MAPEAMENTO DA SALINIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VAZA BARRIS (SE).

João Rogério Araújo dos Santos [1]; Layra Victória Siqueira Silva [2] & Paulo Sérgio de Rezende Nascimento [3]

RESUMO – A Bacia Hidrográfica do Rio Vaza Barris, na porção localizada em Sergipe, apresenta heterogeneidade espacial em fatores ambientais e hidrogeológicos, sendo vulnerável à salinização das águas subterrâneas. Este estudo integra dados de uso e cobertura do solo, precipitação, geomorfologia, pedologia, geologia, aquíferos, tipos de rocha, condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT), cloretos e profundidade dos poços, utilizando SIG (QGIS). A análise espacial indica que as regiões sul e leste, próximas à foz, apresentam CE >6 dS/m³, SDT >12.000 mg/L e cloretos >1.000 mg/L, associadas a solos rasos e sedimentares, refletindo intrusão salina e pressões antrópicas. As áreas centrais e norte exibem menor salinização (CE <0,2 dS/m³; SDT <2.000 mg/L; cloretos <200 mg/L), com aquíferos consolidados e solos mais profundos, indicando maior proteção hídrica natural. A profundidade dos poços, variando entre 40 e 80 m, influencia diretamente a vulnerabilidade dos aquíferos. Os resultados permitem identificar áreas críticas para monitoramento e planejamento sustentável, oferecendo subsídios para políticas de gestão hídrica, conservação ambiental e estratégias de mitigação da salinização.

ABSTRACT– The Vaza Barris River Basin, in the portion located in Sergipe, Brazil, exhibits spatial heterogeneity in environmental and hydrogeological factors, making it vulnerable to groundwater salinization. This study integrates data on land use and land cover, precipitation, geomorphology, pedology, geology, aquifers, rock types, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), chloride, and well depth using GIS (QGIS). Spatial analysis indicates that the southern and eastern areas near the river mouth present high EC (>6 dS/m³), TDS (>12,000 mg/L), and chloride (>1,000 mg/L), associated with shallow, sedimentary soils, reflecting marine intrusion and anthropogenic pressures. Central and northern areas show lower salinization (EC <0.2 dS/m³; TDS <2,000 mg/L; chloride <200 mg/L), with consolidated aquifers and deeper soils, indicating greater natural protection. Well depth, ranging from 40 to 80 m, directly influences aquifer vulnerability. The results identify critical areas for monitoring and sustainable water management, providing guidance for public policies, environmental conservation, and strategies to mitigate groundwater salinization. This integrated approach demonstrates the importance of combining natural and anthropogenic factors to support water resource planning and protection in semi-arid coastal regions of Northeast Brazil.

Palavras-Chave – Bacia hidrográfica. Salinização. Água subterrânea.

[1]) Graduando do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, (79) 999268874, joaorogeriioo@academico.ufs.br
[2]) Graduanda do Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, (79) 999651908. E-mail: layra.victoria.4560@gmail.com
[3]) Orientador e Professor, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, (79) 32437121, psrn.geologia@gmail.com

INTRODUÇÃO

O mapeamento e a compreensão da distribuição espacial da salinização das águas subterrâneas são essenciais para subsidiar políticas públicas, orientar o planejamento urbano, agrícola e industrial, além de fornecer diretrizes para a proteção de aquíferos e a mitigação de impactos ambientais. Estudos recentes demonstram que a salinização de aquíferos em regiões semiáridas e costeiras está diretamente relacionada à interação entre a intrusão salina marinha, a evaporação elevada e a baixa recarga hídrica, agravada pelo uso inadequado do solo e pelo manejo hídrico (Alves *et al*., 2022).

Nessas condições, a água subterrânea superficial torna-se mais vulnerável, enquanto aquíferos mais profundos podem atuar como reservas protegidas. Assim, a salinização é influenciada por fatores naturais, como características litológicas, geomorfologia, pedologia e profundidade do lençol freático, além de fatores antropogênicos, incluindo a expansão urbana, a irrigação intensiva e práticas agrícolas que favorecem a mobilização de sais (Oliveira; Batista, 1998; Montenegro *et al*., 2009).

