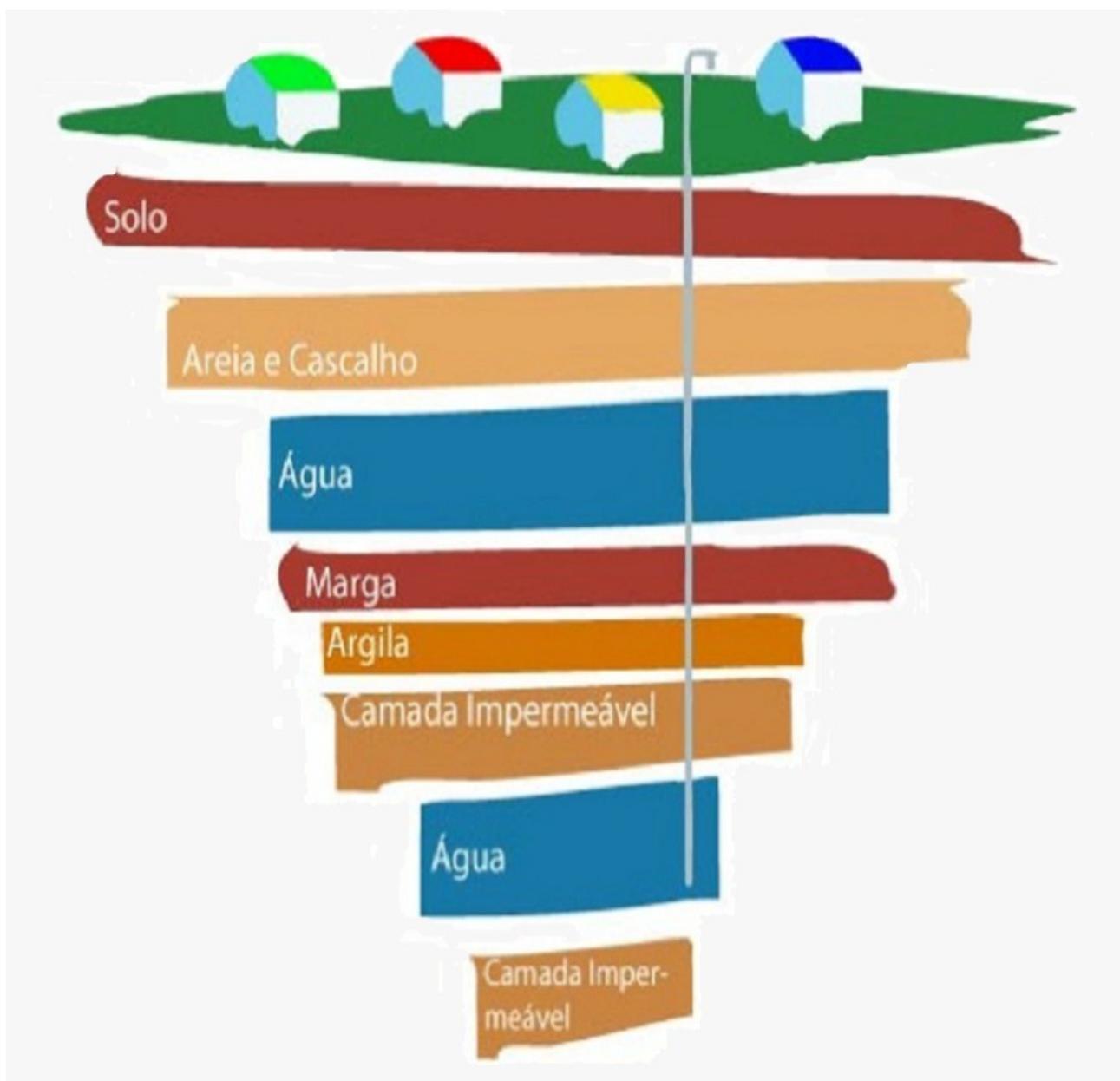


## 2º Seminário de Águas Subterrâneas da CTAS e NEAS



### **Coordenação geral**

Dra. Juliana Young – (UNIPAMPA)

### **Comissão organizadora**

Dra. Cacinele Mariana da Rocha – (UFRGS)

Ms. Flávia Ávila Dias – (DRHS/SEMA)

Francisco Siqueira Wollmann – (UNIPAMPA)

Giovanna Rocha dos Santos – (UNIPAMPA)

Dra. Juliana Young – (UNIPAMPA)

Ms. Luiz Evandro Garcia da Silva – (UNIPAMPA)

Prof. Dr. Marco Antônio Fontoura Hansen – (UNIPAMPA)

Ms. Sérgio Cardoso – (APSG)

### **Apoio**

Esp. Maríndia Porto Nunes – (UNIPAMPA)

### **Comitê científico**

Dra. Cacinele Mariana da Rocha – (UFRGS)

Geól. Eliel Martins Senhorinho – (CPRM)

Ms. Flávia Ávila Dias – (DRHS/SEMA)

Prof. Dr. Igor Magalhães Clemente – (UNIPAMPA)

Geól. Isadora Almond Kuhn – (CPRM)

Prof. Dr. José Pedro Rebés Lima – (UNIPAMPA)

Dra. Juliana Young – (UNIPAMPA)

Prof. Dr. Luis Gustavo de Castro (UFPR)

Prof. Dr. Marco Antônio Fontoura Hansen – (UNIPAMPA)

Prof. Dr. Pedro Antônio Roehé Reginato – (UFRGS)

Prof. Dr. Ricardo César Aoki Hirata – (USP)

Esp. Biól. Tanise Etges – (PREFEITURA DE VERA CRUZ)

Profa. Dra. Tuane de Oliveira Dutra (UFVJM)

### **Promoção**

Núcleo de Estudos e Pesquisa em Águas Subterrâneas – NEAS

Câmara Técnica de Águas Subterrâneas - CTAS/SEMA

### **Apoio Institucional**

UNIPAMPA/SEMA-RS/APSG

### **NEAS**

Coordenador: Prof. Dr. Marco Antônio Fontoura Hansen – (UNIPAMPA)

Coordenadora adjunta: Dra. Juliana Young – (UNIPAMPA)

Coordenador adjunto: Esp. Sérgio Cardoso – (APSG)

2º Seminário de Águas Subterrâneas da CTAS & NEAS  
21 a 24 de junho de 2022  
Universidade Federal do Pampa

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Y73a Young, Juliana

Anais do 2º Seminário de águas subterrâneas de CTAS e NEAS/ Coordenação Geral Juliana Young. - Caçapava do Sul/RS: Unipampa, 2022.

Disponível em:

<https://dspace.unipampa.edu.br/handle/rii/7800>  
ISBN 978-65-00-58201-7 (e-book)

1. Geociências. 2. Ciências da terra. 3. Aquífero.  
4. Hidrogeologia. 5. Gestão. 6. Saneamento.  
I. Título.

CDD 550

Bibliotecária Responsável: Maríndia Pôrto Nunes / CRB10-1440

ISBN 978-65-00-58201-7

## Programação Geral

21/06/2022

18h - Abertura Oficial do Evento

Presidente da CTAS - Ms. Flávia Ávila Dias

Coordenador do NEAS - Prof. Dr. Marco Antonio Fontoura Hansen

Diretor do DRHS/ SEMA – Eng. Agrônomo Ivo Lessa

Diretor do Campus Caçapava do Sul Prof. Dr. Jose Waldomiro Rojas

Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação/UNIPAMPA Prof. Dr. Fabio Leivas

**Apresentação Musical:** Lauren Streck

**Palestra:** Os recursos hídricos subterrâneos e as mudanças climáticas globais: novos paradigmas no abastecimento urbano costeiro. Prof. Dr. Ricardo Hirata (USP).

**Debate** – Intrusão salina e desafios. Prof. Dr. Ricardo Hirata, Eng. Oscar Enmanuel Ticona Neyra, Ms. Rossana Vicente Goulart, Mediador Prof. Dr. José Pedro Rebés Lima.  
Encerramento.

22/06/2022

18h30min - Abertura e Avisos

**Palestra:** A Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas (RIMAS) do Serviço Geológico do Brasil - Geóloga Isadora Kuhn (CPRM).

**Palestra:** Programa Protetor das Águas de Vera Cruz/RS. - Tanise Etges (Prefeitura de Vera Cruz).

**Debate** – Monitoramento de áreas de recarga e PSA. Isadora Kuhn, Tanise Etges, Fernando Schuh Rörig, Juliane Somariva Machado, Mediador Prof. Dr. Pedro Antônio Roehe Reginato (UFRGS).  
Encerramento.

23/06/2022

18:30 - Abertura e Avisos

**Palestra:** Aplicação de métodos geofísicos no diagnóstico de passivo ambiental: um estudo de caso. Prof. Dr. Luis Gustavo de Castro.

**Palestra:** Estudo de caso: Poluição de aquíferos por ação imprudente do homem no meio urbano. - Geólogo Celso Bairão.

**Debate** – Vulnerabilidade de aquíferos. Prof. Dr. Luis Gustavo de Castro, Geólogo Celso Bairão, Silvana Isabel Schneider, Patrícia Raquel Vargas, Mediador Prof. Dr Marco Antonio Fontoura Hansen  
Encerramento.

24/06/2022

18:30 - Abertura e Avisos

**Palestra:** O papel da CTAS na gestão de Recursos Hídricos no Rio Grande do Sul. Ms. Flávia Ávila Dias (DRHS/SEMA).

**Palestra:** Disponibilização de dados do SIAGAS no Rio Grande do Sul. Geólogo Eliel Martins Senhorinho – CPRM.

**Debate** - Gestão dos Recursos Hídricos frente às políticas públicas e disponibilidade de dados. Flávia Dias, Eliel Senhorinho, Jean Carlo Galarça Pereira, Anna Carolina de Souza Santos, Mediador Geólogo Sérgio Cardoso.  
Encerramento.

## SESSÕES DE APRESENTAÇÕES DE TRABALHOS

### Sessão 1 – 21/06/2022

**Coordenação: Prof. Dr. José Pedro Rebés Lima**

**Trabalhos: Qualidade /Intrusão Salina**

Análise de Intrusão Salina no Aquífero Caplina/ PERU. Oscar Enmanuel Ticona Neyra

Diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Rossana Vicente Goulart, Catia Luisa Gayer Vaghetti, Estevão Segalla, José Alberto Wenzel, Lilian Maria Waquil Ferraro, Luiz Fernando Grivot, Márcio D'Avila Vargas, Maria da Gloria de Medeiros Mitchell.

### Sessão 2 – 22/06/2022

**Coordenação: Prof. Dr. Marco Antonio Fontoura Hansen**

**Trabalhos: Quantidade: Áreas de recarga, monitoramento, possibilidades de PSA.**

Avaliação da variação de níveis de água e recarga subterrânea na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Fernando Schuh Rörig; Pedro Antônio Roehe Reginato.

Desenvolvimento de diretrizes ambientais para proteção de áreas de recarga do Sistema Aquífero Guarani – SAG em municípios da região da campanha, RS). Juliane Somariva Machado, Rafael Midugno, Cláudia Bos Wolff, Rafael Fernandes e Silva, Isadora Aumond Kuhn.

### Sessão 3 – 23/06/2022

**Coordenação: Prof. Dr. Pedro Antônio Roehe Reginato**

**Trabalhos: Vulnerabilidade de Aquíferos.**

Análise macroscópica ambiental de poços rasos com água de consumo humano em propriedades rurais, Brasil. Silvana Isabel Schneider; Jaqueline Ineu Golombieski; Willian Fernando de Borba.

Poços Profundos e Avaliação Macroscópica Ambiental no Bioma Pampa. Patricia Raquel Vargas, Kéli Hofstätter, Jaqueline Ineu Golombieski.

## **Sessão 4 – 24/06/2022**

**Coordenação: Esp. Sérgio Cardoso**

**Trabalhos: Gestão, Sistemas de Informação e Disponibilidade de dados.**

A Gestão dos Recursos Hídricos, no Âmbito das Captações Subterrâneas e Superficiais da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), a partir do Mapeamento de Processos. Jean Carlo Galarça Pereira, Adriana Tonello dos Santos.

Importância dos dados da outorga em regiões desprovidas de monitoramento de águas subterrâneas: Estudo de caso no município de Teófilo Otoni/MG. Anna Carolina de Souza Santos; Tuane de Oliveira Dutra; Francisco César Dalmo; Luan Brioschi Giovanelli.



## Sumário

Apresentação .....	08
Prefácio .....	09
Resumo.....	10
Importância dos dados da outorga em regiões desprovidas de monitoramento de águas subterrâneas: Estudo de caso no município de Teófilo Otoni-MG. Anna Carolina de Souza Santos, Francisco César Dalmo, Luan Brioschi Giovanelli, Tuane de Oliveira Dutra.....	11
Avaliação da variação de níveis de água e recarga subterrânea na planície costeira do Rio Grande do Sul. Fernando Schuh Rörig, Pedro Antônio Roehe Reginato .....	16
A gestão dos recursos hídricos, no âmbito das captações subterrâneas e superficiais da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), a partir do mapeamento de processos. Jean Carlo Galarça Pereira, Adriana Tonellotto dos Santos.....	22
Desenvolvimento de diretrizes ambientais para proteção de áreas de recarga do Sistema Aquífero Guarani – SAG em municípios da região da campanha, RS. Juliane Somariva Machado, Cláudia Bos Wolff, Rafael Fernandes e Silva, Isadora Aumond Kuhn, Rafael Midugno.....	27
Análise da intrusão de salina no aquífero Caplina/PERU. Oscar Enmanuel Ticona Neyra.....	33
Poços Profundos e Avaliação Macroscópica Ambiental no Bioma Pampa. Patricia Raquel Vargas, Kéli Hofstätter, Marcos Toebe, Jaqueline Ineu Golombieski.....	41
Diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Rossana Vicente Goulart, Catia Luisa Gayer Vaghetti, Estevão Segalla, José Alberto Wenzel, Lilian Maria Waquil Ferraro, Luiz Fernando Grivot, Márcio D’Avila Vargas, Maria da Glória de Medeiros Mitchell.....	46
Análise macroscópica ambiental de poços rasos com água de consumo humano em propriedades rurais. Silvana Isabel Schneider, Willian Fernando de Borba, Vanessa Facó Tarone, Jaqueline Ineu Golombieski.....	50



## Apresentação

A água subterrânea adquire cada vez mais importância, em nível local e global, em função das necessidades deste recurso para os diversos tipos de usos, tanto consuntivos como não consuntivos.

Os recursos hídricos superficiais e/ou subterrâneos são necessários para a dessedentação humana e animal, ou seja, para a sobrevivência das espécies e sua preservação, além das altas demandas nos meios rural, indústria e urbano.

Nesse 2º Seminário de Águas Subterrâneas da Câmara Técnica de Água Subterrânea (CTAS) da Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA), Porto Alegre, RS e do Núcleo de Estudos e Pesquisas de Águas Subterrâneas (NEAS), sediado no campus Caçapava do Sul da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) vem trazer novas visões, experiências e debates com parceria do Estado e de fora deste, com pesquisadores e profissionais renomados.

As temáticas das palestras e debates envolveram as questões qualitativas, quantitativas, de vulnerabilidade e de gestão das águas subterrâneas suscitando muitas questões e debates.

A grande finalidade do NEAS é a de integrar as distintas instituições do Rio Grande do Sul públicas e privadas e trazer experiências externas para fornecer aos profissionais, estudantes conhecimentos inovadores para o mercado de trabalho.

Coordenar o NEAS tem sido uma tarefa muito gratificante, pois cada vez mais novas entidades, pesquisadores, professores, profissionais e estudantes estão se engajando neste assunto de extrema relevância para as futuras gerações e o desenvolvimento sustentável e equilibrado dentro da visão integrada ambiental, social e econômica, fornecendo subsídios aos gestores públicos.

Prof. Dr. Marco Antonio Fontoura Hansen  
Coordenador do NEAS



## Prefácio

Em todo o mundo as águas subterrâneas estão se tornando cada vez mais importantes, sendo fonte de abastecimento seguro para o uso doméstico, industrial e agrícola. No Brasil, grande parte do abastecimento público é feito por água subterrânea. De maneira geral a qualidade das águas subterrâneas brasileiras pode ser considerada potável, havendo problemas de excesso de sais nos aquíferos do nordeste, problema que pode ser solucionado por processos de dessalinização. O grande problema enfrentado é a falta de conhecimento sobre os nossos aquíferos.

Nesse sentido o Núcleo de Estudo e Pesquisas em Águas Subterrâneas (NEAS) vem propondo a parceria de diversas instituições, no intuito de promover o aprendizado sobre os recursos hídricos subterrâneos, bem como a popularização da ciência, levando as pesquisas ao conhecimento da sociedade em geral, despertando o interesse no tema.

O NEAS é um grupo constituído por pesquisadores de diversas instituições de ensino superior, por associações profissionais, companhias de saneamento, integrantes da Câmara Técnica de Águas Subterrâneas (CTAS) da SEMA-RS e membros de Comitês de Gerenciamento Bacia, com finalidade de unir esforços para difundir e aprofundar o conhecimento sobre as águas subterrâneas.

Esse grupo surgiu a partir do 1º Seminário de Águas Subterrâneas - CTAS, durante o qual se percebeu a necessidade de aproximar instituições para somar esforços pela preservação dos recursos hídricos subterrâneos, ainda pouco estudados no Estado do Rio Grande do Sul, e a necessidade de apoio técnico à Câmara Técnica de Águas Subterrâneas, fornecendo o embasamento técnico às decisões políticas de gestão dessas águas pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH), considerando os diferentes olhares dos segmentos envolvidos, em busca de políticas públicas eficazes.

A falta de informação e de visibilidade quanto ao recurso hídrico subterrâneo leva a perfuração de poços de forma irregular, sem autorização e acompanhamento pelos órgãos responsáveis, desrespeitando as normas técnicas e sem o controle do volume extraído, ações que, somadas, podem causar graves danos aos aquíferos.

O 2º Seminário de Águas Subterrâneas da Câmara Técnica de Águas Subterrâneas (CTAS) & NEAS representa a consolidação da iniciativa conjunta entre NEAS/UNIPAMPA Campus Caçapava do Sul e Governo do Estado do Rio Grande do Sul, através do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS) para aproximar a academia e a sociedade na construção de Políticas Públicas que envolvam os recursos hídricos subterrâneos.

