QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ZONA DE EXPANSÃO DE ARACAJU, SERGIPE, BRASIL

Victor Emiliano Silva Francelino[1]; Nyvia Maria Santos Ribeiro Saturnino [2] & Roger Dias Gonçalves[3]

RESUMO – A expansão urbana e as atividades agrícolas nas zonas costeiras têm intensificado a pressão sobre os aquíferos, tornando essencial o monitoramento das águas subterrâneas. Este estudo teve como objetivo caracterizar a qualidade físico-química das águas do aquífero costeiro da Zona de Expansão de Aracaju–SE e avaliar sua aptidão para irrigação. As amostragens foram realizadas em maio de 2025 em quatro poços tubulares rasos, com medições in loco de pH e condutividade elétrica, além de análises laboratoriais de íons maiores, série nitrogenada e glifosato. Os resultados foram avaliados conforme a Resolução CONAMA nº 396/2008, a Decisão de Diretoria CETESB nº 125/2021/E e o Diagrama de Riverside. O pH variou entre 6,74 e 8,97, enquanto a condutividade elétrica apresentou valores de 768 a 1.176 µS/cm. A Razão de Adsorção de Sódio classificou todas as amostras como C3S1, indicando alta salinidade e baixa sodicidade. Concentrações elevadas de amônia e nitrato no poço P3 sugerem contaminação por efluentes domésticos e insumos agrícolas. Também foi detectado glifosato no poço P2, evidenciando a vulnerabilidade do aquífero à contaminação por agrotóxicos. Conclui-se que as águas apresentam restrições para irrigação devido à elevada salinidade.

ABSTRACT – Urban expansion and agricultural activities in coastal zones have intensified pressure on aquifers, making groundwater monitoring essential. This study aimed to characterize the physicochemical quality of groundwater from the coastal aquifer in the Expansion Zone of Aracaju, Sergipe, Brazil, and to evaluate its suitability for irrigation. Sampling was conducted in May 2025 in four shallow tubular wells, including in situ measurements of pH and electrical conductivity, as well as laboratory analyses of major ions, nitrogen compounds, and glyphosate. The results were evaluated according to CONAMA Resolution No. 396/2008, CETESB Board Decision No. 125/2021/E, and the Riverside Diagram. The pH ranged from 6.74 to 8.97, while electrical conductivity varied from 768 to 1,176 µS/cm. The Sodium Adsorption Ratio classified all samples as C3S1, indicating high salinity and low sodicity. Elevated ammonia and nitrate concentrations in well P3 suggest contamination by domestic wastewater and agricultural inputs. Glyphosate was also detected in well P2, highlighting the vulnerability of the aquifer to pesticide contamination. The results indicate that the groundwater has restrictions for irrigation due to high salinity.

Palavras-Chave – Hidroquímica; Salinidade de Aquíferos; Sodicidade.

[1]) Departamento de Geologia, Universidade Federal de Sergipe (UFS), Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, Av. Marcelo Deda Chagas, s/n, Rosa Elze, São Cristóvão/SE – CEP 49107-230. victoremiliano.geo@gmail.com
[2]) Grupo de Pesquisas Hidrogeológicas e Ambientais (GPHIDRA), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, Av, Marcelo Deda Chagas, s/n, Rosa Elze, São Cristóvão/SE – CEP 49107-230, (79) 3194-6600, nyviasaturnino@academico.ufs.br
[3]) Departamento de Geologia (DGEOL), Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PRORH) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, Av. Marcelo Deda Chagas, s/n, Rosa Elze, São Cristóvão/SE – CEP 49107-230, (79) 3194-6600, roger.dias@academico.ufs.br

1 – INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural e limitado, essencial para as diferentes formas de vida existentes. Entre as suas inúmeras utilidades estão abastecimento hídrico, atividades agropecuárias, recreação, geração de energia e fonte de renda para populações ribeirinhas. Essa utilização dos recursos hídricos para os diferentes tipos de atividades humanas coloca em risco tanto a quantidade quanto a qualidade da água disponível para a sociedade (Chaves *et al.,* 2022).

