

ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PARÂMETROS QUÍMICOS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

EMANUELE MAIDANA PEREIRA¹; DANIEL GUNNAR FLORES SANHUDO²;
JULIANA PERTILLE DA SILVA³

¹*Universidade Federal de Pelotas – emanuelempereira06@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – daniel.sanhudo@ufpel.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – juliana.pertill@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras representam as regiões com maior concentração populacional do planeta, gerando intensa demanda pelos recursos hídricos em geral. Apesar de existirem importantes reservas de água subterrânea nessas regiões com aquíferos de alta produtividade, o correto gerenciamento é fundamental para sua sustentabilidade. Para isso é necessário buscar conhecimento aprofundado das características hidrogeológicas do ambiente em que o recurso hídrico se encontra, através do desenvolvimento de estudos e projetos que visem identificar e caracterizar o arcabouço hidrogeológico destas regiões (TROIAN, 2021).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo analisar as correlações entre parâmetros químicos nas águas subterrâneas do Aquífero Quaternário Costeiro, buscando compreender os processos hidrogeoquímicos atuantes e fornecer subsídios para a gestão dos recursos hídricos na região.

Para alcançar esse objetivo, a área de estudo foi definida na região costeira do Rio Grande do Sul, e contempla as formações Graxaim e Chuí, que são formações formados predominantemente por depósitos inconsolidados de areia, cascalho, silte, argila e turfa (VILLWOCK, 1972; CPRM, 2025).

A hidrogeologia dos pontos de coleta compreende os Sistemas Aquíferos Quaternários Costeiros I e II. Estes sistemas abrangem a região que se estende desde o Chuí até Torres. Compõe-se de uma sucessão de camadas sedimentares inconsolidadas de areias, argilas e camadas sílicas arenosas. Suas principais diferenças estão em suas capacidades específicas sendo o Sistema Aquífero Quaternário Costeiro I mais altas ultrapassando a 4 m³/h/m e o Sistema Aquífero Quaternário Costeiro II com capacidades específicas variando de baixas a médias, entre 0,5 e 1,5 m³/h/m (MACHADO, 2005). Esse trabalho, portanto, objetiva estudar a correlação entre os parâmetros físico-químicos analisados e sempre que possível, avaliar a proveniência deles. Para isso foram utilizados dados 14 poços de monitoramento, espalhados pela região costeira do Rio Grande do Sul, disponíveis no Serviço Geológico do Brasil – RIMAS.

2. METODOLOGIA

Neste estudo foram observados resultados de parâmetros de qualidade de água subterrânea de amostras coletadas em 11 pontos de coleta localizados na região costeira do Rio Grande do Sul (Tabela 1). Os dados foram extraídos do portal da Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas (CPRM, 2025).

Tabela 1- Informações das coletas das amostras estudadas.

Pontos N° de registro	Município	UTM (N/S)	UTM (L/O)	Data da Coleta
-----------------------	-----------	-----------	-----------	----------------

P01	4300022136	Santa Vitória do Palmar	6280232	282889	20/08/2022
P02	4300022639	Rio Grande	6397268	357941	20/08/2022
P03	4300021786	Rio Grande	6437987	385871	20/07/2022
P04	4300020531	Tavares	6538077	491778	30/10/2018
P05	4300022137	Arambaré	6577887	451899	20/08/2022
P06	4300021248	Balneário Pinhal	6653517	573293	20/07/2022
P07	4300020530	Osório	6687060	565115	20/07/2022
P08	4300020529	Xangri-lá	6702227	590649	20/07/2022
P09	4300020528	Capão da Canoa	6708011	592118	20/07/2022
P10	4300020566	Terra de Areia	6724591	597697	20/07/2022
P11	4300020526	Arroio do Sal	6726985	601315	20/07/2022

Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas. Para analisar as correlações entre parâmetros químicos das águas subterrâneas da área de estudos, aplicaram-se dois métodos de regressão: a regressão linear - RL e a regressão polinomial de segundo grau - RP. A partir do coeficiente de determinação (R^2) obtido por esses métodos, foi possível medir a intensidade das relações. Esses dados foram obtidos através do software Qualigraf e por meio destes, será possível a identificar correlações entre os parâmetros químicos e inferir sobre processos hidrogeoquímicos na área de estudos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores máximos e mínimos obtidos para cada parâmetro estudado estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Mínimos e máximos dos parâmetros químicos.