Esta coletânea, intitulada “Anais do 2º Seminário de Águas Subterrâneas da CTAS & NEAS”, reúne metodologias e informações sobre oito trabalhos de pesquisas em andamento, apresentados por alunos de graduação e pós-graduação, ao longo do seminário.

Boa leitura!

Geól. Esp. Sérgio Cardoso  
Coordenador Adjunto do NEAS

Dra. Juliana Young  
Coordenadora Adjunta do NEAS



2º Seminário de Águas Subterrâneas da CTAS&NEAS  
21, 22, 23 e 24 de junho de 2022.

Anais do 2º Seminário de Águas Subterrâneas da CTAS & NEAS.

Autores: Juliana Young, Sergio Cardoso, Marco Antônio Fontoura Hansen

**Resumo:** O Núcleo de Estudos e Pesquisa em Águas Subterrâneas (NEAS) sediado no Campus Caçapava do Sul da UNIPAMPA, foi criado em 2021, com proficuas contribuições ao conhecimento hidrogeológico rio-grandense. Assim, o NEAS, por meio do Seminário de Águas Subterrâneas, organizado em parceria com a Câmara Técnica de Águas Subterrâneas (CTAS) do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS), têm promovido espaços privilegiados de socialização de pesquisas e de importantes debates no campo da investigação das águas subterrâneas, produzindo conhecimentos construídos coletivamente com a participação de todos: universidade, governo e sociedade.

**Palavras-chave:** Aquíferos, Gestão das águas, Hidrogeologia

**Abstract:** The Center for Studies and Research in Underground Waters (NEAS), based at UNIPAMPA's Caçapava do Sul Campus, was created in 2021, with fruitful contributions to the hydrogeological knowledge of Rio Grande do Sul. Thus, NEAS, through the Underground Water Seminar, organized in partnership with the Technical Chamber of Groundwater (CTAS) of the Department of Water Resources and Sanitation (DRHS), has promoted privileged spaces for the socialization of research and important debates in the area of groundwater, collectively producing knowledge with the participation of the university, government and society.

**Keywords:** Aquifers, Water Management, Hydrogeology

Editor: Universidade Federal do Pampa

Citação: 2º Seminário de Águas Subterrâneas da CTAS & NEAS. Caçapava do Sul, RS: UNIPAMPA, 2022, 55 p.



## Importância dos dados da outorga em regiões desprovidas de monitoramento de águas subterrâneas: Estudo de caso no município de Teófilo Otoni-MG

**Anna Carolina de Souza Santos**, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM),  
anna.santos@ufvjm.edu.br

**Francisco César Dalmo**, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM),  
francisco.dalmo@ufvjm.edu.br

**Luan Brioschi Giovanelli**, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM),  
luan.giovanelli@ufvjm.edu.br

**Tuane de Oliveira Dutra**, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM),  
tuane.dutra@ufvjm.edu.br

**Resumo:** Minas Gerais é um dos estados que, juntamente a São Paulo, estão um passo à frente dos demais em relação ao monitoramento das águas subterrâneas. No entanto, ainda há lacunas espaciais na rede de monitoramento vigente, considerando que estas estão concentradas, sobretudo nas porções norte, nordeste e Triângulo Mineiro. Ainda que esteja localizada na porção nordeste do estado mineiro, uma das áreas não contempladas é a bacia hidrográfica do Rio Mucuri, a qual possui quase 90% de sua área inserida em um sistema aquífero fraturado, com comportamento heterogêneo e anisotrópico. Teófilo Otoni é o maior município inserido nesta bacia, sendo a totalidade de sua área inserida no sistema aquífero fraturado. O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), desde o ano de 2020 até junho de 2022, já deferiu 6.184 pedidos de outorgas de poços tubulares, sendo que, desse total, 20 estão inseridos no município de Teófilo Otoni. A proposta deste trabalho é indicar a importância das informações contidas e disponibilizadas nos processos de outorga para regiões desprovidas de rede de monitoramento. Desta forma, os dados de nível estático (NE) dos 20 poços outorgados nos últimos 3 anos foram comparados com os dados de Ne de 22 poços perfurados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) em 2010 e cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Os resultados evidenciam indícios de aumento dos valores de NE, sendo 3,5m o valor mediano em 2010 e 9,2m o valor mediano nos últimos 3 anos.

**Palavras-Chave:** Aquífero fraturado, nível estático, águas subterrâneas.

**Abstract:** Minas Gerais is one of the states that, together with São Paulo, are one step ahead of the others in terms of monitoring groundwater. However, there are still spatial gaps in the current monitoring network, considering that these are concentrated, especially in the northern, northeastern and Triângulo Mineiro portions. Although it is located in the northeast portion of the state of Minas Gerais, one of the areas not covered is the Rio Mucuri watershed, which has almost 90% of its area inserted in a fractured aquifer system, with heterogeneous and anisotropic behavior. Teófilo Otoni is the largest municipality inserted in this basin, and its entire area is inserted in the fractured aquifer system. The Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), from 2020 to June 2022, has already granted 6,184 requests for grants for tubular wells, of which 20 are in the municipality of Teófilo Otoni. The purpose of this work is to indicate the importance of the information contained and made available in the granting processes for regions lacking a monitoring network. In this way, the static level (NE) data from the 20 wells awarded in the last 3 years were compared with the Ne data from 22 wells drilled by Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) in 2010 and registered in the Water Information System. Underground (SIAGAS). The results show evidence of an increase in NE values, with 3.5 being the median value in 2010 and 9.2 the median value in the last 3 years.

**Keywords:** Fractured aquifer, static level, groundwater.

## INTRODUÇÃO

Minas Gerais possui cerca de 24% de suas sedes urbanas abastecidas exclusivamente por águas subterrâneas (ANA, 2021). No entanto, no meio rural, o recurso hídrico subterrâneo se torna protagonista, tornando o estado no maior usuário de águas subterrâneas do país neste segmento (HIRATA *et al*, 2019). Os Sistemas Aquíferos do estado de Minas Gerais estão inseridos em três Províncias Hidrogeológicas denominadas Paraná, São Francisco e Escudo Oriental Sudeste.

A área de estudo deste trabalho, o município de Teófilo Otoni, está inserida na Província Hidrogeológica do Escudo Oriental Sudeste, na qual predominam rochas cristalinas (gnaiesses, xistos, granitos, entre outras) as quais originam os aquíferos do tipo fraturado com potencial hidrogeológico fraco a médio (FEITOSA *et al*, 2008).

Em relação ao monitoramento das águas subterrâneas, Minas Gerais possui 55 poços de monitoramento quantitativo da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS) da CPRM, os quais estão situados na porção norte do estado e no Triângulo Mineiro. Minas Gerais também conta com uma rede de monitoramento qualitativa própria, gerida pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), situada nas bacias do Rio São Francisco, do Rio das Velhas e no Triângulo Mineiro. A rede de monitoramento mais recente foi instalada para atender o Projeto Águas do Norte de Minas (PANM), com 38 poços de monitoramento distribuídos na região norte e nordeste do estado. Cabe salientar que, destes 38 poços pertencentes ao PANM, dois estão inseridos no município de Teófilo Otoni, no entanto, a localização, a situação atual de funcionamento e a plataforma com os dados gerados desses poços não foram localizadas.

Os dois poços mencionados, mesmo auxiliando para o monitoramento das águas subterrâneas na região, são insuficientes para representar o comportamento variável dos parâmetros hidrodinâmicos de um aquífero do tipo fraturado, sendo necessário, para isso, uma densidade maior de poços. Logo, os dados gerados no processo de outorga e ao longo da sua vigência, tornam-se de suma importância para indicar possíveis alterações no aquífero frente à exploração existente. No estado de Minas Gerais, a análise dos processos de outorgas é realizada pelo IGAM. Nos últimos três anos (2020, 2021 e 2022), foram outorgados 20 poços no município de Teófilo Otoni. Logo, este trabalho tem por objetivo comparar os dados de nível estático (NE) dos poços outorgados no último triênio com os dados de NE de poços perfurados pela COPASA em 2010, de modo a levantar hipóteses sobre a situação do aquífero a partir do tratamento estatístico dos dados.

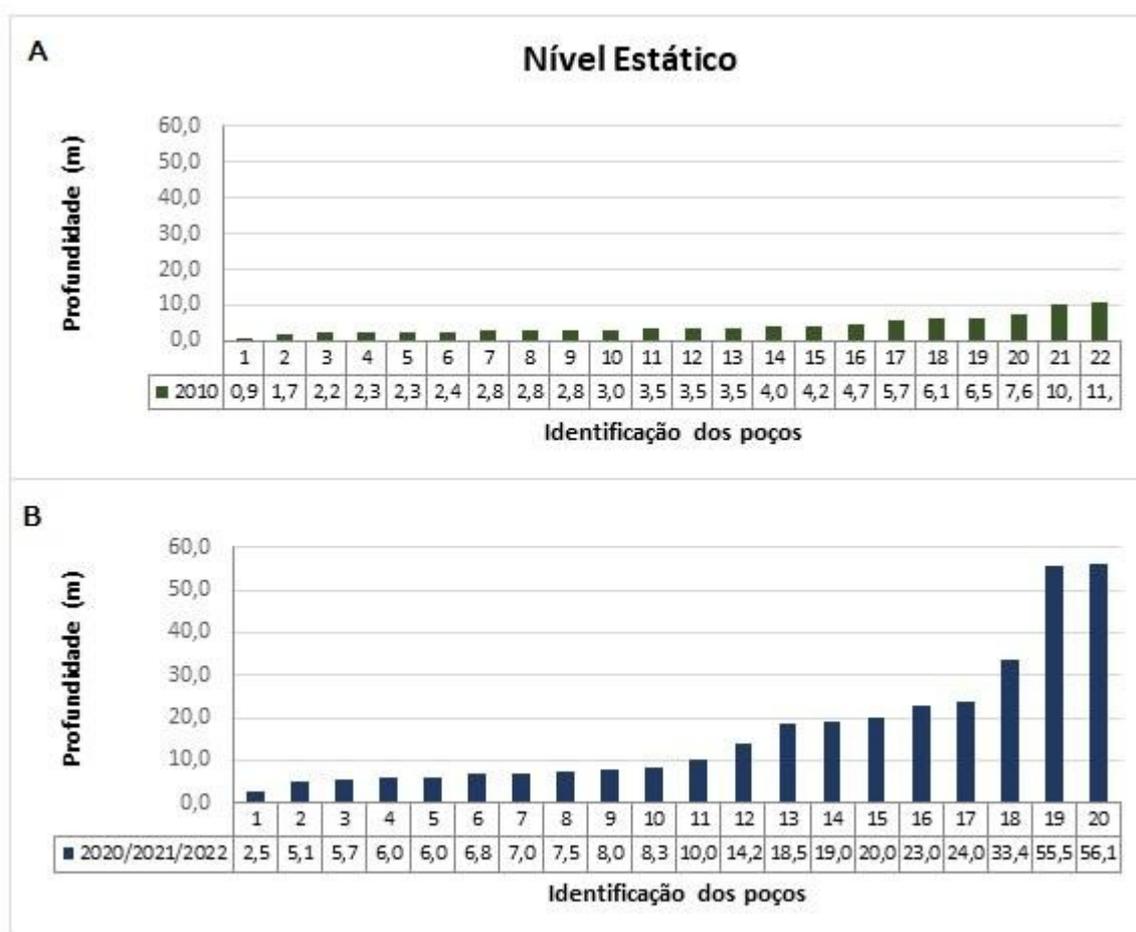
## METODOLOGIA

A área de estudo deste trabalho é o município de Teófilo Otoni, situado na região nordeste do estado de Minas Gerais, com área de 3.242,27 km<sup>2</sup>, sendo o maior município da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri e, desta, é o que possui mais poços cadastrados no SIAGAS (202 poços). O critério de seleção dos poços no SIAGAS foi a disponibilidade de dados de nível estático, desta forma, os poços com teste de bombeamento realizado em 2010 foram os que apresentaram a maior quantidade de poços com essa informação. No IGAM, foram selecionados os poços outorgados nos últimos três anos para a realização do estudo, visando comparar um cenário mais atual dos NE, frente ao cenário existente há, no mínimo, dez anos. Os dados de NE foram analisados, interpretados, divididos em planilhas no Microsoft Office Excel, e tratados com estatística descritiva: média, desvio padrão e mediana, empregando as ferramentas do próprio *software*. A distribuição espacial dos poços, nos distintos períodos, foi realizada por meio do *software* ArcGIS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao comparar os dados de NE observados em 2010, com os dos medidos nos últimos três anos, nota-se que ocorreu um aumento nos valores deste parâmetro, conforme apresentado nos gráficos da Figura 1.

Figura 1: (A) NE dos poços em 2010 e (B) NE dos poços nos últimos 3 anos.

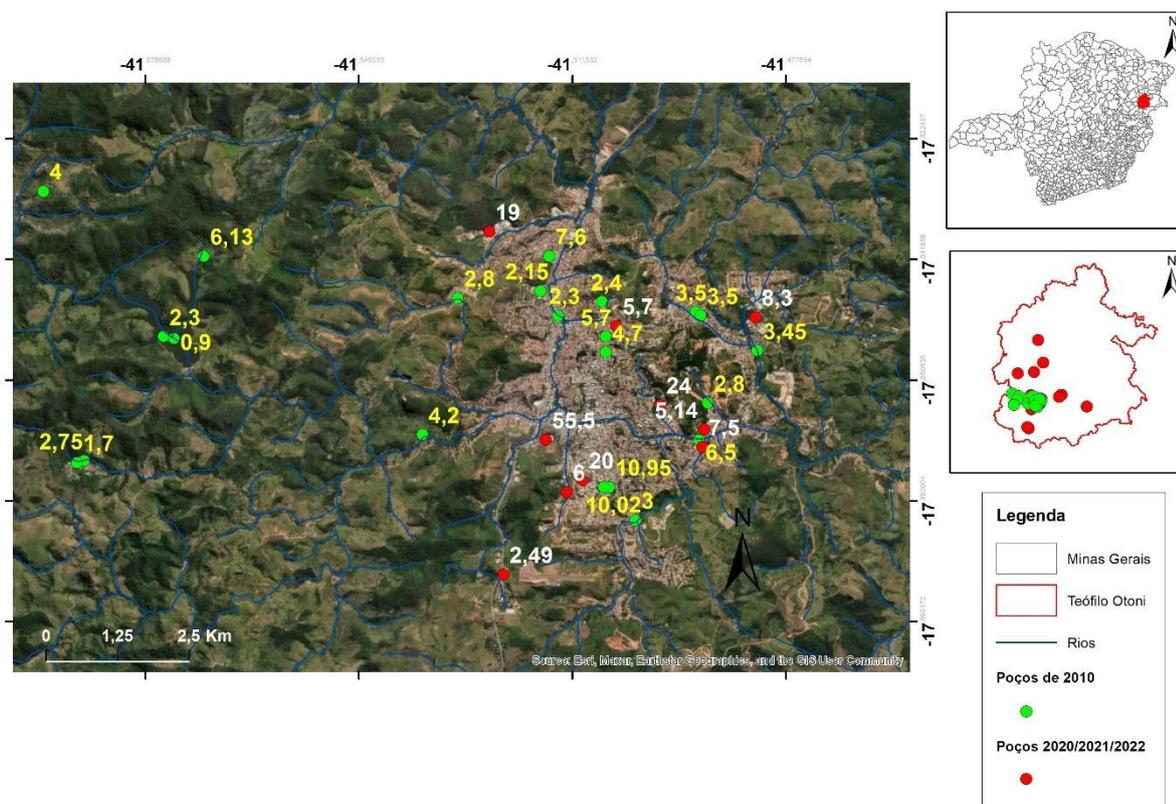


Fonte: Autoria Própria, 2022.

É possível observar que em 2010, 20 dos 22 poços tinham NE inferior a 10 m e 16 estavam abaixo dos 5 m. Nos últimos três anos, apenas 1 poço, de um total de 20 poços, ficou abaixo dos 5 m. Tal constatação pode ser observada também por meio dos valores medianos de NE de 3,5 m em 2010 e de 9,2 m nos últimos 3 anos. Logo, nesse intervalo de tempo, o valor mediano aumentou mais de 2,5 vezes em relação ao ano de 2010. As diferenças entre os valores médios de NE foram mais expressivas, sendo de 4,2 m em 2010 e de 16,8 m nos últimos três anos. No entanto, o desvio padrão médio foi muito elevado, de 2,6 m em 2010 e de 15,6 m no último triênio, sendo, assim, o valor mediano o mais representativo da amostra de dados.

Analisando a distribuição espacial dos poços, verificou-se que em 2010 apenas 6 poços dos 22 estavam fora do perímetro urbano, a maioria com NE abaixo dos 3 m, conforme Figura 2.

Figura 2: Mapa de localização do município de Teófilo Otoni e distribuição espacial dos poços analisados.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Além disso, observou-se que todos os poços com NE abaixo dos 4 m estão muito próximos de sistemas hídricos superficiais, podendo este ser um dos fatores para os valores menos profundos de NE. Também houve poços com valor de NE acima dos 5 m, próximos de cursos d'água superficiais, porém, inseridos dentro do perímetro urbano, com maior área impermeabilizada e alterada. Os dois poços acima dos 10 m observados em 2010, estão próximos um do outro, e situados em uma área mais acidentada que possui em sua cota mais baixa uma lagoa, como pode ser inferido visualmente a partir do mapa de distribuição de poços sobreposto à imagem do *Google Earth*.

Ao contrário do ano de 2010, dos 20 poços outorgados pelo IGAM nos últimos 3 anos, apenas 9 estão inseridos no perímetro urbano, sendo um desses o poço com NE mais superficial - 2,49 m. De modo geral, atualmente os poços outorgados no município têm se mantido próximos aos cursos de água superficiais, nas cotas mais baixas do terreno. No entanto, apresentam valores de NE mais profundos que os registrados em 2010. Os dois poços com NE superior a 55 m estão localizados distantes um do outro, mas ambos inseridos muito próximos à área de extração mineral.