A Bacia Hidrográfica do Rio Vaza Barris, em Sergipe, desempenha papel estratégico no abastecimento urbano, na irrigação agrícola e na manutenção de ecossistemas costeiros. A salinização das águas subterrâneas na bacia tem se consolidado como um problema crescente, comprometendo a qualidade da água e ameaçando a sustentabilidade hídrica regional. A análise espacial integrada permite correlacionar fatores naturais e antrópicos, fornecendo informações essenciais para o planejamento e a conservação dos recursos hídricos em regiões semiáridas e costeiras do Nordeste brasileiro (Oliveira; Batista, 1998; Montenegro *et al*., 2009; Alves *et al*., 2022).

Dessa forma, o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permite integrar dados de cloreto, condutividade elétrica, profundidade dos poços, geologia, geomorfologia, pedologia, uso do solo e precipitação média anual, oferecendo uma visão detalhada das áreas de maior vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas (SERHIDRO, 2020).

Após essa breve contextualização, o objetivo do presente estudo foi mapear a salinização das águas subterrâneas na porção sergipana da Bacia do Rio Vaza Barris, identificando áreas críticas e propondo estratégias de manejo sustentável.

MATERIAL E MÉTODO

A Bacia Hidrográfica do Rio Vaza Barris está situada nos estados da Bahia e Sergipe, sendo que este estudo se concentra especificamente na porção localizada no estado de Sergipe. No trecho sergipano, a bacia abrange aproximadamente as coordenadas entre 9º30′S e 11º00′S de latitude e entre 37º00′W e 39º45′W de longitude. A área em estudo contempla 15 municípios inseridos parcial ou totalmente na área de drenagem (Figura 1). A região apresenta elevada relevância socioambiental

devido à concentração populacional, às atividades agropecuárias e à presença de ecossistemas costeiros.

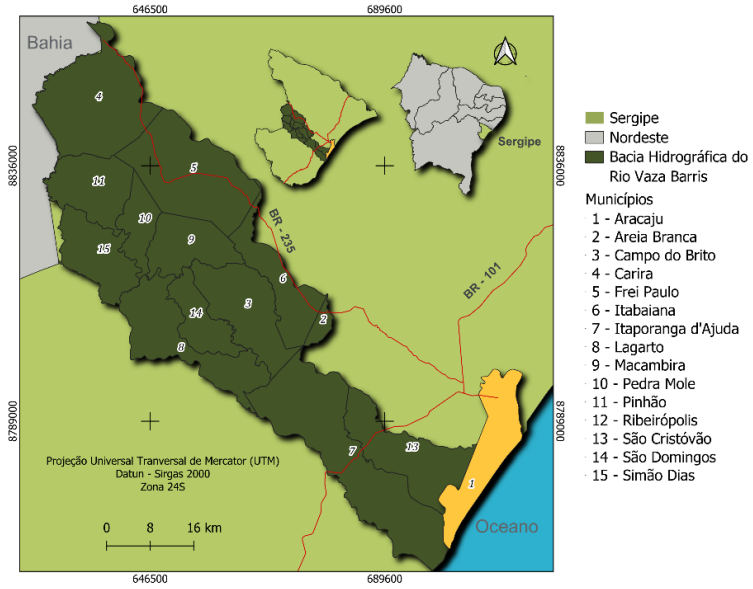


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do rio Vaza Barris (SE). Fonte: Autores (2026).

A metodologia adotada baseou-se na integração de dados ambientais e hidroquímicos em ambiente SIG, utilizando o *software* QGIS. Foram considerados mapas temáticos de precipitação, uso e cobertura do solo, geomorfologia, pedologia, geologia, sistemas aquíferos, profundidade dos poços, condutividade elétrica, concentração de cloretos e sólidos dissolvidos totais (SDT). Os dados foram obtidos por meio do Projeto MapBiomas e de bases cartográficas oficiais da ANA e da SERHIDRO.

RESULTADOS

O mapa de uso e cobertura do solo (Figura 2a) e o mapa de precipitação (Figura 2b) apresentam a distribuição da vegetação natural e das ocupações humanas e da precipitação média anual na Bacia do Rio Vaza Barris (SE), mostrando áreas de pastagens, agricultura e vegetação natural, bem como regiões de maior e menor disponibilidade hídrica. Esses mapas permitem observar, de maneira preliminar, como a ocupação do solo e os padrões pluviométricos podem influenciar a recarga dos aquíferos e a vulnerabilidade à salinização.