Parâmetros	unidade	Mínimo	Máximo
Na+K	mg/L	0	1.666,59
Ca	mg/L	0	410,21
Mg	mg/L	0	117,53
Cl	mg/L	0	3.346,00
SO4	mg/L	0	404,5
C.E.	mg/L	0	15.511

Na Tabela 3, os resultados referentes à regressão linear estão apresentados em negrito, enquanto os da regressão polinomial de segundo grau aparecem em fonte normal. Os valores com coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,7, considerados significativos, estão destacados em vermelho.

Tabela 3- Correlação entre parâmetros químicos das águas subterrâneas da região costeira do Rio Grande do Sul.

Parâmetros	Na+K	Ca	Mg	Cl	SO4	C.E.
Na+K	0,79	0,65	0,84	0,95	0,34	
Ca	0,86	0,93	0,91	0,62	0,29	
Mg	0,77	0,86	0,91	0,46	0,16	

Cl	0,15	0,91	0,94	0,7	0,2
SO₄	0,79	0,41	0,34	0,15	0,29
C.E.	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

Segundo Gomes e Cavalcante (2017) e Zhou, Li e Lu (2017), uma correlação forte com a Sólidos Totais Dissolvidos - STD pode ser usada para identificar parâmetros dominantes no processo de mineralização da área. Neste estudo não temos o parâmetro STD, então analisaremos com o parâmetro condutividade elétrica (C.E.) que possui relação direta e é utilizado para inferir sobre STD (FEITOSA et al., 2008). Segundo os resultados da tabela 2, não foi identificado nenhum parâmetro que apresenta dominância no processo de mineralização da área.

A intrusão salina em aquíferos costeiros consiste na entrada de água do mar em sistemas aquíferos de água doce, alterando sua composição química. Esse fenômeno é um dos principais focos de estudos hidroquímicos costeiros no mundo, sendo amplamente investigado para compreender processos de salinização e evolução da qualidade da água subterrânea (ZHOU; LI; LU, 2017; RAJENDIRAN et al., 2021).

Segundo Rajendiran et al. (2021), a correlação positiva observada entre Cl⁻ e Na⁺ (podendo ser identificado por R² elevado) evidencia a influência da intrusão de água do mar no aquífero e/ou associação à lixiviação secundária de sais presentes na matriz geológica. Neste estudo foi identificado R² 0,84 para RL que indica a possibilidade de haver influência de intrusão salina na área de estudos.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que, os apresentaram baixa correlação com C.E. indicando que não parâmetros que exerçam dominância no processo de mineralização da área estudada. Ademais, os parâmetros Cl⁻ e Na⁺ apresentaram R² elevado para RL e RP, o que indica influência marinha nas características hidroquímicas da área de estudos. Esta influência é algo já aguardado para a área de estudos estar localizado em um aquífero quaternário sedimentar costeiro. forte correlação sugerindo que a mineralização das águas subterrâneas é influenciada pelas trocas iônicas. Recomenda-se o reforço no monitoramento deste sistema aquífero com a finalidade de aprofundar o conhecimento de que a influência marinha se deve a origem geogênica ou decorre de intrusões da água do mar no aquífero.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FEITOSA, F. A. C. et al. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

GOMES, M. C. R.; CAVALCANTE, I. N. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água subterrânea. Águas Subterrâneas, v. 31, n. 1, p. 134–149, 2017. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28617>. Acesso em: 28 ago. 2025.

MACHADO, J. L. F. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final. Porto Alegre: CPRM, 2005. 65 p.

RAJENDIRAN, T. et al. Geochemical variations due to salinization in groundwater along the southeast coast of India. *SN Applied Sciences*, v. 3, p. 581, 2021. [Variações geoquímicas devido à salinização em águas subterrâneas ao longo da costa sudeste da Índia].

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). Águas subterrâneas: SIAGAS, 2025. Disponível em: https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/visualizar_mapa.php. Acesso em: 20 ago. 2025.

TROIAN, G. C. Compartimentação hidroestratigráfica do Sistema Aquífero Costeiro no estado do Rio Grande do Sul. 2021. 144 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, 2021.

VILLWOCK, J. A. Contribuição à geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul – Brasil. 1972. 134 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 1972.

ZHOU, P.; LI, M.; LU, Y. Hydrochemistry and Isotope Hydrology for Groundwater Sustainability of the Coastal Multilayered Aquifer System (Zhanjiang, China). *Geofluids*, [s. l.], 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2017/7080346>. Acesso em: 28 ago. 2025.