Ainda, os poços de 2010 e dos últimos 3 anos não estão espacialmente próximos uns dos outros, de forma a permitir uma observação mais detalhada do comportamento do NE ao longo do tempo. No entanto, vale salientar que a área de estudo está muito próxima da região semiárida do Nordeste e possui episódios frequentes de escassez hídrica, o que propicia a perfuração de poços clandestinos. Tal fator, associado às alterações do uso e ocupação do solo, ocorridas no intervalo de tempo

analisado, podem ser uma das causas do aumento do NE observado nos poços outorgados mais recentemente.

Somado ao contexto supracitado, existem as características heterogêneas e anisotrópicas, típicas de um aquífero fraturado, o qual pode variar de forma significativa os valores de NE, ainda que observados em poços próximos. Logo, fica indicada a necessidade de um estudo mais detalhado para verificar, de maneira mais clara, os fatores que ocasionaram os resultados apresentados neste trabalho.

## CONCLUSÕES

Os dados de outorga do último triênio permitiram indicar que, no geral, os NE registrados estão mais profundos em relação aos de 2010, mesmo que grande parte dos poços esteja fora do perímetro urbano e se mantenha próximos a cursos d'água. O valor mediano do NE do cenário atual foi superior ao dobro do observado em 2010. Desse modo, é importante salientar a relevância ímpar dos dados do SIAGAS para demonstrar um cenário anterior ao atual. Frente a pouca proximidade dos poços de ambos os cenários, foi difícil obter uma visão detalhada da variação espacial e temporal do NE. No entanto, ficou clara a necessidade de se aprofundar os estudos na região de forma a melhor investigar a evolução do NE, sendo que os poços outorgados demonstram uma tendência de migração para além do perímetro urbano, onde, geralmente, as águas subterrâneas são protagonistas.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia, ao Núcleo Estratégico e Interdisciplinar de Engenharia do Mucuri e à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pelo apoio na realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas Águas -Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano**. Brasília: ANA, 2021.

FEITOSA, F. A. C. *et al.* **HIDROGEOLOGIA: conceitos e aplicações**. 3 ed., rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM; Recife: LABHID, 2008. 812 p.

HIRATA, R. *et al.* **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2019. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/e7d9e125-7b22-4706-915b-a397f8a91784/2928658.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2022.



## AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO DE NÍVEIS DE ÁGUA E RECARGA SUBTERRÂNEA NA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

**Fernando Schuh Rörig**, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS), frorigf@gmail.com

**Pedro Antônio Roehé Reginato**, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS), pedro.reginato@ufrgs.br

**Resumo:** O estudo da variação dos níveis de água e a estimativa da recarga subterrânea são fundamentais para aprimorar o conhecimento sobre os Sistemas Aquíferos e para subsidiar a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos. As análises do efeito memória entre os níveis d'água ao longo do tempo e a resposta do nível em relação à precipitação são contribuições importantes para caracterizar o comportamento dos aquíferos. Esse trabalho avaliou a dinâmica do Sistema Aquífero Costeiro (SAC), localizado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Foram utilizados dados de nível d'água entre 2012 e 2020 obtidos em 11 poços da RIMAS/CPRM. Aplicou-se a correlação cruzada (para estimar o tempo de resposta) e a autocorrelação (para avaliar o efeito memória) e estimou-se a recarga com o método Variação do Nível de Água, a partir das aplicações RISE e MRC, com análise de sensibilidade para  $S_y$  de 20%, 25% e 30% em todos os poços. Observou-se a importância de utilizar filtros para relacionar variações de nível com eventos de precipitação e a suavização dos dados de nível, para a correção de ruídos nas medições, permitindo uma estimativa mais refinada da recarga. Os métodos indicaram respostas variadas entre os poços, com taxas de recarga média entre 0,77 e 2,47 mm/dia e razões recarga/precipitação entre 19% e 46% (Média entre RISE e MRC, para  $S_y = 25\%$ ). Os resultados revelaram a importância de avaliar com atenção as heterogeneidades de resposta no SAC, que refletem em diferenças na recarga

**Palavras-Chave:** Estimativa de recarga; variação do nível d'água; aquífero costeiro; tempo de resposta

**Abstract:** The study of the variation of water levels and the estimation of underground recharge are fundamental to improve the knowledge about Aquifer Systems and to support the Integrated Water Resources Management. The analyses of the memory effect between water levels along time and the response of the level relative to precipitation are important contributions to characterize the behavior of aquifers. This work assessed the dynamics of the Coastal Aquifer System (SAC), in the Coastal Plain of Rio Grande do Sul. Water level data between 2012 and 2020 was obtained from 11 wells of RIMAS/CPRM. Cross correlation (to estimate the average response times) and autocorrelation (to evaluate the memory effect) were applied, and recharge was estimated with the Water Level Fluctuation method, with RISE and MRC applications, applying a sensitivity analysis for specific yield of 20%, 25% and 30% in all wells. The importance of using time series filters to relate level variations to precipitation events and smoothing of level data to correct for noise in the measurements was considered, allowing for a more refined estimate of recharge. The methods indicated variable responses between wells, with average recharge rates between 0.77 and 2.47 mm/day and recharge/precipitation ratios between 19% and 46% (mean between RISE and MRC,  $S_y = 25\%$ ). The results have revealed the importance of carefully evaluating different dynamics in the SAC, which reflect differences in recharge.

**Keywords:** Recharge estimation, water table fluctuation, coastal aquifer, response time

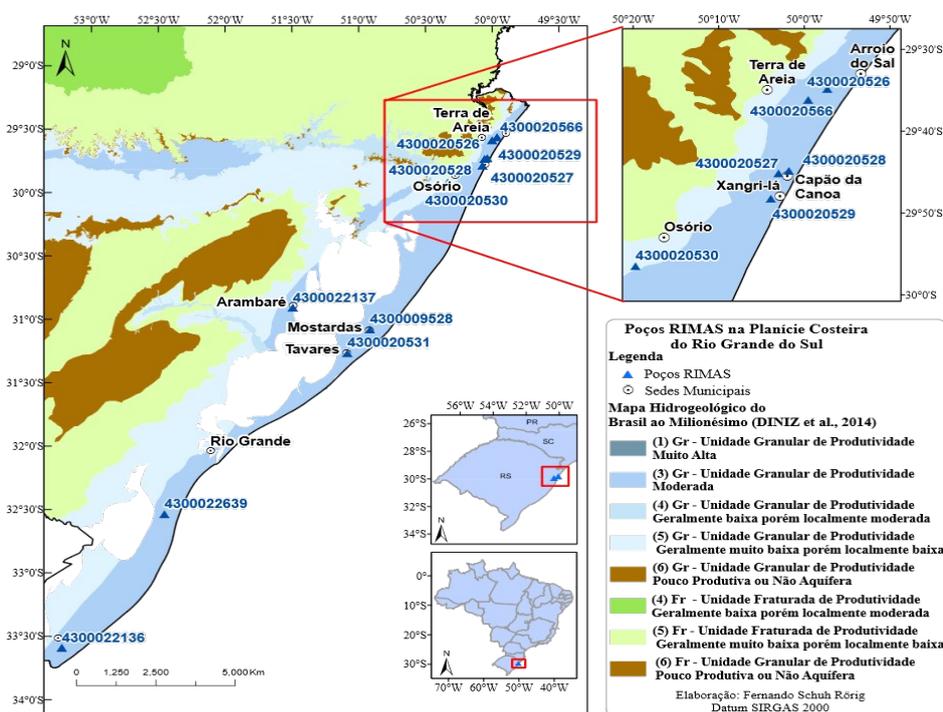
## INTRODUÇÃO

O estudo da variação dos níveis de água e a estimativa da recarga subterrânea são fundamentais para aprimorar o conhecimento sobre os Sistemas Aquíferos e para subsidiar a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, a partir da indicação de comportamentos esperados nos aquíferos e de vazões passíveis de exploração (FEITOSA, 2008). Tais avaliações dependem de uma rede de monitoramento de águas subterrâneas, com registro e disponibilização de dados de nível, que seja mantida em operação ao longo de diversos anos na extensão do Sistema Aquífero de interesse.

A partir de dados de nível de água, pode-se realizar análises do efeito memória, que expressa a força da relação entre os níveis d'água ao longo do tempo, que está relacionada com as condições do escoamento subsuperficial e da matriz de solo e aquífero (BORTOLIN, 2018). O tempo de resposta do nível em relação à precipitação é outra avaliação a partir de dados de nível que pode caracterizar o comportamento dos aquíferos, subsidiando a melhor compreensão sobre o ciclo hidrológico e os mecanismos de recarga.

Esse trabalho buscou avaliar a dinâmica e estimar a recarga no Sistema Aquífero Costeiro (SAC), onde predominam areias médias a finas, intercaladas por lentes finas de argila (TROIAN et al., 2020), localizado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PRCS). Foram utilizados dados de nível d'água entre 2012 e 2020, obtidos em 11 poços da Rede Integrada de Monitoramento da Água Subterrânea, do Serviço Geológico do Brasil (RIMAS/CPRM), considerando somente anos hidrológicos com dados de nível com disponibilidade entre 98% e 100% (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização com os 11 poços da RIMAS/CPRM analisados.



Fonte: Autoria própria ?

## METODOLOGIA

A análise das séries de dados de nível de água contou com a aplicação da autocorrelação, para avaliar a persistência dos níveis diários em relação a si mesmos ao longo do tempo. O método busca observar quanto tempo leva para que o sistema “esqueça” suas condições iniciais, o que compreende o efeito memória (LAROCQUE et al., 1998), que apresenta maior persistência entre os níveis quando as respostas são mais lentas e graduais.

Outro método adotado foi a correlação cruzada, que avalia a relação entre um sinal de entrada (a precipitação) e de saída (o nível de água), sendo que a saída é deslocada no tempo em relação à entrada, possibilitando estimar o tempo de resposta, instante no qual a relação entre a precipitação e o nível é maior (CAI, OFTERDINGER, 2018). Também foi aplicada uma variação desse método que estima o coeficiente de correlação cruzada em seções de 90 dias da série temporal (sobrepostas em 45 dias), no sentido de analisar as variações sazonais de resposta nos aquíferos, denominada de correlação cruzada *sliding windows* (DELBART, 2014).

Estimou-se a recarga com o método Variação do Nível de Água (VNA), que obtém a recarga a partir do produto do Rendimento Específico ( $S_y$ ) e da variação de nível ( $\Delta H$ ), em um intervalo de tempo ( $\Delta t$ ). O VNA foi aplicado para dados diários a partir das aplicações RISE (RUTLEDGE, 1998) e MRC (NIMMO et al., 2014), com análise de sensibilidade para  $S_y$  de 20%, 25% e 30%, como realizado em estudo de TROIAN et al. (2017).

Anteriormente à estimativa da recarga com o método, corrigir o efeito de variações de nível não necessariamente relacionadas com a recarga, como a evapotranspiração, mudanças na pressão atmosférica, aprisionamento de ar, mudança de marés, bombeamentos próximos ao poço, entre outros (HEALY, COOK, 2002). Assim, verificou-se a necessidade de suavizar os dados de nível de água, através da aplicação de uma média móvel de 5 dias (YANG et al., 2018; MELATI et al., 2017).

Também se buscou garantir que os acréscimos de nível que indicam a recarga fossem relacionados com eventos de precipitação. Assim, um filtro de série temporal foi utilizado, considerando no somatório do  $\Delta H$  os valores que ocorreram após eventos de precipitação, dentro do tempo de resposta médio do aquífero, estimado através da mediana dos tempos de resposta estimados com a correlação cruzada *sliding windows*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de autocorrelação e correlação cruzada indicaram respostas mais rápidas e menor persistência nos dados de nível medidos em poços em unidades aquíferas compostas, em geral, de areias eólicas e praias, médias a finas (4300020526, 4300020527, 4300020528, 4300020529 e 4300022639). Outros poços, em unidades aquíferas com maior teor de argila (4300020530, 4300022136 e 4300022137), a resposta é mais lenta e as variações de nível são mais graduais.

A Tabela 1 apresenta as estimativas de recarga obtidas. Observa-se valores médios a altos entre os poços, com taxas de recarga médias entre 0,77 e 2,47 mm/dia (Média entre RISE e MRC, para  $S_y = 25\%$ ).

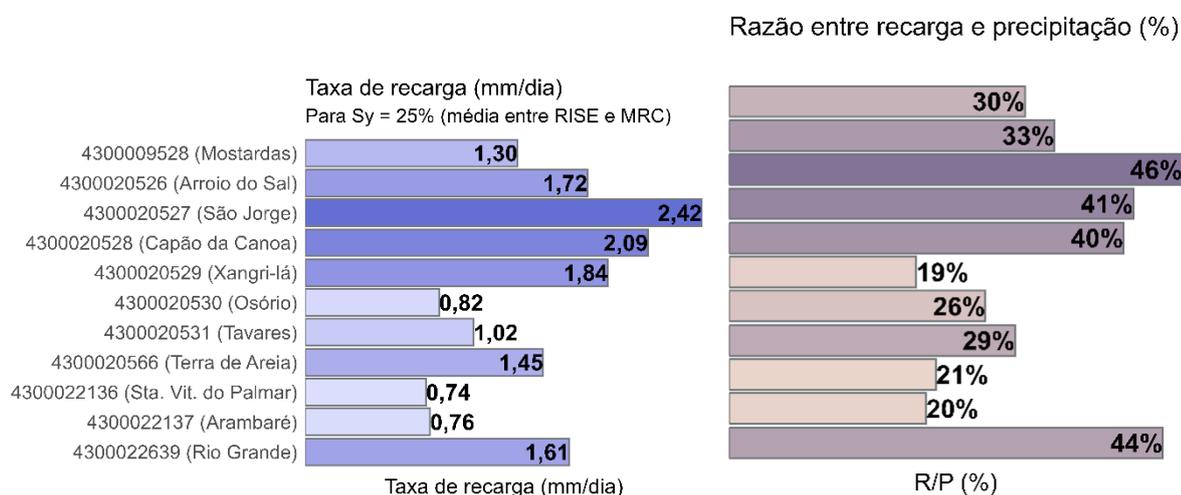
Tabela 1– Estimativas de taxa de recarga para 11 poços da RIMAS/CPRM na PCRS (método VNA).

Poço	Período	Nº dias	RISE			MRC				
			Soma $\Delta H$ (m)	Sy = 20%	Sy = 25%	Sy = 30%	Soma $\Delta H$ (m)	Sy = 20%	Sy = 25%	Sy = 30%
				R (mm/dia)	R (mm/dia)	R (mm/dia)		R (mm/dia)	R (mm/dia)	R (mm/dia)
4300009528	2017-2019	730	3,48	0,95	1,19	1,43	4,09	1,12	1,40	1,68
4300020526	2012-2019	219 1	14,84	1,35	1,69	2,03	15,36	1,40	1,75	2,10
4300020527	2013-2016 e 2018-2020	182 7	17,30	1,89	2,37	2,84	18,06	1,98	2,47	2,97
4300020528	2013-2019	219 1	17,13	1,56	1,96	2,35	19,44	1,77	2,22	2,66
4300020529	2012-2014 e 2016-2019	255 5	18,08	1,42	1,77	2,12	19,63	1,54	1,92	2,30
4300020530	2013-2020	255 7	7,47	0,58	0,73	0,88	9,25	0,72	0,90	1,08
4300020531	2012-2017 e 2018-2019	218 5	8,56	0,78	0,98	1,18	9,31	0,85	1,07	1,28
4300020566	2015-2017 e 2018-2020	146 2	8,16	1,12	1,40	1,68	8,77	1,20	1,50	1,80
4300022136	2014-2020	219 2	6,12	0,56	0,70	0,84	6,77	0,62	0,77	0,93
4300022137	2014-2015 e 2016-2018	109 5	2,99	0,55	0,68	0,82	3,67	0,67	0,84	1,01
4300022639	2015-2017	727	4,15	1,14	1,43	1,71	5,22	1,44	1,79	2,15

Fonte: autoria própria???

A figura 2 apresenta as taxas de recarga obtidas e as razões entre a recarga e a precipitação. Os valores se encontram entre 19%, no poço 4300020530 e 46%, no poço 4300020527 (Média entre RISE e MRC, para Sy = 25%). Verifica-se que os poços com maior variabilidade de níveis e menor tempo de resposta (4300020527, 4300020528, 4300020529 e 4300022639) também apresentaram maiores estimativas de recarga.

Figura 2 – Taxa de recarga e razão entre recarga e precipitação para os 11 poços da RIMAS avaliados no SAC (Para Sy = 25%, média entre RISE e MRC).



Fonte: autoria própria.

## CONCLUSÕES

Os resultados revelaram a importância de avaliar com atenção as heterogeneidades de resposta no SAC, que refletem em diferenças na recarga, que foi estimada em taxas médias a altas. O estudo também destaca a importância da estimativa de recarga que considere métodos para corrigir

variações de níveis não necessariamente relacionados com eventos de precipitação, através da suavização dos dados e do filtro de série temporal. Aplicar tais análises ressalta a importância do monitoramento contínuo do SAC para ampliação das séries de dados e aprofundamento das aplicações descritas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo financiamento do projeto de pesquisa e ao Serviço Geológico do Brasil/Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM) pela operação, manutenção e disponibilização de dados através da rede RIMAS.

## REFERÊNCIAS

BORTOLIN, T. Estudo da recarga do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

CAI, Z.; OFTERDINGER, U. Analysis of groundwater-level response to rainfall and estimation of annual recharge in fractured hard rock aquifers, NW Ireland. *Journal of Hydrology*, [s. l.], v. 535, p. 71–84, 2016.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas - RIMAS. Rio de Janeiro, 2021.

CROSBIE, R. S.; BINNING, P.; KALMA, J. D. A time series approach to inferring groundwater recharge using the water table fluctuation method: INFERRING GROUNDWATER RECHARGE. *Water Resources Research*, [s. l.], v. 41, n. 1, 2005.

DELBART, C. et al. Temporal variability of karst aquifer response time established by the sliding-windows cross-correlation method. *Journal of Hydrology* 511 580–588, 2014.

FEITOSA, A.C. (org.) Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3 ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID. 2008.