As zonas costeiras são áreas de intensa interação entre sistemas naturais e atividades antrópicas, onde a gestão dos recursos hídricos subterrâneos torna-se cada vez mais desafiadora. Dessa forma, os aquíferos costeiros têm sido submetidos à constante pressão em decorrência da crescente urbanização nessas regiões, com consequente aumento da demanda de água para as inúmeras atividades agrícolas, industriais e domésticas (de Araújo *et al.,* 2023).

A água doce armazenada em aquíferos costeiros é particularmente suscetível à degradação. Nesse contexto, a redução da disponibilidade hídrica em sistemas aquíferos costeiros tem se tornado uma questão crítica global. Chandrajith *et al.* (2014) destacam que, em zonas tropicais e subtropicais, a degradação da qualidade da água gera impactos econômicos diretos, exigindo atenção imediata na gestão hídrica. Complementarmente, de Araújo *et al.* (2023) afirmam que a exploração inadequada dos recursos hídricos subterrâneos gera efeitos negativos comprometendo a qualidade das águas subterrâneas, restringindo assim o seu uso.

Em áreas urbanas de regiões costeiras, o problema é agravado pela impermeabilização do solo, pela ocupação de áreas de recarga e pela perfuração indiscriminada de poços. Cidades costeiras como Aracaju, apresentam características que a tornam particularmente vulnerável a contaminações de seus aquíferos, como sua localização em faixa costeira, presença de aquíferos sedimentares pouco profundos e crescente pressão urbana sobre os recursos hídricos (Teixeira *et al*., 2019; Vilar *et al*., 2024).

Em Sergipe, os recursos hídricos subterrâneos representam reservas hídricas com potencial e em crescente exploração (Linhares, 2018). A intensidade de uso dessas águas é condicionada tanto pelas demandas socioeconômicas locais quanto pelas propriedades físico-químicas da água.

No contexto da Zona de Expansão de Aracaju-Sergipe, a crescente pressão urbana exige uma avaliação da viabilidade dessas águas subterrâneas, visto que a qualidade do recurso dita as limitações de uso e o nível de vulnerabilidade do aquífero. A caracterização desse sistema para irrigação envolve a análise de parâmetros físico-químicos e químicos que indicam riscos potenciais de salinização, sodicidade e toxicidade específica para as culturas.

2 – OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo realizar a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas do aquífero costeiro na zona de expansão da cidade de Aracaju – Sergipe. Além disso, busca avaliar a conformidade da qualidade de água frente aos padrões normativos estabelecidos pela Resolução CONAMA N°396/2008 e pela Decisão de Diretoria CETESB N°125/2021/E, como referência orientadora complementar, bem como determinar a Relação de Adsorção de Sódio (RAS) para a devida classificação dessas águas para fins de irrigação.

3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Aracaju está localizado no litoral do estado de Sergipe, inserido em uma área de planície costeira caracterizada por sedimentos recentes. A área de estudo está situada na região conhecida como zona de expansão, na porção sul do município, abrangendo bairros como Aruana, Mosqueiro e Gameleira, a cerca de 23 km do centro da cidade (Figura 1).