A análise do mapa de uso e cobertura do solo (Figura 2a) mostra que as áreas centrais e norte da bacia apresentam predominância de pastagens e agricultura temporária, enquanto a vegetação natural remanescente se mantém apenas em corredores ripários e áreas elevadas. A concentração de áreas urbanizadas e irrigadas na porção sul e leste coincide com regiões de maiores valores de condutividade elétrica (CE) e cloretos, sugerindo que o manejo do solo e o uso agrícola influenciam diretamente a qualidade da água subterrânea (ANA, 2021; SERHIDRO, 2020).

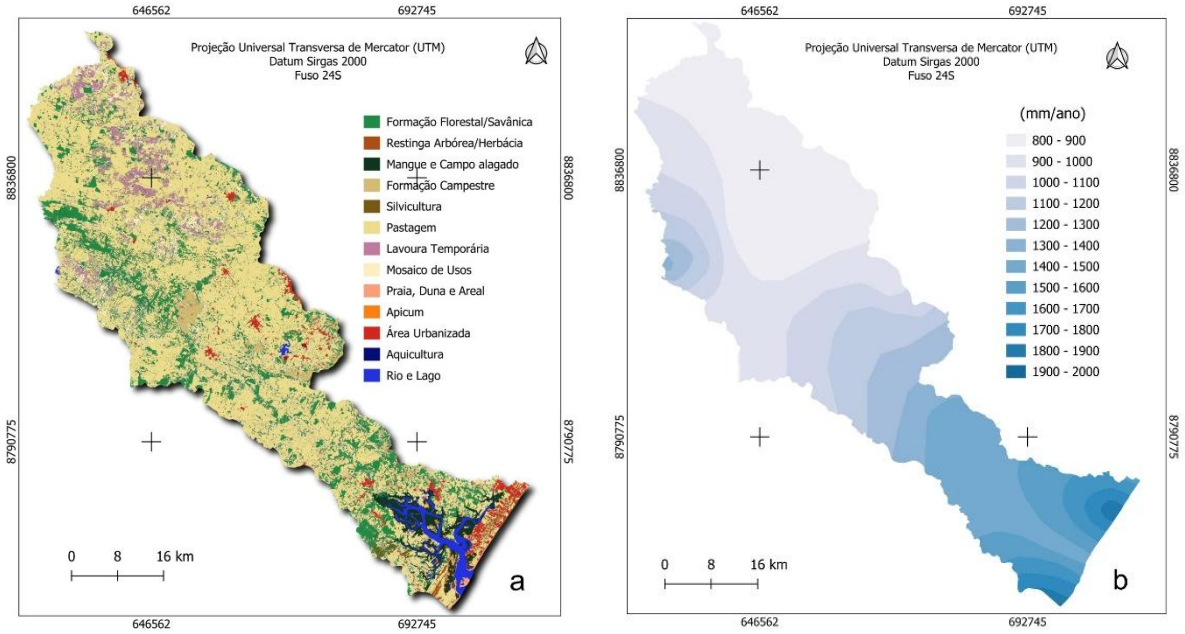


Figura 2 – Uso, cobertura do solo (a) e distribuição espacial da precipitação média anual (b). Fonte: Autores (2026).

O mapa de precipitação (Figura 2b) indica que o sul/sudoeste da bacia recebe maiores volumes pluviométricos (>1.500 mm/ano), enquanto o centro/norte apresenta menores índices (<1.000 mm/ano). Essa distribuição explica parcialmente a menor salinidade observada nas regiões centrais, uma vez que a maior recarga natural reduz a concentração de sais nos solos e nos aquíferos. A correlação entre os mapas de uso do solo e de precipitação reforça que áreas de pastagens e irrigação em regiões de baixa precipitação apresentam maior risco de salinização (Montenegro *et al*., 2009).

Os compartimentos geomorfológicos exercem forte influência sobre os processos hidrológicos e a dinâmica ambiental da bacia hidrográfica. Observa-se predominância de áreas dissecadas no médio e alto curso (Figura 3a), favorecendo maior velocidade do escoamento superficial e a intensificação dos processos erosivos. As planícies costeiras e depressões fluviais apresentam solos rasos e arenosos, o que facilita a percolação rápida da água e a mobilização de sais para os aquíferos superficiais. Por outro lado, os planaltos e áreas elevadas, com solos mais profundos. Como os argissolos e cambissolos (Figura 3b), oferecem maior capacidade de infiltração e proteção natural contra a salinização.