HEALY, R. W.; COOK, P. G. Using groundwater levels to estimate recharge. *Hydrogeology Journal*, v. 10, n. 1, p.91-109, 12 jan. 2002. Springer Science.

LABRECQUE, G., CHESNAUX, R., BOUCHER, M. Water-table fluctuation method for assessing aquifer recharge: application to Canadian aquifers and comparison with other methods. *Hydrogeology Journal*, 2018. Springer Nature.

MELATI, M. D., KICH, E. M., TEIXEIRA, Z. A., ATHAYDE, G. B. Aplicação do Método Water Table Flutuaction usando a Master Recession Curve (MRC) para um Poço Localizado na Bacia Sedimentar do Araripe. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis (SC), 2017.

RUTLEDGE, A. T. Computer programs for describing the recession of ground-water discharge and for estimating mean ground-water recharge and discharge from streamflow 215 records—Update: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 98–4148, 43 p., 1998.

TROIAN, G. C. et al. Estimativa De Recarga Pelo Método Water Table Fluctuation (Wtf) Na Porção Norte Do Aquífero Costeiro Do Estado Do Rio Grande Do Sul. In:XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis, SC. Anais [...]. Florianópolis, SC

YANG, L. et al. A Modified Water-Table Fluctuation Method to Characterize Regional Groundwater Discharge. Water 2018, 10, 503; doi:10.3390/w10040503. 2018.



## A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS, NO ÂMBITO DAS CAPTAÇÕES SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS DA COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO A PARTIR DO MAPEAMENTO DE PROCESSOS.

Jean Carlo Galarça Pereira, CORSAN, jean.pereira@corsan

Adriana Tonello dos Santos, CORSAN, adriana.santos@corsan.com.br

**Resumo:** O desafio da sustentabilidade é intrínseco a qualquer atividade que venha impactar o ambiente, sendo atribuição gerencial a administração das consequências, potencializando os efeitos benéficos e mitigando os efeitos que resultem em prejuízos ao meio ambiente. A gestão dos recursos hídricos na Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), através da Superintendência de Gestão de Recursos Hídricos (SUGERH) compreende o atendimento às captações subterrâneas e superficiais, alinhando seus projetos e ações considerando a missão da Companhia, onde a SUGERH/CORSAN, a partir do mapeamento de processos, tem buscado automatizar seus procedimentos, a fim de obter maior celeridade e eficiência de resultados, quanto ao acompanhamento e tempo de execução de demandas; identificação de entraves para finalização das mesmas; publicação de conteúdos técnicos atinentes à área e sistematização de dados técnicos, com fins de apoio imediato a gestão. Como resultados parciais, desde o segundo semestre de 2021, foram disponibilizados: Um portal DIGITAL; um Portal Web; Dashboards, além de um projeto para implantação de um Sistema de Gestão de Recursos Hídricos (SGRH/CORSAN), com a utilização das funcionalidades do *software Hydro GeoAnalyst* (HGA), onde estarão cadastradas todas as informações também necessárias para a obtenção/manutenção das Outorgas dos poços e captações superficiais da CORSAN.

**Palavras-Chave:** Captações de água, Mapeamento de processos, Gestão Recursos Hídricos.

**Abstract:** The challenge of sustainability is intrinsic to any activity that may impact the environment, and management is responsible for managing the consequences, enhancing the beneficial effects and mitigating the effects that result in damage to the environment. The management of the water resources of Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), through the Superintendence of Water Resources Management (SUGERH) comprises attending to underground and surface abstractions, aligning its projects and actions with the Company's mission, where SUGERH/CORSAN, based on the mapping of processes, sought to automate its procedures, in order to obtain greater agility and efficiency of results, in terms of monitoring and execution time of demands; identification of obstacles to its accomplishment; publication of technical content related to the area and systematization of technical data, with the purpose of immediate support to management. As partial results, since the second half of 2021, the following have been made available: A DIGITAL portal; a Web Portal; Dashboards, in addition to a project to implement a Water Resources Management System (SGRH/CORSAN), using the features of the Hydro GeoAnalyst (HGA) software, where all the information necessary to obtain/maintain the grants will be recorded. of CORSAN's wells and surface abstractions.

**Keywords:** Water Capture, Process Mapping, Water Resources Management.

## INTRODUÇÃO

A gestão adequada dos recursos hídricos perpassa além da observância dos critérios de sustentabilidade e cumprimento das normativas vigentes para uso legal, por processos e ferramentas que possam otimizar o atendimento de demandas atinentes à área. Pois, a tomada de decisões envolvendo o uso da água é sempre um desafio a ser cumprido e aprimorado por parte das equipes de gestão. Nesse contexto, a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN/RS), através da Superintendência responsável pela gestão de águas subterrâneas, é responsável pela gestão de, aproximadamente, 4.000 (quatro mil) poços tubulares espalhados por todo o território do Estado do Rio Grande do Sul, sendo que destes, aproximadamente 900 encontram-se em operação. Estes poços tubulares detêm particularidades e especificidades quanto a questões construtivas, geotécnicas, geoquímica, hidrogeológicas, operacionais, administrativas e judiciais. A CORSAN não possui ainda sistema interno que faça a gestão única e exclusiva das particularidades (dados) de cada poço tubular, de tal maneira que as informações dos mesmos encontram-se descentralizadas em bancos de dados e sistemas paralelos. Soma-se a este cenário a urgência para regularização dos poços tubulares da Companhia conforme a legislação Estadual vigente. Com isso a Superintendência, mediante identificação prévia de dificuldades no fluxo operacional de suas atividades e do mapeamento de processos, tem buscado automatizar seus procedimentos de atendimento e operação, a fim de obter maior celeridade e eficiência de resultados, quanto ao acompanhamento e tempo de análise e execução de demandas; identificação de entraves para finalização das mesmas; publicação de conteúdos técnicos relevantes à área e sistematização de dados técnicos, com fins de apoio imediato a gestão. Considerando que a água é recurso fundamental para manutenção da vida na terra, a gestão deve, portanto, dar subsídios a todos os interessados nos recursos hídricos subterrâneos, partindo do governo, com sua estrutura legal e institucional, passando pelo usuário privado, sociedade civil, perfuradores de poços e as concessionárias de abastecimento de água. Pois, todos possuem motivações diferentes e específicas, como o consumo, a prestação de serviços ou a fiscalização, porém todos devem possuir o mesmo objetivo que é a proteção da qualidade e quantidade dos recursos disponíveis (Conicelli & Hirata 2016).

## OBJETIVOS

- Automatizar o atendimento de demandas através do mapeamento de processos existentes na Superintendência de Recursos Hídricos (SUGERH) da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN);
- Otimizar as ações da gestão, através do planejamento e organização das atividades da SUGERH/CORSAN de forma a estabelecer um monitoramento efetivo das demandas identificando os melhoramentos necessários;
- Promover a ampliação de conhecimentos e produção técnica da área através do incentivo ao acesso e uso das tecnologias disponíveis na Companhia;
- Incentivar fluxos e práticas que possam contribuir na manutenção, modernização, atendimento à legislação ambiental vigente e sustentabilidade das ações de gestão dos recursos hídricos no âmbito das captações subterrâneas e superficiais da CORSAN.

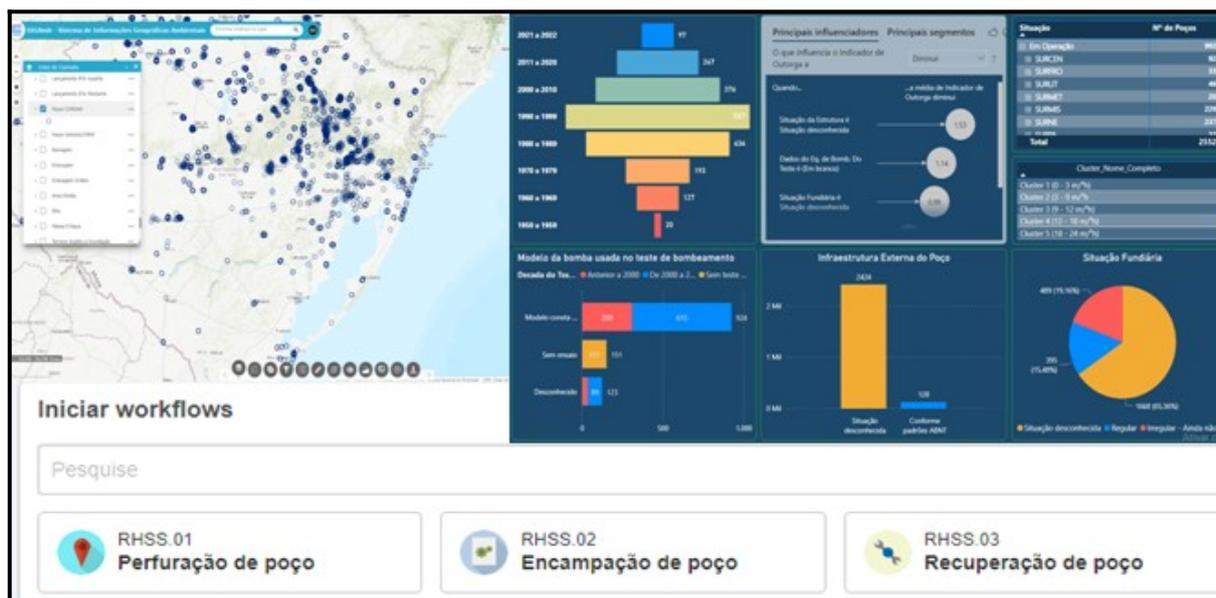
## METODOLOGIA

Pela necessidade de otimização organizacional das atividades e crescentes demandas da área responsável pela gestão das captações subterrâneas e superficiais na CORSAN, com base em uma metodologia bastante conhecida, o PDCA (*Plan/Planejar; Do/Executar; Check/Avaliar/Medir; Act/Adjust/Agir/Ajustar*) verificou-se no mapeamento de processos, uma alternativa viável na busca de melhorias e apoio à gestão. Assim, inicialmente referente às captações subterrâneas desde o segundo semestre do ano de 2021, vem se ampliando e estruturando o mapeamento de processos e automatização de fluxos executados através da plataforma SESUITE (de uso corrente na Companhia). Com finalidade semelhante, também vem se alimentando um portal de informações ambientais, o SIGAmb - Sistema de Informações Geográficas Ambientais, com implementação de dados georreferenciados para apoio a gestão hídrica; ainda a elaboração de dashboards, no software Power BI, com indicadores, também com finalidade de apoio à gestão hídrica na CORSAN; além de um projeto para implantação de um Sistema de Gestão de Recursos Hídricos (SGRH/CORSAN), a partir da utilização das funcionalidades do *software Hydro GeoAnalyst* (HGA), onde estarão inseridas as captações subterrâneas e superficiais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Decorrente da identificação das principais dificuldades, necessidades e do mapeamento de processos da Superintendência, configuram-se os resultados parciais descritos na sequência. Encontra-se disponível, através da plataforma SESUITE um portal DIGITAL da Superintendência, com fluxos para solicitação e atendimento de serviços de perfuração, encampação, recuperação, tamponamento e apoio técnico, relacionados aos poços tubulares no âmbito da CORSAN. No SIGAmb estão publicadas camadas com espacialização de dados vetoriais georreferenciados de poços da CORSAN, de poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (SIAGAS/CPRM), da geologia, da hidrogeologia, dos lineamentos e dos processos minerários geridos pela Agência Nacional de Mineração (ANM), além de outras camadas vetoriais georreferenciadas disponibilizadas pelos órgãos competentes que foram integradas ao SIGAmb CORSAN. Sendo que, esse portal é potencialmente apto a inserção de novas camadas com informações técnicas vinculadas e pertinentes à gestão de águas subterrâneas na CORSAN. A elaboração e utilização dos dashboards com indicadores para apoio a gestão hídrica na CORSAN, destacando por exemplo a situação dos poços e respectivas características, imprescindível na questão da regularização de poços (outorgas), que consiste em um dos maiores desafios de gestão. A figura 1, consiste numa compilação de telas, apenas ilustrativa dos resultados já alcançados.

Figura 1: Compilação ilustrativa de resultados.



Fonte: Autoria própria

Os resultados supracitados, são exemplos de um trabalho de aprimoramento de gestão, que se encontra em execução, tendo em vista que a ideia é que sejam ainda mais abrangentes, a partir da consolidação do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos (SGRH/CORSAN), para as águas subterrâneas e superficiais. E, que em estando as atribuições da Superintendência de gestão de recursos hídricos, no que compete às águas subterrâneas e superficiais, com seus processos bem delimitados e o máximo uso das ferramentas disponíveis, possa refletir em maior eficiência; como nas execuções de novas perfurações, com a apresentação de melhores resultados quanto ao volume a ser explorado e qualidade das águas subterrâneas para atendimento das necessidades de abastecimento público; assim como o monitoramento situacional das captações superficiais. Pois, uma das principais metas das melhorias de gestão é reduzir o percentual de poços perfurados, que não atendem às necessidades operacionais da CORSAN, e atender de maneira eficiente e em prazo adequado o máximo das demandas referentes às captações superficiais da CORSAN.

## CONCLUSÕES

Como este trabalho se encontra em desenvolvimento, justifica-se a emissão de considerações e/ou conclusões vinculadas apenas às etapas já consolidadas do mesmo. Considera-se que a etapa inicial deste projeto, embora tenha exigido, no que se refere ao cronograma de execução, um tempo maior dentro do período de levantamento de problemas, necessidades e planejamento de ações, foi significativamente positiva, haja vista os resultados já alcançados, a partir do mapeamento de processos. Como recomendação principal se pretende manter os objetivos apresentados neste artigo, até que se possa mapear e validar todos os principais processos que contribuem na garantia da manutenção, dinâmica, eficácia, eficiência e sustentabilidade das ações de gestão dos recursos hídricos, no que compete às captações subterrâneas e superficiais na CORSAN.

## REFERÊNCIAS

CONICELLI, B.P.; HIRATA, R. Novos Paradigmas Na Gestão Das Águas Subterrâneas - XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas - XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas/2016 ([https://www.abas.org/xixcabas/anais/103015\\_113\\_Gestao\\_A.S\\_BPC20160709.pdf](https://www.abas.org/xixcabas/anais/103015_113_Gestao_A.S_BPC20160709.pdf)).

Ciclo de Deming ou Ciclo PDCA. Disponível em (<https://docplayer.com.br/20721688-Ciclo-de-deming-ou-ciclo-pdca.html>) acesso em: 13 abril 2022.



## DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA PROTEÇÃO DE ÁREAS DE RECARGA DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI – SAG EM MUNICÍPIOS DA REGIÃO DA CAMPANHA, RS)

**Juliane Somariva Machado**, Centro Universitário Ritter dos Reis, julianesomariva@gmail.com

**Cláudia Bos Wolff**, DIPLAN/DQA

**Rafael Fernandes e Silva**, DIMAM/DQA

**Isadora Aumond Kuhn**, CPRM

**Rafael Midugno**, DIPLAN/DQA

**Resumo:** Áreas de recarga de aquíferos são importantes de serem preservadas, pois constituem porções onde a vulnerabilidade é maior, em virtude do contato direto da água subterrânea com a atmosfera, e por serem locais de entrada de água para esse tipo de reservatório hídrico. O órgão ambiental estadual possui diretrizes e normas específicas (Diretriz Técnica nº. 04/2021 - DIRTEC) para subsidiar o licenciamento ambiental sobre impactos potenciais que determinadas atividades podem causar aos mananciais subterrâneos, especialmente nos aquíferos granulares, como é o caso da área dos municípios da região da Campanha: Alegrete, Maçambará e Manoel Viana. No presente trabalho, buscou-se identificar a presença de atividades potencialmente poluentes para a água subterrânea, nos três municípios poços tubulares instalados, unidades de conservação e suas zonas de amortecimento. O trabalho envolveu pesquisa bibliográfica para o levantamento de dados e informações a respeito do Sistema Aquífero Guarani – SAG, estudos de avaliação da vulnerabilidade aquífera empregando o método G.O.D. (*Groundwater occurrence, Overall aquifer class, Depth to groundwater table*) e sobre aplicação de ferramentas de geoprocessamento (QGIS), processamento de dados e informações geoespaciais. Verificou-se que cerca de 50% dos empreendimentos cadastrados na Fepam, situados na área de estudo, envolvem agricultura irrigada, atividade que geralmente utiliza agrotóxicos, potenciais poluentes da água subterrânea. Até o presente momento, a metodologia empregada se mostrou eficiente na identificação de locais de maior vulnerabilidade do SAG, que deverão ser objeto de vistoria confirmatória no prosseguimento deste projeto de pesquisa, além da tentativa de discriminar áreas mais vulneráveis que outras por meio de geoprocessamento.