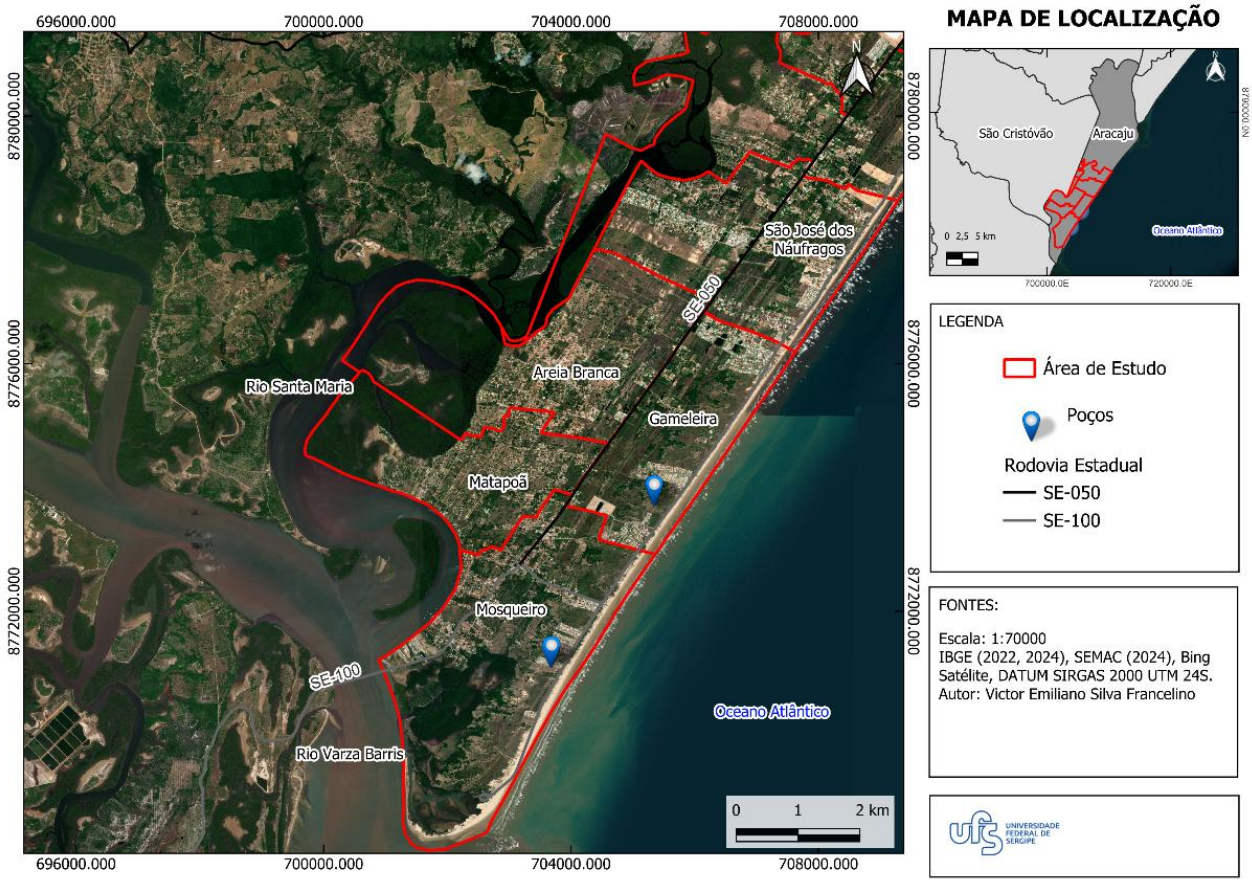


Figura 1 – Localização da área de estudo e dos pontos amostrados. Fonte: Autor.

A área de estudo está localizada em uma das onze províncias hidrogeológicas de ocorrência em todo o Brasil, denominada Província Costeira (PC). Esta província é formada por sedimentos superficiais com extensão em todo o território nacional desde o Amapá até o Rio Grande do Sul, apresentando um potencial hídrico com vazões compreendidas entre 10 e 100 m³/h (Feitosa *et al.,* 2008). A área integra a PC, composta por aquíferos granulares formados por sedimentos inconsolidados quaternários.

O aquífero local apresenta elevada permeabilidade e boa produtividade hídrica, sendo constituído por depósitos marinhos, flúvio-lagunares, manguezais e aluviões. Trata-se de um sistema predominantemente livre, localmente confinado, bastante vulnerável à contaminação devido à sua elevada permoporosidade e à ocorrência superficial.

A Zona de Expansão de Aracaju é marcada pelo predomínio de solos arenosos, especialmente Espodossolos Ferrihumilúvicos e Neossolos Quartzarênicos, além de Gleissolos em áreas de manguezais e várzeas. Esses solos apresentam baixa fertilidade natural, elevada drenagem, alta suscetibilidade à erosão e à infiltração de contaminantes, devido à predominância dos Neossolos Quartzarênicos.

