

AVALIAÇÃO TEMPORAL DE DADOS HIDROQUÍMICOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM UM AQUIFERO COSTEIRO: UMA ABORDAGEM ESTATÍSTICA

DANIEL GUNNAR FLORES SANHUDO¹; HENRIQUE SANCHEZ FRANZ²;
JULIANA PERTILLE DA SILVA³

¹Universidade Federal de Pelotas – danielgfsan@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – franzhenrique@yahoo.com.br

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

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água subterrânea é de grande importância para a manutenção da saúde coletiva e de diversas atividades econômicas. O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas representa uma ferramenta imprescindível para a gestão dos recursos hídricos, bem como, para garantia da segurança hídrica da população.

O município de Tapes encontra-se no COREDE Centro-Sul, distante 105 km da Capital Porto Alegre e 150 km de Pelotas e sua zona urbana localiza-se às margens da Lagoa dos Patos na Planície Costeira do estado do Rio Grande do Sul (SILVA, 2018). O contexto geológico da região compreende a Formação Chuí com areias quartzosas amarelo avermelhadas semiconsolidadas. A espessura máxima é de 50 m e recobre os sedimentos da Formação Graxaim (VILLWOCK, 1972). A Formação Graxaim é constituída por conjunto de sedimentos inconsolidados de cor vermelha, cinza e amarelo, textural e mineralogicamente imaturos que podem ser agrupados em duas fácies, uma conglomerática e outra areno-siltica. A espessura oscila entre 270 m decrescendo gradativamente para oeste até tornar-se nula de encontro aos contrafortes de Escudo Pré-Cambriano a oeste (VILLWOCK, 1972).

Nesse contexto, as águas subterrâneas estão armazenadas no Sistema Aquífero Quaternário Costeiro I, que são aquíferos livres do tipo intergranular. Este sistema possui capacidades específicas em geral altas, ultrapassando a 4 m³/h/m com salinidades inferiores a 400 mg/l, sendo eventualmente encontradas águas cloretadas com maior teor salino. O abastecimento público é realizado por poços tubulares profundos (entre 62,70m e 92,00m) localizados na área urbana (CPRM, 2023). Apesar da relevância social, ambiental e econômica desse recurso, a região carece de estudos sobre águas subterrâneas. Portanto, o presente estudo visa compreender a variabilidade temporal e adequabilidade para consumo das águas subterrâneas do município de Tapes para quatro campanhas de amostragem.

2. METODOLOGIA

Neste estudo foram observados resultados de 11 parâmetros de qualidade de água de águas subterrâneas de 20 amostras coletadas em 4 campanhas realizadas em 5 pontos de coleta localizados na zona urbana do município de Tapes (Tabela 1).

Tabela 1 - Informações sobre local e datas das amostras coletadas

Ponto de Coleta	Coordenadas (UTM Zona 22 J)	Datas das campanhas
Ponto 1 (P1)	6606722 S 461005 O	Campanha 01 (C1): 4 de julho de 2016
Ponto 2 (P2)	6607108 S 460827 O	Campanha 02 (C2): 24 de janeiro de 2017
Ponto 3 (P3)	6606805 S 460825 O	Campanha 03 (C3): 31 de julho de 2017
Ponto 4 (P4)	6606746 S 461177 O	Campanha 04 (C4): 20 de fevereiro de 2018
Ponto 5 (P5)	6606593 S 460877 O	

A análise estatística dos dados de qualidade de água subterrânea consistiu em estatística descritiva (mínimo, máximo, média e desvio padrão). Posteriormente, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk, de modo a testar a normalidade dos dados. Além destas, foram realizadas análises de variância através do teste de Kruskal-Wallis e do teste a posteriori de Dunn. De modo a avaliar se a distribuição dos dados de qualidade é estatisticamente significativa entre as campanhas (FÁVERO e BELFIORE, 2017).

Visando analisar a adequabilidade da água dos poços para consumo foi realizado o teste de Wilcoxon de uma amostra. Tal teste possibilita avaliar quais parâmetros resultam em mediana estatisticamente significativa dentro dos valores máximos permitidos pela norma da organização mundial da saúde (OMS, 2017). As análises aqui descritas foram realizadas com o software R studio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos levantados dos poços investigados coleta são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos

	<i>pH</i>	<i>CE</i>	<i>STD</i>	<i>HCO₃</i>	<i>Cl</i>	<i>SO₄²⁻</i>	<i>Ca²⁺</i>	<i>Mg²⁺</i>	<i>Na⁺</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>
Mínimo	6	134,2	95	45	13,8	7,1	2,9	1,7	17,3	0,054	0,063
Máximo	6,8	1063	661	76	243	128	36	21	150	1,4	0,198
Amplitude	0,8	928,8	566	31	229,2	120,9	33,1	19,3	132,7	1,09	0,14
Média	6,42	519,32	312,05	59,3	110,18	40,33	15,06	8,59	72,62	0,35	0,13
Desv. Pad.	0,22	354,6	199,65	8,87	88,49	34,64	12,15	6,32	47,74	0,37	0,07

Os resultados de estatística descritiva mostraram a presença de valores em desconformidade com o recomendado pela OMS, sendo maior que o limite para os parâmetros C.E., Fe, Mn, STD e abaixo do limite mínimo para o parâmetro pH.