O mapa de geologia (Figura 4a) e o mapa dos tipos de aquíferos (Figura 4b) mostram a presença de unidades sedimentares (aquíferos granulares) e cristalinas fraturadas (aquíferos fissurais), indicando áreas com maior ou menor permeabilidade. Essa visualização inicial permite identificar, de maneira geral, quais regiões podem ser mais vulneráveis à salinização antes da análise detalhada dos dados hidroquímicos. As unidades sedimentares localizadas no sul e leste da bacia apresentam maior permeabilidade, facilitando a intrusão salina nos aquíferos rasos. Já as áreas centrais e do norte,

dominadas por rochas cristalinas e metamórficas, possuem aquíferos mais protegidos, com menor transmissividade. No entanto, possem maior concentração de sais.

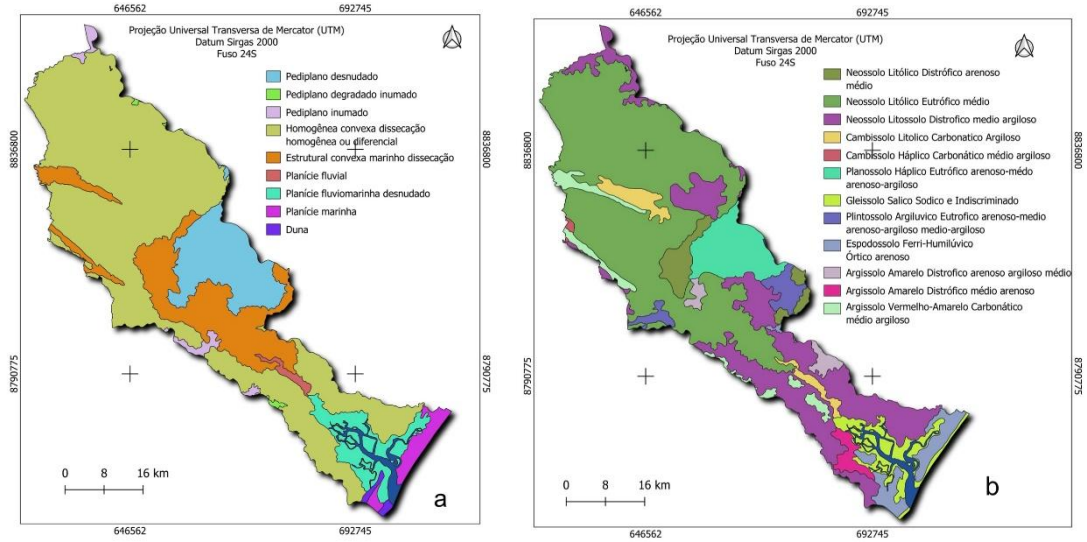


Figura 3 – Características geomorfológicas (a) e classes pedológicas (b). Fonte: Autores (2026).