4 – MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas de campo foram conduzidas em conformidade com as recomendações da Norma Técnica ABNT/NBR 15847/2010 e do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras CETESB/ANA. As coletas foram realizadas em maio de 2025 em quatro poços tubulares localizados dentro da área de estudo, sendo dois em um condomínio residencial e dois em um viveiro de plantas.

A campanha de amostragem foi realizada durante o início do período chuvoso. Foram utilizados frascos esterilizados de polipropileno previamente preparados no LTMA da UFS para a coleta de água subterrânea. Os parâmetros pH e condutividade elétrica (CE) foram aferidos utilizando sonda multiparâmetro modelo YSI EXO 1, conforme recomenda o manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água da Embrapa.

As amostras foram refrigeradas e encaminhadas para análise laboratorial dos íons, determinados por cromotografia iônica (METROHM, modelo 882 Compact IC Plus). Os valores dos parâmetros físico-químicos e íons foram comparados com os valores guia da Resolução CONAMA n°396/2008 e valores orientadores da Decisão de Diretoria CETESB 125/2021/E para solo e água subterrânea.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos durante as análises físico-químicas dos parâmetros: pH e condutividade elétrica (CE) nas águas dos quatro poços da área de estudo podem ser identificados na tabela 1. Com os valores obtidos nas três medições em cada poço, foi feito o cálculo da média aritmética para melhor análise estatística dos resultados.

Os valores de pH variaram entre levemente ácidos e alcalinos, com valores entre 6,0 a 9,0. A água coletada no poço P3 apresentou o maior valor com o pH 8,97, indicando água alcalina assim como nos poços P1 e P4, enquanto no poço P2 apresentou o menor pH 6,74, caracterizando uma água levemente ácida. Sob o ponto de vista do pH, as águas analisadas não apresentam restrição severa imediata para irrigação, mas os poços P1 e P3 indicam uma condição alcalina que requer monitoramento e manejo adequado, sobretudo considerando que o aquífero estudado é raso, arenoso e vulnerável a alterações hidroquímicas.

Embora esses valores não indiquem, isoladamente, a inviabilidade do uso da água para irrigação, eles sugerem condição de alcalinidade elevada, que pode interferir na disponibilidade de nutrientes no solo e favorecer problemas de manejo agrícola, especialmente quando associada à salinidade.

Dessa forma, as águas dos poços P1 e P3 devem ser interpretadas com atenção, recomendando-se o acompanhamento periódico do pH e de parâmetros associados, como alcalinidade, bicarbonato, carbonato, cálcio, magnésio e sódio.

A condutividade elétrica (CE) variou de 768 a 1176 µS/cm, entrando na classe C3 indicando salinidade alta, refletindo diferenças na carga iônica dissolvida entre os poços. Segundo a classificação da FAO, águas com CE abaixo de 700 µS/cm não apresentam restrição de uso. No entanto, valores entre 700 e 3.000 µS/cm, faixa na qual todos os poços do estudo se encontram, indicam uma restrição ligeira a moderada para a irrigação.

Dessa forma, a água pode ser utilizada, mas pode reduzir a produtividade de culturas mais sensíveis devido à salinidade (dificuldade de as raízes absorverem água). Para evitar prejuízos, é preciso aplicar um manejo adequado, garantindo a lavagem constante do solo arenoso. Os resultados das análises dos íons podem ser visualizados na tabela abaixo.

Além da aptidão para irrigação, a condutividade elétrica é o melhor indicador para verificar o avanço da cunha salina no aquífero costeiro. A água do mar pura apresenta uma condutividade extrema, muitas vezes superior a 50.000 µS/cm. Em aquíferos litorâneos, águas doces costumam ter CE abaixo de 700 µS/cm, como sugerem trabalhos como De Aguiar et al. (2000), onde identificaram concentrações médias de CE em torno de 500 µS/cm no litoral do Ceará, e o trabalho realizado em

Sergipe por Santos *et al*. (2025) onde a condutividade elétrica da água subterrânea variou de 89,10 a 466,40 µS/cm inserido em depósitos quaternários.