**Palavras-Chave:** Áreas de recarga, Método G.O.D, Vulnerabilidade de aquíferos.

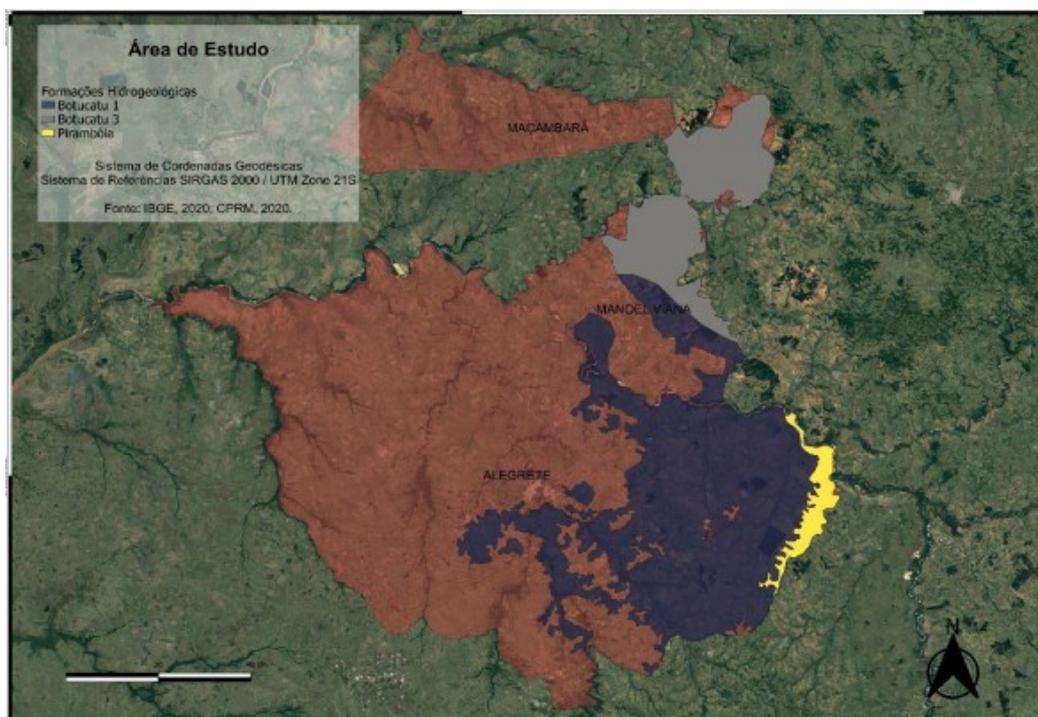
**Abstract:** Areas of aquifer recharge are important to be preserved, as they constitute portions where vulnerability is greater, due to the direct contact of groundwater with the atmosphere, and because they are places of water entry into this type of water reservoir. The state environmental agency has specific guidelines and standards (Technical Guideline nº. 04/2021 - DIRTEC) to subsidize environmental licensing on potential impacts that certain activities can cause to groundwater sources, especially in granular aquifers, as is the case in the area of municipalities from the Campanha region: Alegrete, Maçambará and Manoel Viana. In the present work, we sought to identify the presence of potentially polluting activities for groundwater, in the three municipalities installed tubular wells, conservation units and their buffer zones. The work involved bibliographic research to collect data and information about the Guarani Aquifer System - SAG, studies of aquifer vulnerability assessment using the G.O.D. (*Groundwater occurrence, Overall aquifer class, Depth to groundwater table*) and on the application of geoprocessing tools (QGIS), data processing and geospatial information. It was found that about 50% of the enterprises registered with Fepam, located in the study area, involve irrigated agriculture, an activity that generally uses pesticides, potential pollutants of groundwater. So far, the methodology used has proved to be efficient in identifying the most vulnerable places in the SAG, which should be subject to a confirmatory inspection in the continuation of this research project, in addition to the attempt to discriminate areas more vulnerable than others through geoprocessing

**Keywords:** Recharge areas, G.O.D method, Aquifer vulnerability

## INTRODUÇÃO

O Cone Sul abriga, no interior da Bacia Sedimentar do Paraná, o Sistema Aquífero Guarani (SAG), o segundo maior reservatório de água subterrânea do Brasil, com área estimada em 1,2 milhão de km<sup>2</sup>, que se estende pelos territórios de Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai. Em território brasileiro, o SAG estende-se por cerca de 840.000 km<sup>2</sup> contemplando os estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (ROCHA, 1997). Diante do papel que a água subterrânea desempenha no atendimento de atividades antrópicas, é recomendável, do ponto de vista da gestão ambiental, a elaboração de diretrizes específicas, destinadas à proteção desse tipo de recurso hídrico. Áreas de recarga de aquíferos são especialmente importantes de serem preservadas, pois constituem porções do aquífero onde a vulnerabilidade é maior, em virtude do contato direto da água subterrânea com a superfície do terreno e, por óbvio, por constituírem locais onde há aporte de água para recarga desse tipo de reservatório. Ao mesmo tempo, atividades antrópicas potencialmente causadoras de degradação ambiental podem já estar e virem a ser instaladas, justamente, sobre essas áreas de recarga.

Figura 1. Mapa Hidrogeológico da área de estudo e suas respectivas classes hidrogeológicas.



Fonte: Limites Estadual e Municipal IBGE, 2020. Hidrogeologia do RS, 750.500. Convênio SOPSSEMAB-DRH/RS-CPRM N° 029/98, CPRM, 2005. Modificado por: Divisão de Planejamento Ambiental/FEPAM, 2020 e pelo autor.

Nesse sentido, no presente trabalho buscou-se identificar a presença de tais atividades na região da Campanha gaúcha os empreendimentos através do sistema de informações geoespaciais SIGFEPAM da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Luiz Roessler – FEPAM, que reúne informações de empreendimentos ativos que se encontram sob licenciamento do Estado.

Identificar áreas de afloramento das rochas integrantes do Sistema Aquífero Guarani, verificando sua vulnerabilidade à poluição antrópica e propor medidas para assegurar sua conservação em face de atividades potencialmente causadoras de degradação ambiental da água subterrânea e elaborar diretrizes ambientais adequadas à proteção da água subterrânea em função de atividades antrópicas

passíveis de licenciamento ambiental, independentemente da fase do processo em que se encontram (viabilidade, instalação e operação).

## METODOLOGIA

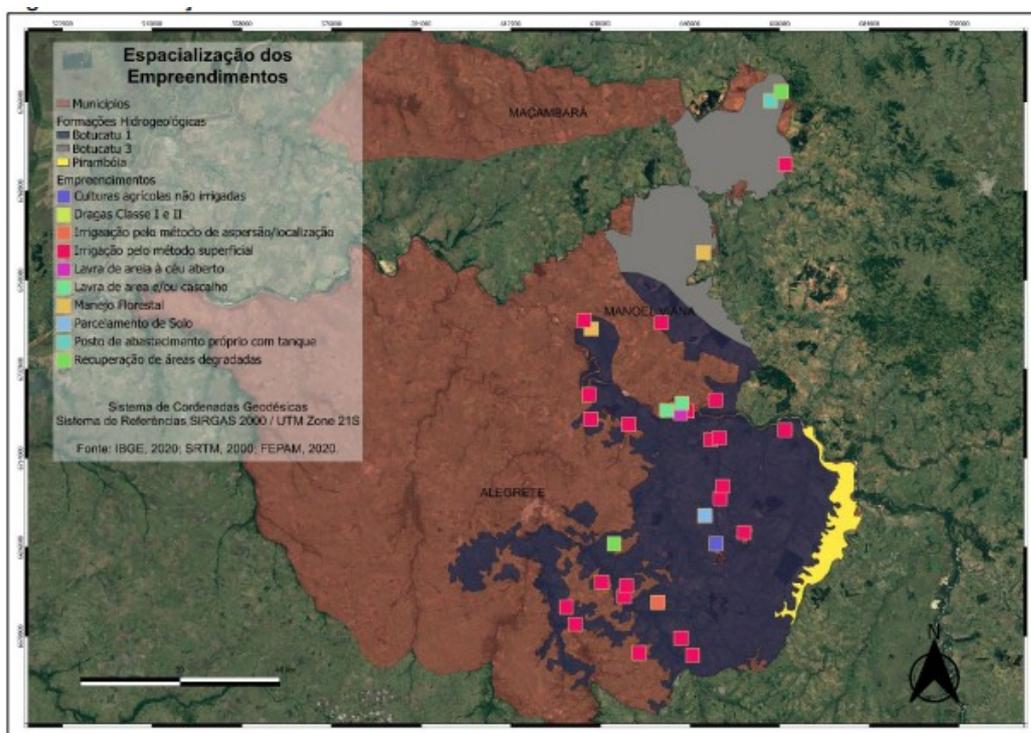
O trabalho envolveu pesquisa bibliográfica para o levantamento de dados e informações a respeito da área de estudo, do Sistema Aquífero Guarani – SAG e dos municípios de Alegrete, Maçambará e Manoel Viana, dos empreendimentos que podem afetar negativamente a água subterrânea, dos poços que estão inseridos na área de interesse, unidades de conservação e zonas de amortecimento e sobre métodos de avaliação da vulnerabilidade aquífera, tal como o método G.O.D. (Groundwater occurrence, Overall aquifer class, Depth to groundwater table) e como estimar a vulnerabilidade de aquíferos pelo método citado. Além disso, envolveu estudos sobre geoprocessamento utilizando o software QGIS, para poder manipular dados e informações geoespaciais associadas às unidades hidrogeológicas, os empreendimentos, unidades de conservação e os municípios de interesse por meio de arquivos vetoriais no formato *shapefile*.

A partir de arquivo geoespacial contendo mapa hidrogeológico do RS e de arquivo contendo os limites políticos dos municípios selecionados, após possível obter, através de cruzamento em ambiente SIG, o recorte da área de estudo para posterior filtragem de empreendimentos com potencial poluidor que podem afetar a água subterrânea no local.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que existem em torno de 43 empreendimentos potencialmente causadores de degradação da água subterrânea, em processo de licenciamento / operando sobre área de recarga do SAG circunscrita nos limites da área de estudo (Figura 2).

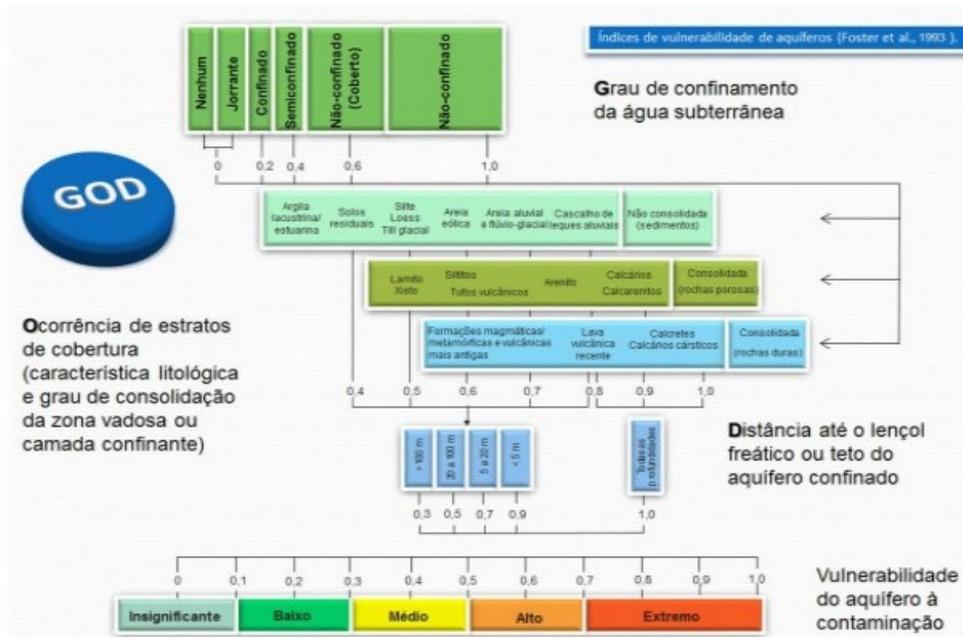
Figura 2. Descrição das Atividades inseridas na área de estudo.



Fonte: Limites Estadual e Municipal IBGE, 2020. Hidrogeologia do RS, 750.500. Convênio SOPS-SEMAB-DRH/RS-CPRM N° 029/98, CPRM, 2005. Banco de dados da FEPAM (SIGFEPAM), 2020. Modificado por: Divisão de Planejamento Ambiental/FEPAM, 2020 e pelo autor.

Os mapas de vulnerabilidade são considerados uma base técnica simplificada para o planejamento de ações de controle dos aquíferos, principalmente em áreas potencialmente críticas. Neste projeto, foi previamente definido o método GOD para avaliar a vulnerabilidade do SAG. O método GOD (Figura 3) se baseia em metodologia empírica proposta inicialmente por Foster & Hirata (1993), adotado no estudo, que leva em consideração parâmetros como modo de ocorrência de água subterrânea (*Groundwater occurrence*), classificação do aquífero (*Overall aquifer class*) e profundidade do topo do aquífero (*Depth to groundwater table*).

Figura 3. Índices de vulnerabilidade de aquíferos



Fonte: Foster et al., 1993

Tabela 1: Índices do substrato litológico da área de estudo para estimativa da vulnerabilidade pelo método GOD.

Índices do substrato litológico da área de estudo para estimativa da vulnerabilidade pelo método GOD		
Unidades	Características Litológicas	Índice
Botucatu	Depósitos de sistema eólico exibindo arenitos finos a médios, com estratificações cruzadas de grande porte.	0,8
Pirambóia	Depósitos de sistema eólico úmido associado a depósitos fluviais compostos de arenitos com estratificação cruzada a plano-paralela e intercalações de pelitos.	0,7

Fonte: Foster et al., 1993. Adaptado pelo autor.

Fontes pontuais de contaminação estão associadas a empreendimentos industriais e comerciais, geralmente instalados nas áreas urbanas dos municípios, e ao esgotamento sanitário in situ (fossas

sépticas). As plumas de contaminação derivadas de fontes pontuais são mais concentradas e claramente definidas, o que facilita sua identificação e, em alguns casos, seu controle. Quando as fontes pontuais são múltiplas, acabam representando, no final, uma fonte basicamente difusa no que diz respeito à identificação e ao controle (FOSTER et al., 2006). Por isso, a necessidade de diretrizes ambientais para proteção de áreas de recarga do Sistema Aquífero Guarani – SAG, como demonstrado por Foster et al. (1993) os índices de vulnerabilidade são elevados mostrando que nas áreas de recarga a probabilidade de haver contaminação é alta.

A avaliação da qualidade ambiental dos recursos hídricos subterrâneos depende de monitoramento contínuo, ao longo do tempo, de parâmetros físico-químicos e biológicos sensíveis às atividades antrópicas, de forma a estabelecer uma série histórica de dados. Para o caso dos recursos hídricos subterrâneos, uma rede de monitoramento permite detectar restrições de usos, estabelecer diagnósticos e prever tendências de qualidade da água a partir dos parâmetros analisados. Além disso, é possível determinar especificamente quais os potenciais fontes que alteram as concentrações desses parâmetros, reconhecendo quais os efluentes gerados por atividades desenvolvidas no território das unidades hidrogeológicas, que por sua vez atinjam a água subterrânea comprometendo sua qualidade (CPRM, 2012).

Os dados obtidos de fontes de contaminação da água subterrânea, podem auxiliar a delimitar áreas de restrições e o estabelecimento de diretrizes ambientais com vistas a um zoneamento, ordenando o uso e a ocupação do solo, bem como ao controle da exploração da água subterrânea. Visando proteger a qualidade da água subterrânea os resultados corroboram para a criação de diretrizes que envolvam restrições quanto ao uso de agrotóxicos, uma vez que as atividades agrícolas predominam na região; quanto aos métodos de recuperação de área degradada; diretrizes para atividades de educação ambiental e de adoção de medidas que evitem a supressão vegetal. Além disso, é importante evitar a implantação de indústrias de alto risco ambiental e quaisquer outras fontes de grande impacto ambiental em áreas mais sensíveis.

Visando proteger a qualidade da água subterrânea os resultados corroboram para a criação de diretrizes que envolvam restrições quanto ao uso de agrotóxicos, uma vez que as atividades agrícolas predominam na região; quanto aos métodos de recuperação de área degradada; diretrizes para atividades de educação ambiental e de adoção de medidas que evitem a supressão vegetal. Além disso, é importante evitar a implantação de indústrias de alto risco ambiental e quaisquer outras fontes de grande impacto ambiental em áreas mais sensíveis e propor aos empreendedores a realização do método G.O.D nos empreendimentos.

## CONCLUSÕES

A avaliação de empreendimentos ocorrentes na área de estudo foi feita através do sistema de dados geoespaciais da FEPAM (SIGFEPAM), que resultou na elaboração de mapas de localização (georreferenciados) desses empreendimentos, contendo tipos de atividade, bem como a localização da área de estudo e demais elementos pertinentes. Estudos sobre métodos de avaliação da vulnerabilidade aquífera, tal como o método GOD (*Groundwater occurrence, Overall aquifer class, Depth to groundwater table*) e como estimar a vulnerabilidade de aquíferos pelo método citado também foram foco de estudos e por fim, a proposição de algumas diretrizes ambientais que contemplem os resultados alcançados pertinentes e embasados no inventário de empreendimentos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a oportunidade de apresentar este trabalho no 2º Seminário de Águas Subterrâneas da CTAS&NEAS, em especial, agradecimento aos meus orientadores e coorientadores: Rafael Midugno, Cláudia Bos Wolff, Rafael Fernandes e Silva e Isadora Aumond Kuhn por permitirem e auxiliarem na realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. 2006. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul – Escala 1:750.000. Porto Alegre: CPRM: 2006. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia\\_basica/cartografia\\_regional/mapa\\_rio\\_grande\\_sul.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf)>. Acesso em: 12 set 2020. Acesso: 12 set. 2020.
- \_\_\_\_\_. 2012. Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul. Bacia Sedimentar do Paraná. Mario Wrege, Maria Antonieta Alcântara Mourão (Coord.). Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012. 32 p, il., v.16. Disponível em: <[http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pdf/PDF\\_RIMAS/VOLUME16\\_Sistema\\_Aquifero\\_Guarani\\_RS.pdf](http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pdf/PDF_RIMAS/VOLUME16_Sistema_Aquifero_Guarani_RS.pdf)> Acesso: 10 out 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2020. Cidades e Estados. 2020. Disponível em: : <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/>> Acesso em: 12 out 2020.
- FOSTER, S. S. D. HIRATA, R. –1993 – Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes. (Tradução de Ricardo Hirata, Sueli Yoshinaga, Seiju Hassuda e Mara Akie Iritani). Boletim do Instituto Geológico, n. 10, 92 p.
- FOSTER, S. S. D. HIRATA, R., GOMES, D., D’ELIA, M., PARIS, M. 2006. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Banco Mundial, Washington. 104 p.
- ROCHA, Rafael Oliveira Franca; CRUZ, Marcus Aurélio Soares; AMORIM, Júlio Roberto de Araújo de; ARAGÃO, Ricardo de. Aplicação do método GOD para avaliação de vulnerabilidade de aquíferos presentes no estado de Sergipe. XI Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe, Aracaju, v. 11, n. 11, p. 1-7, 06 abr.2018. Anual. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/191449/1/Artigo3.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2020.