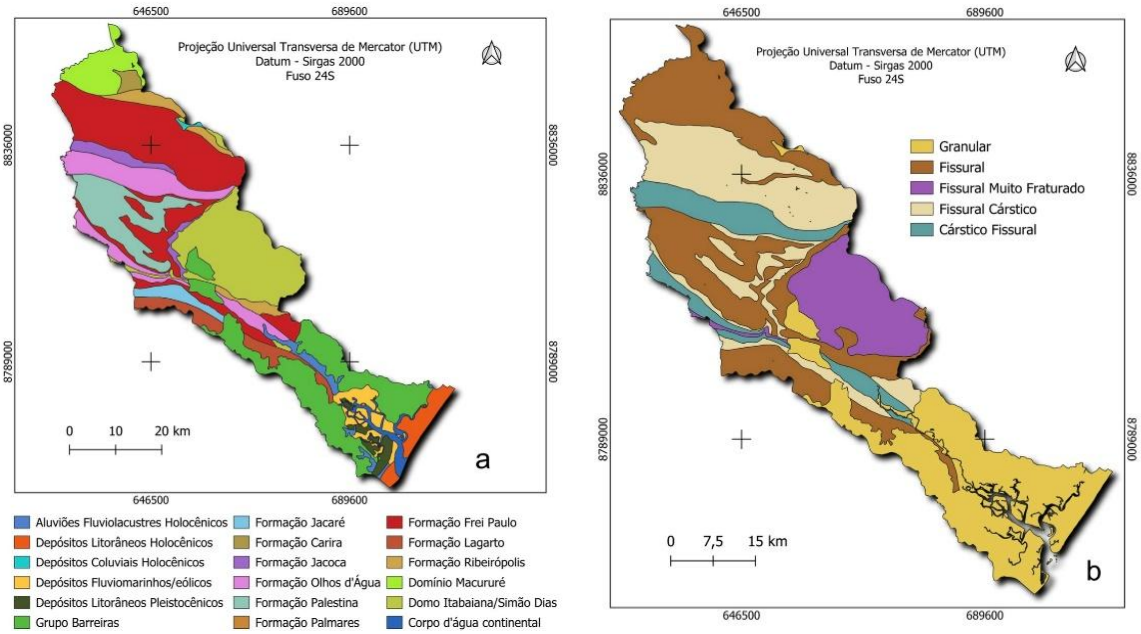


Figura 4 – Mapas de geologia (a) e tipos de aquíferos (b). Fonte: Autores (2026).

A análise do mapa de condutividade elétrica (Figura 5a) mostra valores mais elevados principalmente na parte norte da bacia, enquanto os sólidos totais dissolvidos (Figura 5b) apresentam concentrações mais altas nas regiões sul e leste. A relação entre os mapas hidroquímicos e as unidades geológicas indica que o padrão espacial de salinização está relacionado às características litológicas e hidrogeológico da bacia hidrográfica e demonstra o papel do tipo de rocha e dos aquíferos no

transporte e armazenamento de sais dissolvidos, fatores cruciais que influenciam a vulnerabilidade hídrica.

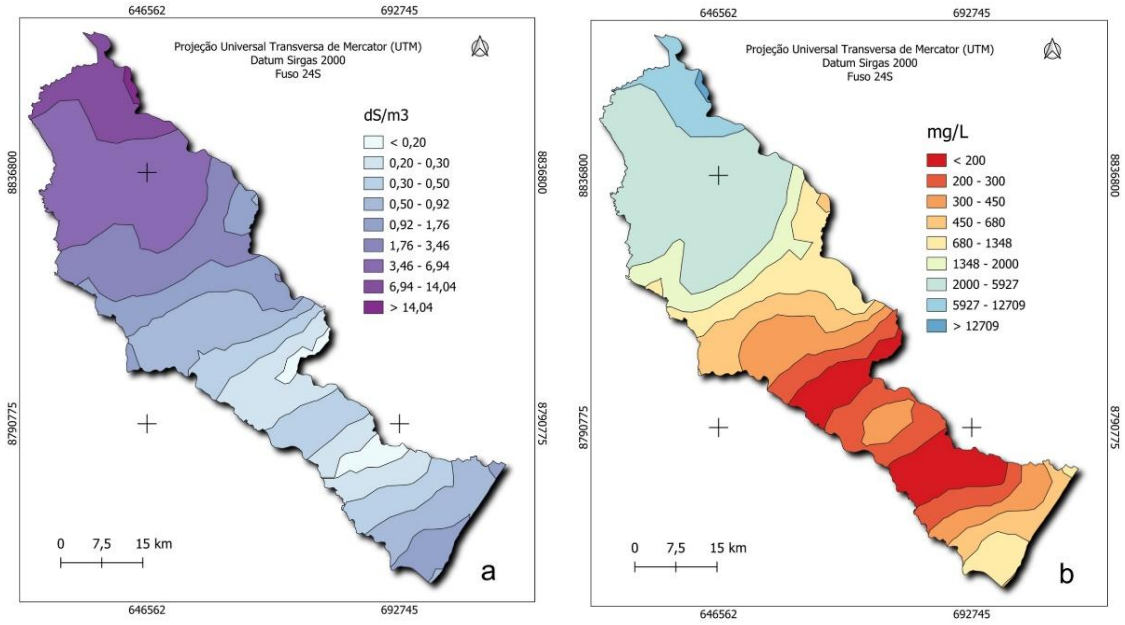


Figura 5 - Condutividade elétrica (a) e sólidos dissolvidos totais (b). Fonte: Autores (2026).