Águas de poços que são atingidos fortemente pela intrusão direta da água do mar costumam registrar valores superiores a 2.000 ou 3.000 µS/cm de CE, podendo atingir proporções ainda maiores como apontado por Araújo (2024), onde foram detectados valores de até 4.788 µS/cm. Como os valores encontrados para este estudo atingiram o máximo de 1.176 µS/cm (P3), pode-se afirmar que os poços não estão captando diretamente a cunha salina. Contudo, essa salinidade intermediária já indica uma mistura incipiente (inicial).

Esse aumento de sais pode ser resultado do fenômeno de *upconing* (quando o bombeamento contínuo puxa levemente a água salgada profunda para cima) somado à influência da maresia (aerossóis marinhos) e à infiltração de contaminantes na superfície. Essa condição comprova a fragilidade do sistema e a necessidade de evitar a superexplotação dos poços.

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros analisados nas águas subterrâneas

Parâmetros analisados	**Unidades**	**LD**	**Resultados dos Poços**			
			P1	**P2**	**P3**	**P4**
Amônia	mg/L NH_3	0,10	2,2119	2,5796	10,8014	4,1056
Nitrato	mg/L NO_3^-	0,10	4,4621	2,5994	19,2799	4,1499
Nitrito	mg/L NO_2	0,10	n.a	n.a	n.a	n.a
Fósforo	mg/L P	0,00	0,4394	0,1557	0,2618	0,3329
Cloreto	mg/L Cl^-	0,20	159,4258	79,5802	219,4188	108,5085
Fluoreto	mg/L F	0,04	0,3727	0,1855	0,3666	0,4968
Sulfato	mg/L SO_4	0,20	8,2446	8,1245	96,0318	1,7254
Bromato	mg/L BrO_3	0,0100	n.a	n.a	n.a	n.a
Cálcio	mg/L Ca	0,20	54,1848	29,0217	127,0949	42,8417
Magnésio	mg/L Mg	0,20	45,4888	19,5945	33,9923	32,1180
Potássio	mg/L K	0,20	9,3629	4,2208	22,4919	13,3564
Sódio	mg/L Na	0,40	99,8333	45,5137	120,9168	76,5789
Clorito	mg/L ClO_2	0,100	n.a	n.a	n.a	n.a
Glifosato	($C_3H_8NO_5P$) µg/L	10,0	n.a	35,2519	n.a	n.a
pH	-	-	8,70	6,74	8,97	7,4
CE	µS/cm	-	950	956	1176	768

A maior concentração de amônia foi identificada no poço P3 com 10,80 mg/L, o poço P4 apresentou 4,10 mg/L, e os valores mais baixos foram nos poços P1 e P2 com 2,21 e 2,57 mg/L, respectivamente. Dessa maneira, enquanto a água presente nos poços P1, P2 e P4 apresentou concentrações menores de amônia, o poço P3 revelou uma concentração anômala de 10,80 mg/L.

Ainda assim, todos esses valores são indicativos de impacto antrópico severo em aquíferos livres. Altas concentrações desse composto indicam forte aporte recente de matéria orgânica nitrogenada e condições redutoras agudas no aquífero adjacente àquela captação.

A interpretação da série nitrogenada, particularmente no poço P3, revela uma dinâmica hidroquímica que demanda uma análise detalhada das condições redox locais. Embora a ausência de nitrito tenha sido inicialmente atribuída à sua instabilidade e rápida conversão no ciclo do nitrogênio, a coexistência das concentrações elevadas de amônia (10,80 mg/L) sugere um cenário mais complexo. Em aquíferos rasos inseridos em Neossolos Quartzarênicos, a alta macroporosidade e permeabilidade do meio deveriam, em condições naturais, favorecer a oxigenação e a nitrificação completa.

O nitrato apresentou concentrações inferiores a 10 mg/L nos poços P1, P2 e P4 e concentração de 19,27 mg/L no poço P3. Embora os resultados tenham ficado dentro do limite estabelecido pela CETESB, eles indicam uma possível contaminação por nitrato no poço P3. É importante ressaltar que os poços P3 e P4 estão localizados em um viveiro de plantas e que fertilizantes aplicados no manejo de plantas contêm nitrogênio em diferentes formas (nitrato, amônio e ureia), sendo o nitrato suscetível à lixiviação, principalmente em solos arenosos típicos de depósitos litorâneos.