As desconformidades com relação à recomendação da OMS podem estar relacionadas a fatores hidrológicos, geológicos e hidrogeológicos característicos da região.

Tais fatores incluem interação água e rocha, na qual reações de troca iônica entre as partículas coloidais e argilominerais que compõem as rochas da região influenciam a qualidade da água. Além da dinâmica da infiltração da água que passa por diferentes tipos de uso do solo e camadas aquíferas (FEITOSA et al. 2008).

A presença de valores elevados de Fe e Mn em desconformidade com o recomendado pela OMS pode resultar em consequências de importância médica como complicações hepáticas, doenças degenerativas, doenças cardiovasculares, distúrbios respiratórios e neurológicos, toxicidade cardiovascular, afetar a capacidade de aprendizagem e sintomas semelhantes à doença de Parkinson (SHARMA et al. 2021).

Sobre os resultados do Teste de Shapiro-Wilk, a variável Fe não apresentou distribuição paramétrica para apenas uma campanha, sendo esta campanha a Campanha 1 (C1) e o parâmetro Mn não apresentou distribuição paramétrica em nenhuma das campanhas.

Os resultados do Teste de Kruskal-Wallis, o parâmetro HCO₃ apresentou diferença estatisticamente significativa entre as quatro campanhas realizadas. Os

resultados do Pós-teste de Dunn sugeriu uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre as campanhas 1 e campanha 3 (C1-C3), para o parâmetro HCO_3 , e entre as campanhas 3 e campanha 4 (C3-C4) para o parâmetro pH. Tais resultados sugerem que os parâmetros pH e HCO_3 são mais sensíveis a variação temporal.

A variabilidade destes resultados pode ser decorrente das diferentes ocorrências de precipitação que antecederam as datas das campanhas de coleta. As diferentes contribuições das águas da chuva influenciam parâmetros como o pH, que por sua vez, influenciam nas interações água-rocha que refletem na alteração de parâmetros como bicarbonatos (FEITOSA et al, 2008). Os valores do Teste de Wilcoxon são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados do Teste de Wilcoxon dos parâmetros de qualidade

Parâmetros	V.M.P. (WHO, 2017)	V Calculado	Valor de p	Decisão sobre H0
HCO_3	120	0	0,00004698	Rejeita H0
C.E.	750	36	0,004154	Rejeita H0
Ca^{2+}	75	0	0,00004764	Rejeita H0
Cl^-	250	0	0,00004764	Rejeita H0
Fe	0,3	43	0,009911	Rejeita H0
Mg^{2+}	50	0	0,00004764	Rejeita H0
Mn	0,1	26	0,001321	Rejeita H0
Na^+	200	0	0,00004778	Rejeita H0
pH	6.5	38	0,06215	Não rejeita H0
STD	500	26	0,0009928	Rejeita H0
SO_4^{2-}	250	0	0,00004738	Rejeita H0

Os resultados do teste de Wilcoxon demonstrou que a mediana dos resultados de pH não é estatisticamente abaixo do recomendado pela OMS e que a mediana dos resultados dos demais parâmetros estão estatisticamente abaixo do recomendado pela OMS. Este resultado demonstra, que mesmo apesar das variações, é viável a utilização destes poços para fornecimento de água em escala, devendo fazer-se o monitoramento e tratamento para adequação dos parâmetros em desconformidade com as normas vigentes.

4. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo demonstraram os efeitos da variabilidade temporal das concentrações dos parâmetros que variam desde valores nulos a valores fora dos limites recomendado pela OMS.

A existência de valores de Fe e Mn em desconformidade com o recomendado pela OMS é um dos principais desafios para a segurança hídrica e potabilidade das águas desta região. Pois o consumo das águas com valores elevados de Fe e Mn podem resultar em consequências médicas para os usuários destas águas.

Apesar da existência dos riscos que os valores de alguns parâmetros oferecem, esse estudo verificou que as águas destes poços são estatisticamente adequadas para a extração em escala para a finalidade de abastecimento público. Porém, é necessário o monitoramento constante para garantir que a água subterrânea atenda as normas vigentes de potabilidade.

Reforça-se a necessidade de avaliação constante dos dados de monitoramento, pelo risco de consequências de importância médica que alguns parâmetros oferecem, sobretudo, aos usuários das águas deste Sistema Aquífero Costeiro que não estão ligados a rede de abastecimento público. Tendo por finalidade melhor estudar o comportamento destes parâmetros para subsídio a um plano de Gestão de Recursos Hídricos e medidas de Gestão Ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FEITOSA, F.A.C. et al. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM, 2008.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®**. 1. ed. [S.l.]: Elsevier Brasil, v. 1, 2017.

Serviço Geológico do Brasil - CPRM. **Águas subterrâneas**. SIAGAS. 2024. Acessado em 14 abr. 2024. Online. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php

SHARMA, G.K. et. al Evaluating the geochemistry of groundwater contamination with iron and manganese and probabilistic human health risk assessment in endemic areas of the world's largest River Island, India. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v.87, n.1, p.1-13, 2021

SILVA, S.C.C. **Análise ambiental integrada da paisagem no município de Tapes (RS), Brasil, como suporte ao gerenciamento costeiro**. 2018. 189f. Tese (Doutorado em Geociências) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VILLWOCK, J.A. **Contribuição a Geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul** - Brasil. 1972. 133f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

World Health Organization - WHO. **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum**. Switzerland: Geneva, 2017.