## ANÁLISE DA INTRUSÃO DE SALINA NO AQUIFERO CAPLINA - PERU

Oscar Enmanuel Ticona Neyra, UNLP, e-mail: ostiney@gmail.com

**Resumo:** As águas subterrâneas são a única fonte de água possível para suprir a demanda populacional e agrícola no sul do Peru; no entanto, esses aquíferos costeiros são altamente sensíveis à superexploração. No caso dos aquíferos costeiros, um dos processos de contaminação mais frequentes é a salinização de suas águas devido ao avanço da água do mar para o interior (intrusão marinha). Nesses aquíferos, que descarregam suas águas diretamente no mar, cria-se um estado de equilíbrio entre o fluxo de água doce e de água salgada. Isso ocorre com o aquífero Caplina, na região de Tacna/Peru, que apresenta alto risco de contaminação com água do mar, tanto pela proximidade quanto pela baixa recarga dos aquíferos. Esses dois fatores tornam a área estudada um sistema muito sensível e altamente vulnerável à intrusão salina (ANA-Peru, 2010). Este trabalho teve por objetivo analisar a utilização de água do aquífero Caplina. A existência do fenômeno de intrusão salina em um aquífero costeiro pode ser detectada por várias técnicas, principalmente hidrogeoquímicas e geofísicas. Nesse aquífero o volume total de água subterrânea explorado através de 600 poços em operação foi estimado em 167,75 hm<sup>3</sup>/ano, o que equivale a uma vazão de 5,32 m<sup>3</sup>/s, com recarga média de 66,23 hm<sup>3</sup>/ano; portanto, há uma superexploração da ordem de 101,52 hm<sup>3</sup>/ano (ANA-Peru, 2018). Essa superexploração acarreta salinização das águas, inviabilizando alguns usos. Esse contexto gera tensões e conflitos no uso dos recursos hídricos no âmbito de gestão.

**Palavras-Chave:** Intrusão, superexploração, salinização.

**Abstract:** Groundwater is the only possible source of water to meet population and agricultural demand in southern Peru; however, these coastal aquifers are highly sensitive to overexploitation. In the case of coastal aquifers, one of the most frequent contamination processes is the salinization of their waters due to the advance of seawater inland (marine intrusion). In these aquifers, which discharge their waters directly into the sea, a state of equilibrium is created between the flow of freshwater and saltwater. This occurs with the Caplina aquifer, in the Tac-na/Peru region, which presents a high risk of contamination with seawater, both due to proximity and low aquifer recharge. These two factors make the studied area a very sensitive system and highly vulnerable to saline intrusion (ANA-Peru, 2010). This work aimed to analyze the use of water from the Caplina aquifer. The existence of the saline intrusion phenomenon in a coastal aquifer can be detected by several techniques, mainly hydrogeochemical and geophysical. In this aquifer, the total volume of groundwater explored through 600 wells in operation was estimated at 167.75 hm<sup>3</sup>/year, which is equivalent to a flow of 5.32 m<sup>3</sup>/s, with an average recharge of 66.23 hm<sup>3</sup>/year; therefore, there is an overexploitation of the order of 101.52 hm<sup>3</sup>/year (ANA-Peru, 2018). This overexploitation leads to salinization of the waters, making some uses unfeasible. This context generates tensions and conflicts in the use of water resources in the scope of management.

**Keywords:** Intrusion, overexploitation, salinization.



## OBJETIVOS

Analisar a utilização de água do aquífero Caplina e a presença de intrusão salina.

## METODOLOGIA

Nesta pesquisa utilizou-se a seguinte metodologia:

- Recolha de informação sobre o aquífero, realizando-se levantamento da bibliografia existente.
- Análise das informações levantadas, reunindo-se dados de qualidade de água dos poços e volume explotados conforme os usos (doméstico, industrial, agrícola, pecuária).
- Interpretação de dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

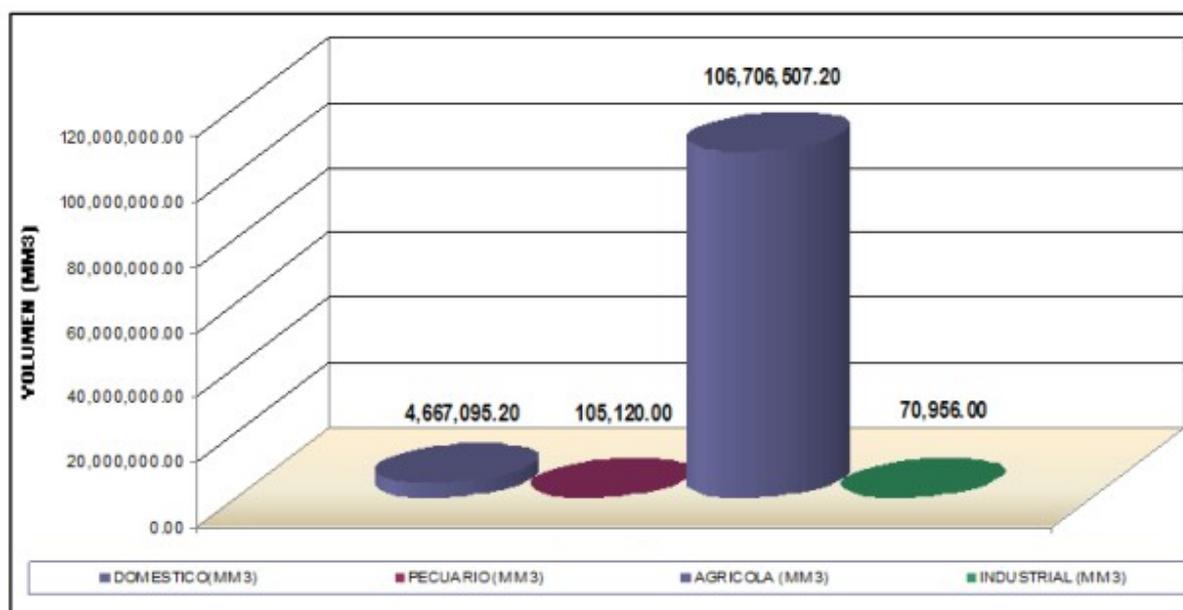
Do total explotado no aquífero, o maior volume corresponde ao uso agrícola com 106.706.507,20 m<sup>3</sup> (95,66%), seguido em importância pelo uso doméstico com 4.667.095,20 m<sup>3</sup> (4,18%). Esses dados podem ser verificados analisando-se o quadro 1 e a figura 3.

Quadro 1: Volume explotado de acordo com seu uso.

Distrito	Doméstico(MM3)	Pecuario (MM3)	Agrícola (MM3)	Industrial (MM3)	Total (MM3)	%
Tacna	1'008,919.20	105'120.000	106'590,875.20		107'704,914.40	96.55
Ciudad Nueva				70'956.00	70,956.00	0.06
Pocollay	1'450,656.00				1'450,656.00	1.30
Coronel Gregorio Albarracin	2'207,520.00		115'632.00		2'323,152.00	2.08
<b>Total</b>	<b>4'667,095.20</b>	<b>105'120.00</b>	<b>106'706,507.20</b>	<b>70'956.00</b>	<b>111'549,678.40</b>	<b>100.00</b>

Fonte: ANA/PERU, 2018.

Figura 3: Volume explotado de poços de acordo com seu uso.



Fonte: ANA/PERU, 2018.

De acordo com as informações da Autoridade Nacional de Águas do Peru (ANA), a partir do ano 2018, houve um aumento exponencial no uso de água no aquífero Caplina, considerando-se a seguinte evolução:

#### **Explotação em 1967**

Em 1967, o volume explotado de recursos hídricos subterrâneos em poços foi de 12' 992.832,00 m<sup>3</sup> (12,99 hm<sup>3</sup>), o que equivale a um fluxo contínuo de aproveitamento de 0,41 m<sup>3</sup>/s.

#### **Explotação em 1979**

Em 1979, 85 poços foram calibrados, resultando em uma massa explotada de 39'010.032,00 m<sup>3</sup> (39,00 hm<sup>3</sup>), que corresponde a uma vazão contínua de 1,24 m<sup>3</sup>/s.

#### **Explotação em 1995**

Em 1995, o volume explotado de recursos hídricos subterrâneos foi de 57.000.000,00 m<sup>3</sup> (57,00 hm<sup>3</sup>), o que equivale a uma vazão contínua de 1,81 m<sup>3</sup>/s.

#### **Explotação em 1998**

Em 1998, o volume explotado de recursos hídricos subterrâneos foi de 53.089.000,00 m<sup>3</sup> (53,09 hm<sup>3</sup>) o que equivale a uma vazão contínua de 1,68 m<sup>3</sup>/s.

#### **Explotação em 1999**

Em 1999, a exploração de recursos hídricos subterrâneos através de poços foi 54.354.792,00 m<sup>3</sup> (54,35 hm<sup>3</sup>) o que equivale a um fluxo contínuo de 1,72 m<sup>3</sup>/s.

Desta massa total, a maioria foi utilizada para fins agrícolas com 51.854.520 m<sup>3</sup> (51,85 hm<sup>3</sup>), seguido do uso doméstico com 1.900.862,00 m<sup>3</sup> (1,90 hm<sup>3</sup>).

#### **Explotação em 2001**

Em 2001, o volume de água subterrânea explorado foi de 61.875.290,88 m<sup>3</sup> (61,88 hm<sup>3</sup>) que equivale a uma vazão de exploração contínua de 1,96 m<sup>3</sup>/s.

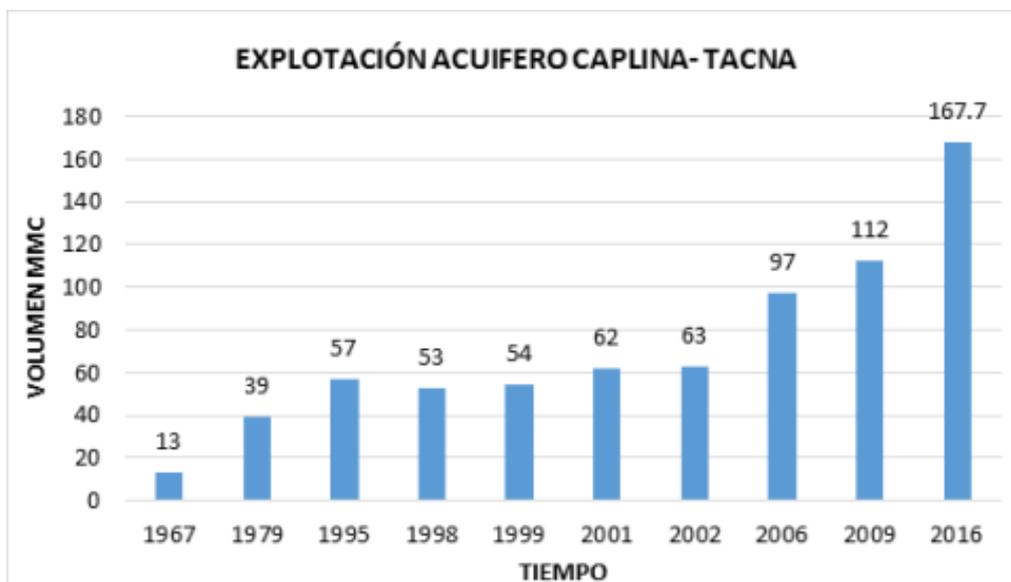
#### **Explotação em 2002**

O volume total de águas subterrâneas explotadas através de poços equivale a 62.778.783,10 m<sup>3</sup> (62,78 hm<sup>3</sup>) o que equivale a um fluxo contínuo de exploração de 1,99 m<sup>3</sup>/s.

**Explotação em 2009** O volume total de água subterrânea extraída do aquífero foi de 111.549.678,4 m<sup>3</sup> (111,54 hm<sup>3</sup>), o que equivale a uma vazão de exploração contínua de 3,53 m<sup>3</sup>/s.

Os dados de 600 poços indicam que para o ano 2016 há uma exploração estimada de 167,75 hm<sup>3</sup>, e considerando a recarga de 66,23 hm<sup>3</sup>, há uma superexploração de 101,52 hm<sup>3</sup>. O volume de extração aumentou 51% desde o inventário realizado em 2009 (ANA, 2018), que podem ser observados na figura 4:

Figura 4: Exploração do Aquífero Caplina-Tacna.



Fonte: ANA/PERU, 2018.

Quanto à qualidade das águas, 68% das amostras das águas subterrâneas deste aquífero são levemente salinas, 29% do total são águas moderadamente salinas, e 3% são águas não salinas, consideradas potáveis.

A classificação da água salina para a produção segue o boletim de risco e drenagem n° 48 das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO).

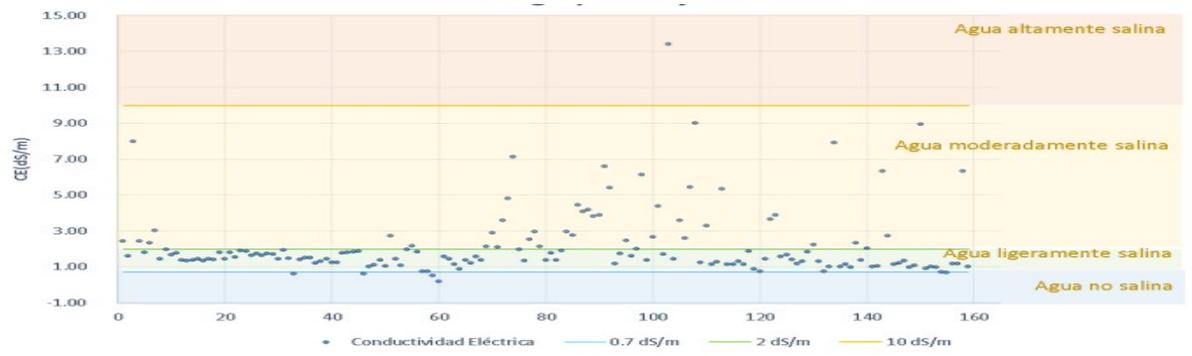
Tabela 2: Classificação de Água Salina

Clase de agua	Ds / m	Tipo de agua	Número de muestras	Porcentaje
No salino	<0,7	Potable y agua de riego	5	3%
Ligeramente salino	0,7-2	El agua de riego	108	68%
Moderadamente salina	2-10	agua de drenaje primario y aguas subterráneas	45	28%
Altamente salina	10-25	el agua de drenaje secundario y las aguas subterráneas	1	1%
Muy altamente salina	25 - 45	subterránea salina muy		
Salmuera	> 45	Agua de mar		
<b>Total</b>			<b>159</b>	<b>100%</b>

Fonte: ANA/PERU, 2018.

A maioria das amostras de água está dentro da faixa de salinidade considerada leve a moderada (figura 5).

Figura 5: Ensaio de condutividade elétrica para determinar a faixa de salinidade.

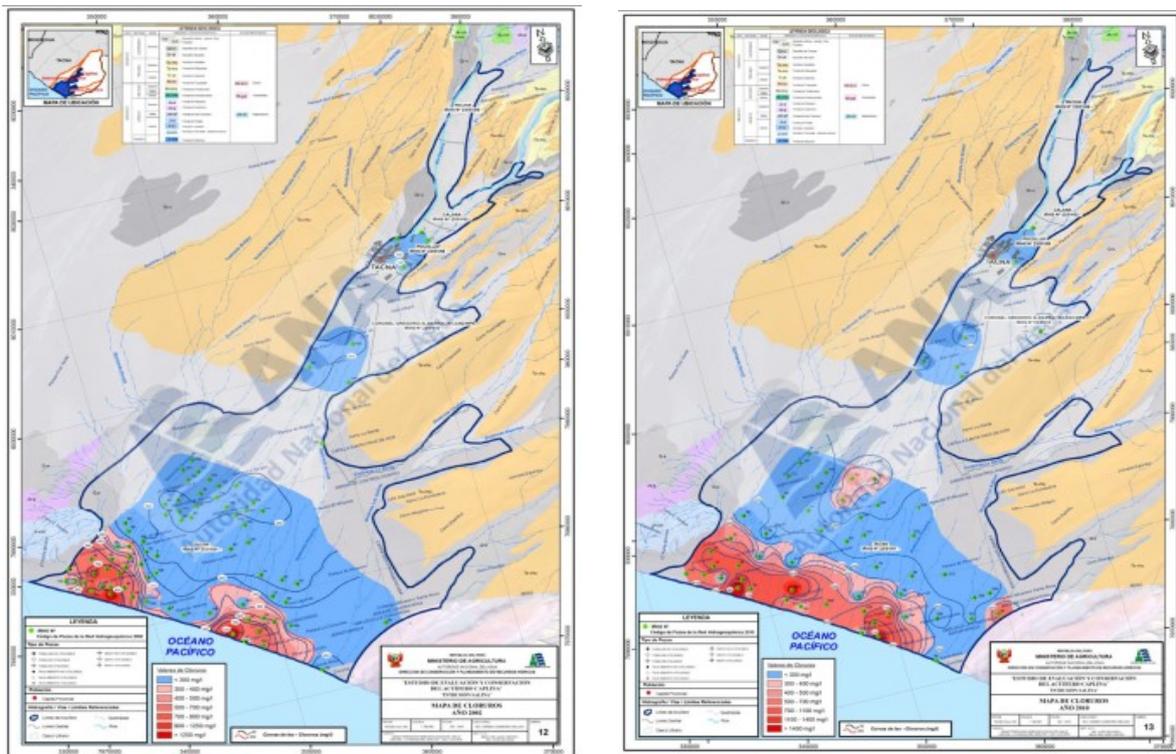


Fonte: ANA/PERU, 2018.

O íon cloreto é um dos mais conhecidos por seus efeitos de salinidade sobre a água, em geral é muito solúvel e muito estável em solução, dificultando sua precipitação. Da mesma forma, não é oxidado ou reduzido a águas minerais. Geralmente está associado ao íon sódio, especialmente em águas muito salinas.

Tomando como referência as informações da ANA para o ano de 2010, verifica-se um aumento de cloretos comparando aos anos de 2002 e 2010, conforme demonstrado na figura 6.

Figura 6: Comparação da Concentração de Cloreto, anos 2002 e 2010.