Em síntese, o poço P3 destaca-se como o ponto de maior criticidade hidroquímica. A coexistência de teores elevados de amônia (10,80 mg/L) e nitrato (19,27 mg/L) indica um aporte contínuo de carga orgânica que excede a capacidade de atenuação natural do solo. A localização do poço P3 em um viveiro de plantas favorece o aporte direto de insumos agrícolas e efluentes sanitários que, em função da macroporosidade dos neossolos quartzarênicos, são rapidamente infiltrados e transportados até o lençol freático.

O glifosato foi identificado somente nas amostras do P2, com uma concentração de 35,25 µg/L. A detecção do glifosato indica uma contaminação antrópica recente, que no caso do poço P2 provavelmente está associado a práticas de manutenção das áreas verdes do condomínio. A Resolução CONAMA N°396/2008 define o valor máximo permitido para glifosato e seu metabólito AMPA em águas de irrigação os valores de 0,13; 0,06 e 0,04 µg/L.

Assim, o valor de 35,25 µg/L ultrapassa os limites permitidos pela legislação brasileira para o uso preponderante da água para irrigação e ultrapassa também os limites internacionais de proteção ambiental, que costumam ser de 0,1 µg/L para agrotóxicos isolados. A presença de glifosato na concentração de 35,25 µg/L nas águas subterrâneas rasas é uma evidência clara da alta vulnerabilidade do aquífero na zona de expansão de Aracaju. O glifosato é uma substância que costuma se fixar nas partículas do solo, principalmente nas argilas. Por isso, ele normalmente não atinge os aquíferos com facilidade.

A detecção deste herbicida no sistema aquífero evidencia a baixa capacidade de retenção dos solos arenosos locais (neossolos quartzarênicos). Devido à elevada condutividade hidráulica e macroporosidade, a infiltração ocorre de forma acelerada, promovendo a lixiviação direta do composto até a zona saturada. É provável que a taxa de aplicação do herbicida em áreas verdes e viveiros supere a capacidade natural de purificação dos corpos hídricos ou o potencial de atenuação natural do meio físico. Esse cenário configura uma contaminação, representando um risco ambiental persistente e de exposição prolongada para as comunidades dependentes deste aquífero litorâneo.

A avaliação do risco de salinidade e sodicidade na irrigação é crucial para evitar a degradação do solo e água subterrânea. Por meio das análises realizadas e com os parâmetros necessários (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, Condutividade elétrica), é possível calcular e plotar o risco de salinização e sodificação das águas subterrâneas. Os valores da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) ficaram entre 1,60 no poço P2 e 2,46 no poço P3.

De acordo com o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (USSL), valores de RAS menores que 10 classificam a água na categoria S1, que significa baixo risco de sodificação do solo. Ao cruzar esse baixo risco de sódio (S1) com a alta salinidade (C3), todos os poços foram classificados como C3S1 (Figura 2).