A análise conjunta dos mapas de condutividade elétrica (CE) e sólidos dissolvidos totais (SDT) para a bacia do Rio Vaza Barris (SE), revela um padrão espacial diretamente controlado pela influência oceânica e pelas condições geoambientais da região de estudo. Maiores valores de CE (> 6 dS/m³) e SDT (>12.000 mg/L) encontram-se concentrados na maior parte nas regiões sul e leste da bacia, localizadas sobre áreas de planícies costeiras e solos rasos, condições essas que facilitam a mobilidade e o acúmulo de sais nos aquíferos. Em contrapartida, as regiões centrais e norte delineiam-se por concentrações inferiores, indicando ambientes com menor propensão a processos de salinização (Gomes, 2020).

O mapa de cloretos (Figura 6a) confirma esse comportamento, com maiores concentrações nas regiões já identificadas com elevada CE e SDT, confirmando a influência conjunta da proximidade costeira, litologia e condições hidrogeológicas locais. Os resultados indicam que a distribuição espacial da salinização na bacia não depende somente da distância ao litoral, mas também pela interação do relevo com o tipo de solo e a cobertura vegetal. Além disso, a profundidade do poço (Figura 6b) indica uma potencial proteção natural aos aquíferos na área de estudo, uma vez que na bacia do rio Vaza Barris (SE) os poços mais profundos apresentaram uma tendência a ter menores níveis de salinização. Tais considerações reforçam a necessidade de planejamento ambiental, conservação das áreas de recarga e proteção para assegurar a qualidade da água subterrânea.

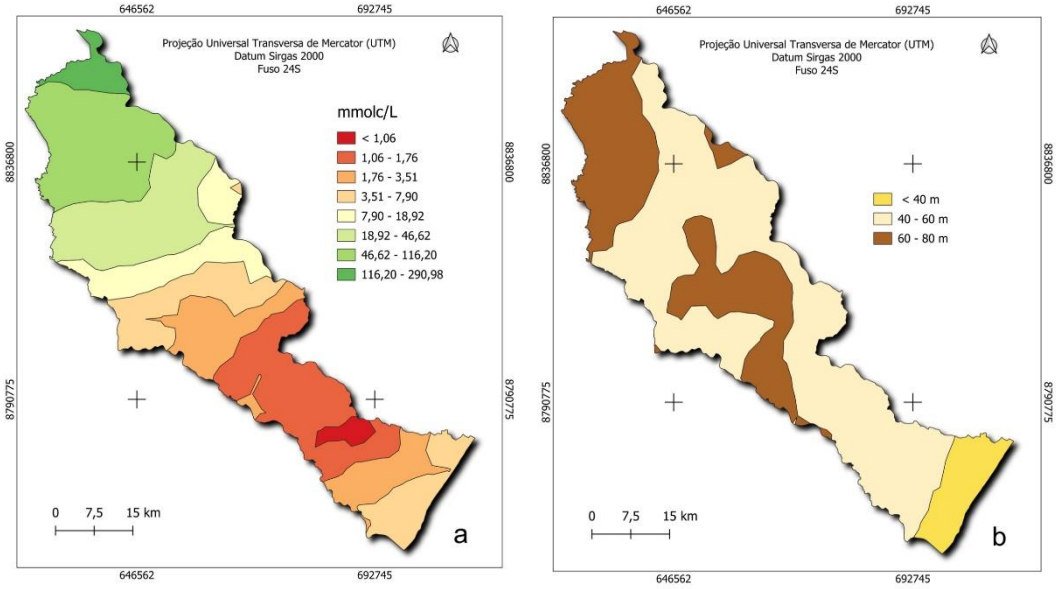


Figura 6 – Mapa de distribuição de cloreto (a) e de profundidade dos poços (b). Fonte: Autores (2026).

A combinação dos mapas da bacia do rio Vaza Barris (SE) em uma análise espacial integrada indicou que a salinização é oriunda da interação entre intrusão salina marinha, das características litológicas e das pressões antropogênicas. No mapa de profundidade dos poços (Figura 6b) os poços rasos (< 40 m), que predominam nas planícies costeiras e nas porções sul e leste da bacia, corresponderam aos valores mais elevados de condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais e cloreto, indicando maior vulnerabilidade à salinização. Por outro lado, os poços mais profundos (> 80 m), concentrados nas regiões centrais e norte, apresentam concentrações salinas menores. (Alves et al., 2022; ANA, 2021).

