J. A.; MEDEIROS, W. E.; SÁ, E. F. J.; SILVA, C. C. N.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. G.; SILVA, I. D. R. Ensaio geofísico em um aquífero fissural do tipo calha elúvio-aluvionar. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 37, n. 3, e30236, 2023.
- STRUCKMEIER, W. F.; MARGAT, J. Hydrogeological maps: A guide and a Standard Legend. Hannover: **International Association of Hydrogeologists**, [s. l.], v. 17, p. 177, 1995.
- SU, H.; DENG, Y.; NAI, W.; ZHANG, R.; HUANG, J.; LI, P.; YANG, H.; CHEN, L.; WANG, N. Evolution of the Groundwater Flow System since the Last Glacial Maximum in the Aksu River Basin (Northwest China). **Water**, Basel, v. 15, n. 19, 3459, 2023.
- TEIXEIRA, L. R. **Mapa. Geológico do Estado de Sergipe**. Escala 1:250.000. Sergipe, CPRM/CODISE, 2014.
- THIROS, N. E.; WOODBURN, E. R.; GARDNER, W. P.; DENNEDY-FRANK, J. P., WILLIAMS, K. H. Matrix Diffusion Controls Mountain Hillslope Groundwater Ages and Inferred Storage Dynamics. **Groundwater**, [s. l.], v. 63, n. 2, p. e13475, 2025.
- UDDEN, J. A. Mechanical composition of clastic sediments. **Bulletin of the Geological Society of America**, [s. l.], v.25, p.655-744, 1914.
- WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, [s. l.], v.30, p.377-392, 1922.