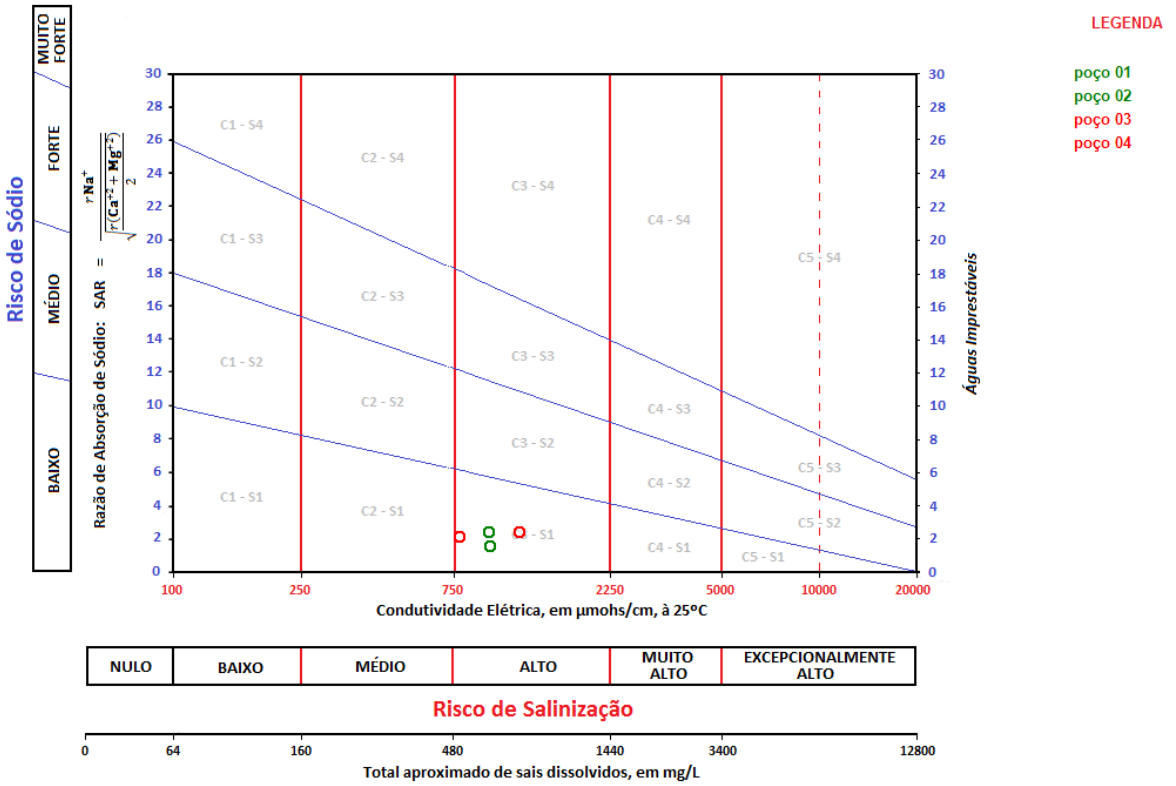


Figura 2 – Classificação das águas subterrâneas para irrigação.

A classificação C3S1 indica restrições significativas ao uso da água para irrigação. O baixo risco de sodificação é atribuído à presença de cálcio, que atua como agente floculante e contribui para a manutenção da estrutura física do solo. Contudo, a elevada salinidade pode exercer efeito fitotóxico sobre as culturas, especialmente hortaliças sensíveis, exigindo práticas de manejo como lavagens periódicas do solo e seleção de espécies tolerantes.

Esses resultados fornecem um diagnóstico mais preciso sobre a viabilidade do uso da água para irrigação na região, complementando a análise baseada nos limites normativos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 396/2008 e pela Decisão de Diretoria CETESB N° 125/2021/E como referência orientadora complementar.

5 – CONCLUSÃO

A caracterização hidroquímica em poços amostrados no aquífero costeiro da Zona de Expansão de Aracaju revelou um sistema ambientalmente frágil, influenciado tanto pelas características naturais do meio físico quanto pelas pressões antrópicas associadas à urbanização e às atividades agrícolas locais. As análises realizadas permitiram identificar alterações na qualidade da água subterrânea e compreender os principais fatores relacionados à vulnerabilidade hidrogeoquímica local. Além disso, os resultados sinalizam a influência direta das condições geológicas, pedológicas e climáticas sobre a dinâmica de transporte e dispersão de contaminantes no aquífero. De modo geral, as concentrações das substâncias analisadas permaneceram abaixo dos valores orientadores estabelecidos pela Decisão de Diretoria CETESB nº 125/2021/E, valores orientadores adotados comparativamente. Da mesma forma, considerando apenas os parâmetros avaliados e os critérios da Resolução CONAMA nº 396/2008, as águas apresentaram qualidade compatível com o uso preponderante para irrigação, exceto para o glifosato. A detecção de amônia, nitrato e glifosato evidencia influência antrópica no aquífero, indicando aporte de compostos relacionados ao uso de fertilizantes agrícolas, efluentes domésticos e sistemas individuais de saneamento. As águas subterrâneas da área de estudo apresentam restrições quanto ao uso agrícola. A classificação das amostras na categoria C3S1, a partir da Razão de Adsorção de Sódio, indica águas com alta salinidade e baixo risco de sodificação, exigindo manejo adequado para irrigação, como lavagem periódica do solo, boa drenagem e utilização de culturas tolerantes à salinidade. Esse cenário está diretamente relacionado às características geológicas e pedológicas da região, marcada pela predominância de depósitos sedimentares arenosos e neossolos quartzarênicos, materiais com elevada permeabilidade e baixa capacidade de retenção de contaminantes. Associada à pequena profundidade do lençol freático e aos elevados índices pluviométricos do período de outono-inverno, essa condição favorece a infiltração e o transporte de substâncias dissolvidas até o aquífero, aumentando sua vulnerabilidade à