A combinação das informações de profundidade do poço com os mapas de geologia, tipo do solo e parâmetro hidroquímico evidencia que as formações sedimentares são mais vulneráveis à salinização, enquanto as regiões ligadas às rochas cristalinas apresentam águas de melhor qualidade. Esses resultados destacam o potencial de uma abordagem integrada de dados espaciais e ferramentas de SIG no desenvolvimento de estratégias sustentáveis de gestão de águas subterrâneas, permitindo que as zonas vulneráveis previstas sejam usadas como base para direcionar potenciais projetos de gestão de águas subterrâneas na bacia de Vaza Barris.

CONCLUSÕES

A análise integrada dos mapas indica que a salinização das águas subterrâneas na porção sergipana da Bacia do Rio Vaza Barris é mais intensa nas regiões sul e leste, especialmente nas planícies costeiras, onde os valores de condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais e concentração de cloretos atingem os maiores níveis. Essas áreas estão associadas a solos rasos e

sedimentos inconsolidados, além da influência direta da intrusão marinha, evidenciando a vulnerabilidade da água subterrânea frente às pressões naturais e antrópicas.

As regiões centrais e do norte da porção estudada apresentam menores níveis de salinização, com água subterrânea de melhor qualidade, devido à maior profundidade dos poços, aos solos mais argilosos e à presença de rochas cristalinas e metamórficas. Esses fatores geológicos e hidrogeológicos conferem maior proteção natural aos aquíferos, reduzindo o impacto da intrusão salina e facilitando a manutenção da disponibilidade hídrica.

A integração espacial de mapas de geomorfologia, pedologia, geologia, uso do solo, precipitação, profundidade dos poços e qualidade da água permitiu identificar áreas críticas de vulnerabilidade e compreender as interações entre fatores naturais e atividades humanas. Essa abordagem oferece subsídios fundamentais para o planejamento do uso sustentável dos recursos hídricos e para o desenvolvimento de estratégias de monitoramento e mitigação da salinização.

O planejamento da captação de água subterrânea deve considerar a profundidade dos poços, a litologia e os tipos de solo, priorizando o monitoramento contínuo, a proteção de áreas de recarga e o controle da irrigação em regiões vulneráveis. A análise integrada evidencia a necessidade de uma gestão hídrica estratégica, capaz de conciliar a utilização da água para fins urbanos e agrícolas com a preservação ambiental, garantindo segurança hídrica para a população e para os ecossistemas costeiros.

Por fim, o uso de SIG e da análise geoespacial integrada demonstrou ser uma ferramenta essencial para avaliar a distribuição da salinização na Bacia do Rio Vaza Barris (SE), fornecendo informações precisas para políticas públicas, o manejo sustentável dos aquíferos e a conservação ambiental, reforçando a importância da combinação de fatores naturais e antrópicos na gestão dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. E.; NASCIMENTO, S. A. de M.; GOMES, M. da C. R. (2022). "*Intervening factors in the groundwater salinization process, Cachoeira River Basin, Northeastern Brazil*". *Anuário do Instituto de Geociências* 45(46067), pp. 1-13.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (2021). "*Atlas Águas: segurança hídrica do abastecimento urbano*." Ana Brasília–DF, 169 p.

MONTENEGRO, S. M. G. L.; CABRAL, J. S. P.; PAIVA, A.L. R.; DEMETRIO, J. G. A. CAVALCANTI, G. L. (2009). "*Águas subterrâneas na zona costeira da Planície do Recife (PE): evolução da salinização e perspectivas de gerenciamento*." Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 14(3), pp.81-93.

GOMEZ, L. N. G. (2020). "*Investigação hidrogeoquímica do processo de salinização aplicada ao sistema aquífero Dunas-Pecém, Ceará*." Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 115 p.

MAPBIOMAS (2026). "*Projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo no Brasil*." Disponível em: https://mapbiomas.org.

OLIVEIRA, S. P. de B.; BATISTA, J. J. (1998). "*Influência do índice de aridez e da litologia nos processos de salinização das águas do aquífero fissural na região semiárida do Nordeste*". *Águas Subterrâneas* [S. l.](1), pp. 1-13.

QGIS DEVELOPMENT TEAM (2024). "*A Free and Open Source Geographic Information System*." [S. I., s. n.], 2024. Disponível em: https://www.qgis.org/en/site/.

SEMAC. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Sustentabilidade e Ações Climáticas. (2025) *"SERhidro Geo-Versão 2025*." Disponível em: https://serhidro.semac.se.gov.br/.