contaminação. Ressalta-se ainda que este estudo contemplou apenas parte dos parâmetros previstos nas normativas vigentes, sendo recomendado a ampliação das análises em investigações futuras. Dessa forma, os resultados reforçam a necessidade de medidas preventivas voltadas ao planejamento urbano, ao controle do uso de agroquímicos, à regularização das captações subterrâneas e à ampliação do monitoramento hidroquímico da região, visando evitar o agravamento dos processos de salinização e degradação da qualidade das águas subterrâneas.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15847: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Método de purga. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 20 p.

ARAÚJO, Karen Vendramini de. Hidrogeoquímica dos aquíferos costeiros no município de Icapuí-Ceará. 2024. 113 f. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de Diretoria n° 125/2021/E de 9 de dezembro de 2021. Dispõe sobre a atualização da lista de valores orientadores para solo e água subterrânea. Disponível em < https://www.cetesb.sp.gov.br/dx/api/dam/v1/collections/bdaae854-3898-47c1-85b4-b6b0b41cb31a/items/dbea6997-192a-42d1-994e-15f81eab69cb/renditions/e486bd8c-add8-4366-ae26-26a49c4f9c11?binary=true>. Acesso em maio de 2025.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2008. Disponível em: < https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-no-396-de-3-de-abril-de-2008/view> .

CHAVES, Suzane Cléia Santana et al. Caracterização hidroquímica de águas subterrâneas da Região Metropolitana do Recife-PE. Diversitas Journal, v. 7, n. 4, 2022.

CHANDRAJITH, Rohana et al. Quantification of groundwater–seawater interaction in a coastal sandy aquifer system: a study from Panama, Sri Lanka. Environmental earth sciences, v. 72, n. 3, p. 867-877, 2014.

DE ARAÚJO, Karen Vendramini et al. Vulnerabilidade à salinização por intrusão marinha em aquífero costeiro do Estado do Ceará. Derbyana, v. 44, 2023.

DE AGUIAR, Robério Bôto et al. A origem dos sais nas águas subterrâneas dos aquíferos costeiros no município de Caucaia–Ceará. Águas Subterrâneas, 2000.

FEITOSA, F. A. C et al. Hidrogeologia conceitos e aplicações. 3 eds. Rio de Janeiro: CPRM/LABHID-UFPE, 2008. 812 p.

LINHARES, S. S. Avaliação da vulnerabilidade de aquíferos no estado de Sergipe e município de Aracaju. São Cristóvão, 2018. 95 f. il.

SANTOS, C. S. M. et al. Variações Sazonais dos Parâmetros Físico-Químicos do Sistema Aquífero Quaternário Costeiro em Sergipe. Scientia Plena, v. 21, n. 11, 2025.

TEIXEIRA, T. O. et al. Análise da vulnerabilidade de aquíferos em Aracaju utilizando o Método GOD. 2019.

VILAR, J. W. C. et al. Rios e bacias hidrográficas em Sergipe: perspectivas geográficas. 1. ed. – Aracaju, SE: Criação Editora, 2024.