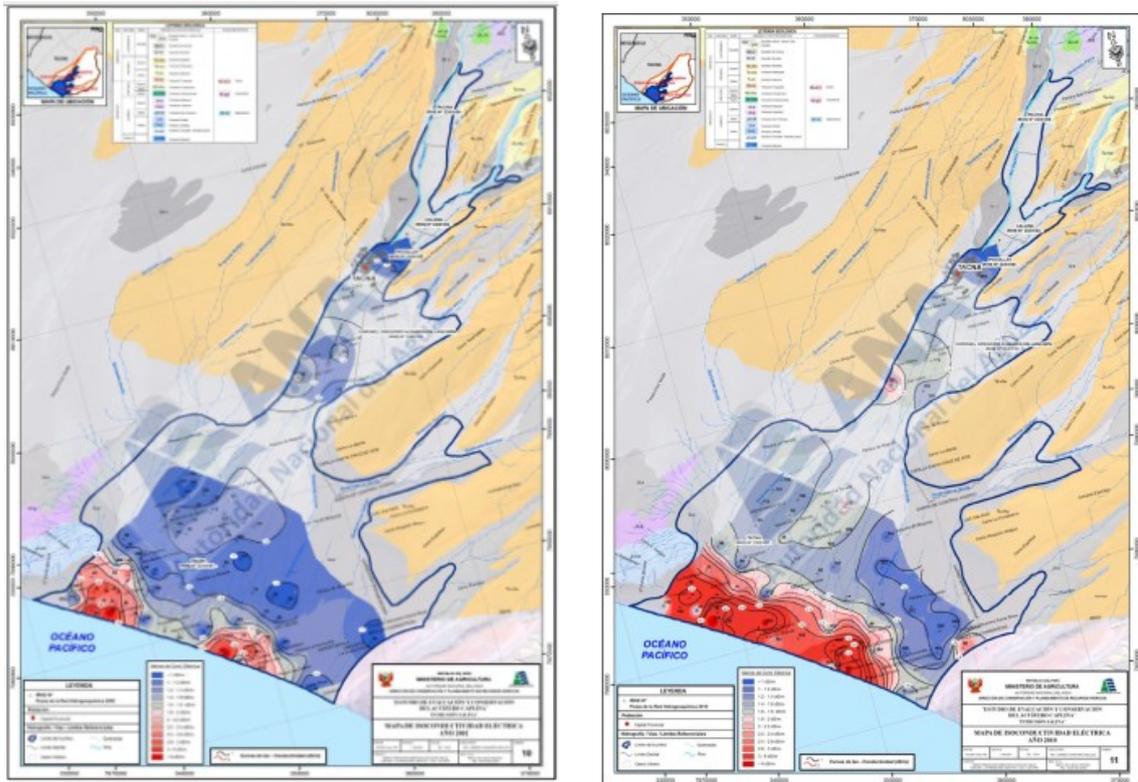
Fonte: ANA/PERU, 2010.

O teor de sais dissolvidos está diretamente associado aos valores de condutividade elétrica.

Tomando como referência as informações da ANA para o ano de 2010, verifica-se um aumento da condutividade elétrica comparando os anos de 2002 e 2010, conforme demonstrado na figura 7:

Figura 7: Comparação da Condutividade Elétrica, anos 2002 e 2010.

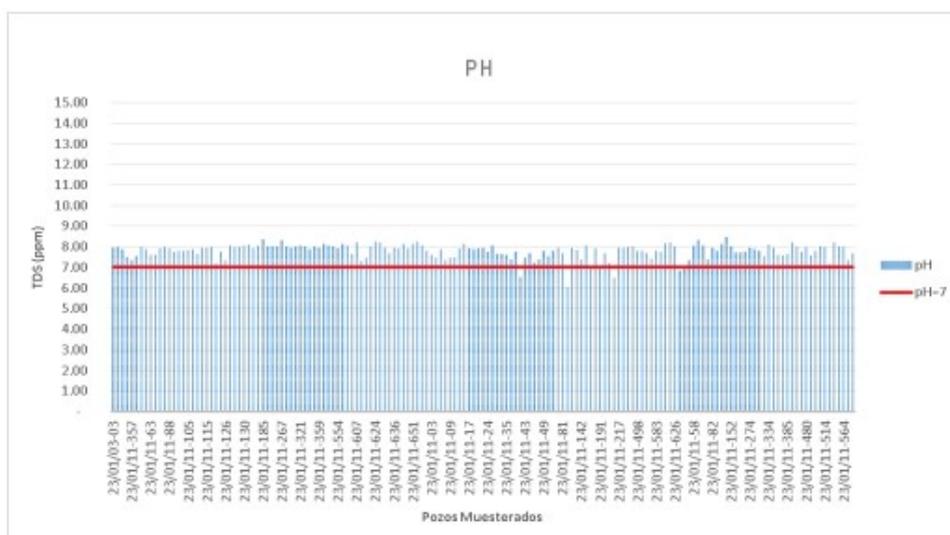
Fonte:



ANA/PERU, 2010.

Quanto ao pH, as amostras apresentam valores acima de 7 e próximos a 8, como pode ser visto na figura 8.

Figura 8: Valores de pH



Fonte: ANA/PERU, 2018.

Há a maior presença de Cloreto de Cálcio (39%) e Sulfato de Cálcio (34%) na água, como mostra a tabela 3.

Tabela 3: Percentual de amostras classificadas.

CLASIFICACIÓN	N° DE MUESTRAS	%
	AÑO 2016	
Clorurada sódica	34	22%
<b>Clorurada cálcica</b>	62	39%
Clorurada magnésica	0	0%
<b>Sulfatada cálcica</b>	53	34%
Sulfatada sódica	8	5%
Sulfatada magnésica	0	0%
Bicarbonatada cálcica	1	1%
<b>TOTAL</b>	<b>158</b>	<b>100%</b>

Fonte: ANA/PERU, 2018.

No aquífero Caplina há uma progressiva intrusão salina, principalmente próximo ao Oceano Pacífico, onde o aquífero tem uma salinidade muito alta.

## CONCLUSÕES

- 1) Ao longo do tempo, a exploração do Aquífero Caplina aumentou.
- 2) Está sobre exploração e dada a proximidade com o Oceano Pacífico aumentou as possibilidades de intrusão marinha, tendo em conta que os valores de salinidade aumentaram.
- 3) A capacidade de recarga está bem abaixo da exploração do aquífero.
- 4) Este aumento da exploração das águas subterrâneas está a colocar em risco a sustentabilidade do aquífero, pelo que é necessário continuar a tomar medidas estruturais e não estruturais.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Autoridad Nacional del Agua del Perú pelo fornecimento dos dados e a UNIPAMPA - Campus Caçapava do Sul por promover esse evento.

## REFERÊNCIAS

Autoridad Nacional del Agua del Perú; Estudio de Evaluación de Intrusión Salina en el Acuífero Caplina, Perú, 2010.

Autoridad Nacional del Agua del Perú; Evaluación de la Zona de Veda en el Acuífero Caplina, Perú, 2018.



## POÇOS PROFUNDOS E AVALIAÇÃO MACROSCÓPICA AMBIENTAL NO BIOMA PAMPA

**Patricia Raquel Vargas**, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Frederico Westphalen, patricia.vargas@acad.ufsm.br

**Kéli Hofstätter**, UFSM, Campus Frederico Westphalen

**Marcos Toebe**, UFSM, Campus Frederico Westphalen

**Jaqueline Ineu Golombieski**, UFSM, Campus Frederico Westphalen

**Resumo:** A água é um bem natural imprescindível para a vida, usada para os mais diversos fins, desde o consumo doméstico até atividades agrícolas como a irrigação e a indústria, acarretando a sua atual vulnerabilidade. Nesse sentido vem-se propondo soluções para a preservação do ambiente no entorno destes locais e melhoramento da potabilidade. Este estudo tem por objetivo realizar a análise macroscópica ambiental para caracterizar as condições ambientais no entorno de poços profundos com o uso e ocupação do solo de campo nativo (Bioma Pampa) no RS. Foram monitorados poços profundos, em duas épocas do ano (outubro/21 e janeiro/22), localizados em propriedades privadas (em Caçapava do Sul, Cacequi, Rosário do Sul, Santa Maria, São Gabriel, São Sepé e Vila Nova do Sul) com variáveis macroscópicas de cor da água, odor, presença de lixo, materiais flutuantes, espumas, óleos, esgoto, conservação da vegetação, uso por animais e humanos, proteção do local, proximidade com residências e área de inserção. Os poços profundos foram classificados quanto ao grau de preservação no entorno, como: Classe B -“Boa” ou Classe C-“Razoável”, sendo 2 e 5 poços, respectivamente. Com estes resultados obtidos evidenciou-se que a falta de proteção local (sem cercado) no entorno destes poços, proximidade de residências (menor de 50 m) e pouca preservação da vegetação são fatores que facilitam/potencializam a contaminação, os quais podem, interferir na qualidade da preservação da água. Assim, esta é uma ferramenta de conhecimento local sobre possíveis contaminações da água de consumo humano e de ações corretivas no entorno dos poços profundos.

**Palavras-chave:** Análise macroscópica, Poços Profundos, Campo nativo, Uso e ocupação do solo.

**Abstract:** Water is an essential natural asset for life, used for the most diverse purposes, from domestic consumption to agricultural activities such as irrigation and industry, resulting in its current vulnerability. In this sense, solutions have been proposed to preserve the environment around these places and improve potability. This study aims to carry out a macroscopic environmental analysis to characterize the environmental conditions around deep wells with the use and occupation of native grassland soil (Pampa Biome) in RS. Deep wells were monitored at two times of the year (October/21 and January/22), located on private properties (in Caçapava do Sul, Cacequi, Rosário do Sul, Santa Maria, São Gabriel, São Sepé and Vila Nova do Sul) with macroscopic variables of water color, odor, presence of garbage, floating materials, foams, oils, sewage, vegetation conservation, use by animals and humans, site protection, proximity to residences and insertion area. The deep wells were classified according to the degree of preservation in the surroundings, as: Class B- “Good” or Class C-“Fair”, with 2 and 5 wells, respectively. With these results, it was evidenced that the lack of local protection (no fence) around these wells, proximity to residences (less than 50m) and little preservation of vegetation are factors that facilitate/potentiate contamination, which can interfere with the quality of water conservation. Thus, this is a tool for local knowledge about possible contamination of water for human consumption and corrective actions in the surroundings of deep wells.

**Keywords:** Environmental Macroscopic Analysis, Deep Wells, Native Field, Land use and occupation.

## INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é um dos aspectos conhecido como o mais crítico do processo de deterioração do meio ambiente provocado pelo homem de forma direta e indiretamente em atividades como desmatamento, pressão direta nas matas ciliares e precariedade na fiscalização ambiental em áreas de preservação ambiental (FARIAS, 2020).

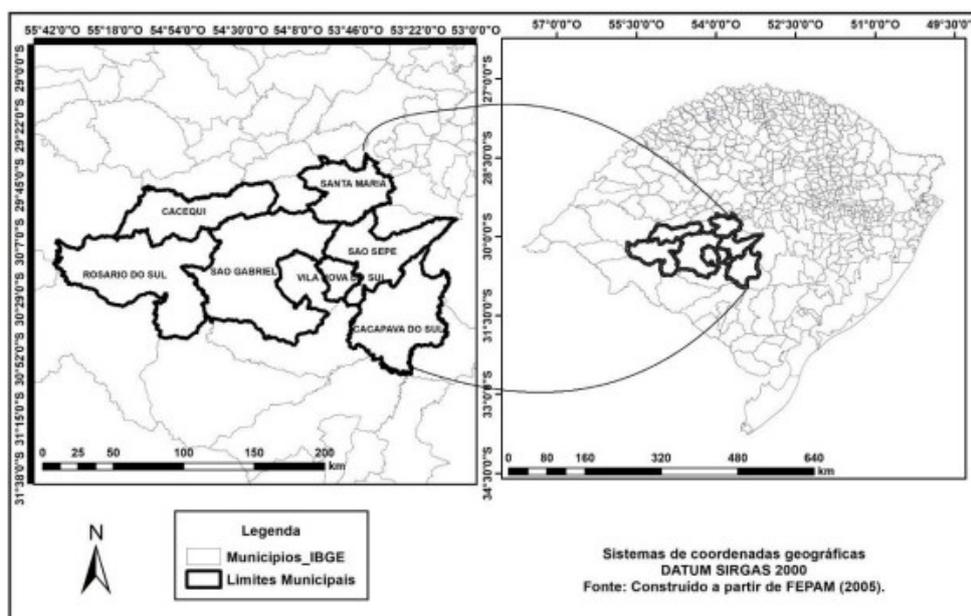
A água subterrânea é importante no desenvolvimento de atividades humanas principalmente na agricultura, ficando a mesma exposta a vulnerabilidade e a contaminação podendo afetar a saúde humana, dependendo dos usos e ocupação do solo (HAMA et al., 2022).

O presente trabalho tem por objetivo realizar a avaliação macroscópica ambiental no entorno dos poços profundos, a fim de detectar as prováveis fontes que possam vir a contaminar as águas subterrâneas em municípios do Rio Grande do Sul que apresentam uso e ocupação do solo de campo nativo.

## METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado na região central do RS (Bioma Pampa), em sete propriedades rurais privadas, com a realização de Análise Macroscópica Ambiental no entorno de poços profundos (profundidade variando de 32 a 90 metros) que são utilizadas para consumo (Figura 1) com uso e ocupação do solo de campo nativo.

Figura 1- Mapa de localização dos estudados



Fonte:

Construído a partir de FEPAM (2005).

Os municípios estudados foram Cacequi, Rosário do Sul, Santa Maria, São Gabriel, São Sepé, Vila Nova do Sul e Caçapava do Sul. Foi utilizada a metodologia proposta por Gomes, Melo e Vale (2005) (Quadro 1 e 2) com Índice de Impacto Ambiental e enquadrando os poços conforme seu grau de preservação.

Quadro 1 - Quantificação das variáveis macroscópicas ambientais.

<b>Coloração da água</b>	(1) escura	(2) clara	(3) transparente
<b>Odor</b>	(1) cheiro forte	(2) cheiro fraco	(3) sem cheiro
<b>Resíduos ao redor</b>	(1) muito	(2) pouco	(3) sem lixo
<b>Materiais flutuantes</b>	(1) muito	(2) pouco	(3) sem materiais
<b>Espumas</b>	(1) muito	(2) pouco	(3) sem espumas
<b>Óleos</b>	(1) muito	(2) pouco	(3) sem óleos
<b>Esgoto</b>	(1) esgoto doméstico	(2) fluxo superficial	(3) sem esgoto
<b>Vegetação</b>	(1) alta degradação	(2) baixa degradação	(3) preservada
<b>Uso por animais</b>	(1) presença	(2) apenas marcas	(3) não detectado
<b>Uso por humanos</b>	(1) presença	(2) apenas marcas	(3) não detectado
<b>Proteção do local</b>	(1) sem proteção	(2) proteção com acesso	(3) proteção sem acesso
<b>Proximidade com residência</b>	(1) menos de 50m	(2) entre 50 e 100m	(3) mais de 100 m
<b>Tipo de área de inserção</b>	(1) ausente	(2) propriedade privada	(3) Parques ou áreas protegidas

Fonte: Gomes, Melo e Vale (2005).

Quanto ao grau de preservação, os poços podem ser classificados como Classe A (Ótima), Classe B (Boa), Classe C (Razoável), Classe D (Ruim) e Classe E (Péssima) e a pontuação correspondente está no Quadro 2.

Quadro 2 - Grau de preservação de acordo com as variáveis macroscópicas.

Classe	Grau de preservação	Pontuação final
A	Ótima	37 a 39
B	Boa	34 a 36
C	Razoável	31 a 33
D	Ruim	38 a 30
E	Péssima	< 28

Fonte: Gomes, Melo e Vale (2005).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis apontadas para a realização da avaliação macroscópica de impactos ambientais no entorno dos poços profundos, que se destacaram em valores superiores de pontuação foram: coloração da água, odor, materiais flutuantes, espumas, óleos e esgoto (Quadro 3).

Quadro 3 – Classificação dos poços profundos de acordo com a Análise macroscópica ambiental.

Municípios	Coloração da água	Odor	Resíduos ao redor	Materiais flutuantes	Espumas	Óleos	Esgoto	Vegetação	Uso por animais	Uso por humanos	Proteção local (cerca)	Proximidade de residência	Tipo de área de inserção	(pontuação)	Classe	Grau de proteção
P1.1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2	36	B	Boa
P1.2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	2	32	C	Razoável
P1.3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	32	C	Razoável
P1.4	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	32	C	Razoável
P1.5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	2	35	B	Boa
P1.6	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	1	1	2	31	C	Razoável
P1.7	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	31	C	Razoável

P1.1 (São Gabriel), P1.2 (Cacequi), P1.3 (Rosário do Sul), P1.4 (São Sepé), P1.5 (Vila Nova do Sul), P1.6 (Caçapava do Sul), P1.7 (Santa Maria). Fonte: Autoria própria.

As variáveis de resíduos ao redor, vegetação em torno do local, uso por animais e humanos, proteção do local e proximidade com residências foram as que obtiveram pontuação inferior na análise de preservação ambiental.

Os poços profundos com classificação do grau de preservação Classe C (Razoável): Cacequi, Santa Maria, Rosário do Sul, São Gabriel e São Sepé (percentagem de 71%) e classificação Classe B (Boa): Caçapava do Sul e São Gabriel (29% do total).

## CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos evidenciou-se que a falta de proteção local (sem cercado) no entorno destes poços, proximidade de residências (menor 50m) e pouca preservação da vegetação são fatores que facilitam/potencializam a contaminação, os quais podem interferir na qualidade da preservação da água. Assim, esta é uma ferramenta de conhecimento local sobre possíveis contaminações da água de consumo humano e de ações corretivas no entorno dos poços profundos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos integrantes do Grupo de Monitoramento Ambiental-GMA, aos proprietários, ao Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), e aos demais que contribuíram para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

FARIAS, C. J. et al. A recuperação e a preservação das nascentes na cidade de São José das Palmeiras - PR. Revista Fitos, Rio de Janeiro, v. 14, p. 42-53, 2020.

GOMES, P. M.; MELO, C. de.; VALE, V. S. do. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 17, n. 32, p. 103 - 120, 2005.

RAMA, F.; et al. Assessment of intrinsic aquifer vulnerability at continental scale through a critical application of the drastic framework: The case of South America. Science of the Total Environment, v. 823, p. 1-16, 2022.



## Diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí

Rossana Vicente Goulart, FEPAM, rossana-goulart@fepam.rs.gov.br; Catia Luisa Gayer Vaghetti<sup>1</sup>, Estevão Segalla<sup>1</sup>, José Alberto Wenzel<sup>1</sup>, Lilian Maria Waquil Ferraro<sup>1</sup>, Luiz Fernando Grivot<sup>1</sup>, Márcio D'Avila Vargas<sup>1</sup>, Maria da Gloria de Medeiros Mitchell<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>FEPAM.

**Resumo:** O diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas compreende uma demanda necessária ao planejamento da gestão das águas subterrâneas do RS. O Estado, por meio do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura, dispõe de um sistema de outorga que possibilita o conhecimento das vazões, no entanto, ainda que ocorra uma caracterização da qualidade das águas no momento da outorga, não há uma análise integrada dessas informações. Sendo assim, o objetivo desse projeto é, a partir da análise integrada das informações constantes das bases de dados já existentes, gerar uma metodologia de análise da qualidade das águas subterrâneas para o Estado. A partir do diagnóstico, busca-se inicialmente conhecer o estado geral da qualidade das águas para que, posteriormente, seja possível propor um sistema de monitoramento. O projeto é desenvolvido pelo Departamento de Qualidade Ambiental da FEPAM e tem como área-piloto a Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (BHRT). Os dados foram compilados do SIOUT (Sistema de Outorga de Água do RS) da SEMAI e do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) da CPRM – Serviço Geológico do Brasil, e somam aproximadamente 18.000 informações, incluindo localização, identificação e parâmetros físicos, químicos e biológicos. Até o momento foram realizadas análises de 25 parâmetros inorgânicos constantes do Anexo I da Resolução CONAMA 396/2008, o qual traz os valores máximos permitidos para consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação. A seguir serão realizadas as análises dos demais parâmetros constantes da norma e emitido um relatório do diagnóstico da BHRT.

**Palavras-Chave:** diagnóstico, qualidade da água, Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí

**Abstract:** The diagnosis of groundwater quality comprises a necessary demand for the planning of groundwater management in Rio Grande do Sul State. The State, through the Department of Water Resources of the Secretariat of the Environment, has a grant system that makes it possible to know the flow rates; however, even if there is a characterization of the water quality at the time of grant, there is no analysis integration of this information. Therefore, the objective of this project is, from the integrated analysis of the information contained in the existing databases, to generate a methodology for analyzing the quality of groundwater for the State. From the diagnosis, it is initially sought to know the general state of the water quality so that, later, it is possible to propose a monitoring system. The project is developed by the Environmental Quality Department of FEPAM and its pilot area is the Tramandaí River Watershed (TRW). The data were compiled from Water Grant System of the Secretariat of the Environment and from Groundwater Information System of the Brazilian Geological Survey, and add up to approximately 18,000 pieces of information, including location, identification and physical, chemical and biological parameters. So far, analyzes have been carried out on 25 inorganic parameters contained in Annex I of CONAMA Resolution 396/2008, which provides the maximum values allowed for human consumption, animal watering, irrigation and recreation. Next, the analysis of the other parameters contained in the standard will be carried out and a TRW diagnosis report will be issued.

**Keywords:** diagnosis, water quality, Tramandaí River Watershed

## INTRODUÇÃO

O diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas compreende uma demanda necessária ao planejamento da gestão das águas subterrâneas do RS. O Estado, por meio do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS) da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMAI), dispõe de um sistema de outorga que possibilita o conhecimento das vazões, no entanto, ainda que ocorra uma caracterização da qualidade das águas no momento da outorga, não há uma análise integrada dessas informações.

## OBJETIVOS

Analisar a qualidade das águas subterrâneas do Estado, através de uma metodologia em desenvolvimento na FEPAM. A partir do diagnóstico, busca-se inicialmente conhecer o estado geral da qualidade das águas para que, posteriormente, seja possível propor um sistema de monitoramento.

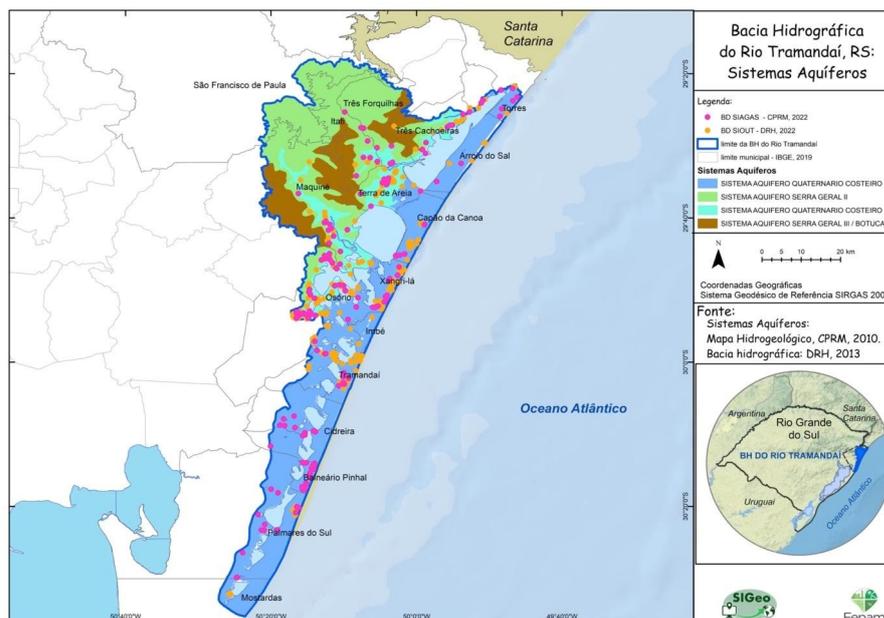
## METODOLOGIA

O projeto é desenvolvido pelo Departamento de Qualidade Ambiental da FEPAM e tem como área-piloto a Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (BHRT). A metodologia compreende a compilação de dados secundários de localização, identificação, bem como de parâmetros físicos, químicos e biológicos disponíveis nos bancos de dados públicos do Sistema de Outorga de Água do RS (SIOUT) da SEMAI e do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) da CPRM – Serviço Geológico do Brasil, a análise da qualidade das águas subterrâneas à luz da Resolução CONAMA 396/2008 e a correlação da qualidade das águas com os sistemas aquíferos, sua finalidade, seu uso e localização dos poços.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo das etapas já desenvolvidas do trabalho foram compilados aproximadamente 18.000 dados de localização, identificação e parâmetros físicos, químicos e biológicos, com amplitude temporal desde 1960 até 2021, somando 60 anos de dados. Foi desenvolvido mapa de localização geoespacial dos poços compilados no SIOUT e no SIAGAS nos Sistemas Aquíferos inclusos na BHRT (Figura 1).

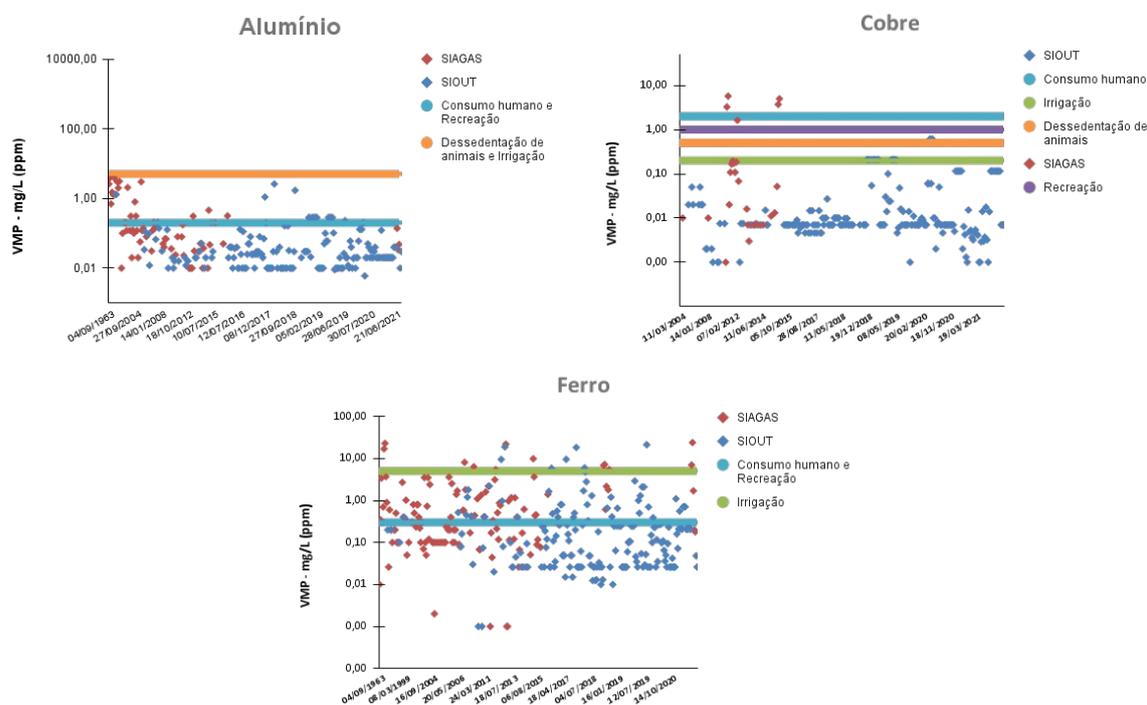
Figura 1: Mapa de Localização dos poços compilados do SIOUT e do SIAGAS nos Sistemas Aquíferos inclusos na BHRT.



Foi realizada a análise de 25 parâmetros inorgânicos (alumínio, arsênio, ferro, berílio, cloreto, boro, cádmio, zinco, cromo, cobre, sólidos totais dissolvidos, fluoretos, manganês, mercúrio, sódio, níquel, nitritos, nitratos, chumbo, sulfato, cobalto, lítio, bário, vanádio e antimônio) constantes do Anexo I da Res. CONAMA n° 396/2008 segundo os Valores Máximos Permitidos (VMP) para consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação (Figura 2).

A seguir serão realizadas análises dos demais parâmetros orgânicos e de microrganismos, constantes da referida norma, feitas as correlações dos resultados observados com os sistemas aquíferos, localização, usos e finalidades dos poços e, por fim, será emitido um relatório do diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas da BHRT.

Figura 2: Gráficos das concentrações de alumínio, cobre e ferro nas águas subterrâneas da BHRT nas últimas duas (para Cu) e seis décadas (para Al e Fe). As linhas horizontais nas cores azul, laranja, verde e lilás correspondem, respectivamente, aos VMPs para consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação constantes da Res. CONAMA 396/2008



A partir da localização geoespacial dos poços compilados na primeira etapa do projeto, verifica-se que os mesmos estão situados predominantemente sobre os Sistemas Aquíferos Quaternários Costeiros I e II, dos quais há historicamente grande demanda de águas subterrâneas. É relevante mencionar que se trata de aquíferos majoritariamente livres, os quais podem ser considerados mais vulneráveis à contaminação em relação a aquíferos confinados. Sendo assim, a análise integrada da qualidade das águas e da localização dos poços poderá fornecer importantes informações a respeito da correlação entre qualidade das águas e os sistemas aquíferos. Por ora, observa-se por meio da análise da distribuição dos dados de concentração de Al, Fe e Cu que, quanto a esses 3 parâmetros, as águas subterrâneas

apresentam qualidade majoritariamente adequada aos 4 usos considerados na norma. No entanto, cabe ressaltar que os 3 parâmetros apresentam concentrações superiores aos VMPs para consumo humano em diversos pontos (poços) ao longo de todo o período de abrangência dos dados. Considerando que o consumo humano compreende um dos principais usos das águas subterrâneas na região, cabe a análise pormenorizada desses dados a fim de informar o público, bem como de propor medidas para checagem, monitoramento e melhoria dessa condição.

## CONCLUSÕES

Os dados existentes nos bancos de dados públicos fornecem um panorama amplo que possibilita a análise qualitativa das águas subterrâneas da BHRT. Os parâmetros inorgânicos indicam qualidade majoritariamente adequada para os todos os usos constantes da Resolução CONAMA 396/2008.

## AGRADECIMENTOS

À Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM) – Serviço Geológico do Brasil, ao Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do RS, bem como à estagiária Arieli dos Santos.

## REFERÊNCIAS

SEMAI – SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **SIOUT – Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul**. 2022. Disponível em <http://www.siout.rs.gov.br>. Acesso em 20 jun. 2022.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. 2022. Disponível em <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em 20 jun. 2022.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 396 de 03 de abril de 2008**. Disponível em <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>. Acesso em 20 jun. 2022.

2º Seminário de Águas Subterrâneas



## Análise macroscópica ambiental de poços rasos com água de consumo humano em propriedades rurais.

**Silvana Isabel Schneider**, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen (UFSM-FW), silvanaeas@outlook.com

**Willian Fernando de Borba**, UFSM-FW.

**Vanessa Faco Tarone**, UFSM-FW.

**Jaqueline Ineu Golombieski**, UFSM-FW.

**Resumo:** A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida e sua qualidade é influenciada pelo uso e ocupação do solo dentro de uma bacia hidrográfica, sendo que sua qualidade interfere diretamente na saúde e bem-estar de uma população. O presente estudo teve por objetivo realizar a análise macroscópica ambiental em poços rasos de propriedades rurais distribuídas entre os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, contemplando a Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai. O período de avaliação dos parâmetros macroscópicos ocorreu no mês de abril/2021. Foram avaliados visualmente o poço raso e o seu entorno em propriedades rurais possuindo uso e ocupação do solo predominante através da produção leiteira, atividade de suinocultura e outras apresentando culturas de época (culturas agrícolas). Como resultados obtidos, verificou-se que os poços rasos apresentaram diferentes classificações variando da Classe Ótima a Ruim, sendo necessário que os produtores rurais realizarem medidas de proteção e cuidados no entorno daqueles poços que apresentaram classificações inferiores (Razoável e Ruim), visando melhorar as suas condições e aspectos que influenciam diretamente na qualidade da água de consumo humano.

Palavras-Chave: Grau de preservação; Qualidade da água; Uso e ocupação do solo.

**Abstract:** Water is an essential natural resource for the maintenance of life and its quality is influenced by the land use and occupation within a watershed, and its quality directly interferes with the health and well-being of the population. The present study aimed to carry out a macroscopic environmental analysis in shallow wells of rural properties distributed between of the Rio Grande do Sul and Santa Catarina States, contemplating the Uruguay River Basin. The evaluation period of the macroscopic parameters took place in April/2021. The shallow well and its surroundings were visually evaluated in rural properties with predominant land use and occupation through dairy production, swine production and others showing seasonal crops (agricultural crops). As results obtained, it was found that the shallow wells presented different classifications ranging from Reasonable to Bad Class, making it necessary for rural producers to carry out protection and care measures around those wells that presented lower classifications (reasonable and bad), in order to improve the conditions and aspects that directly influence the quality of water for human consumption.

Keywords: Degree of preservation; Water quality; Land use and occupation

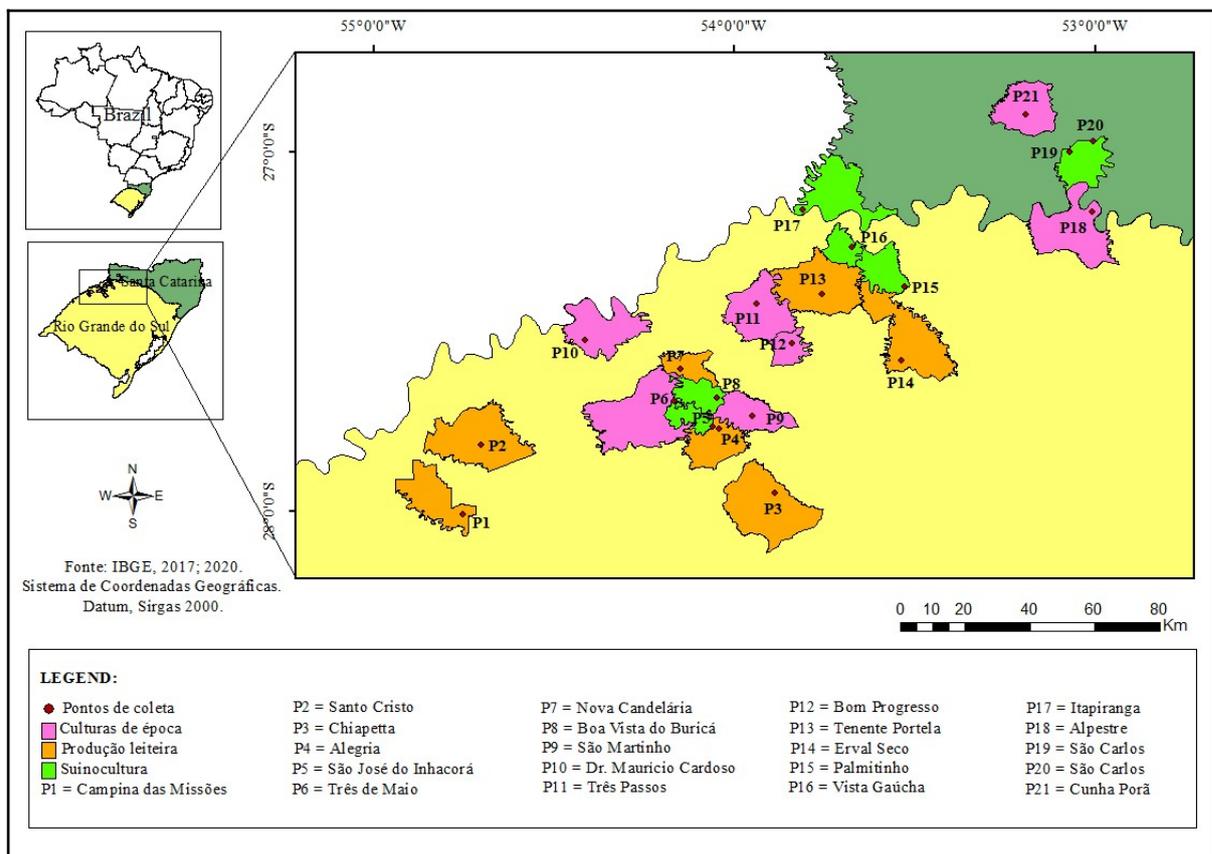
## INTRODUÇÃO

A análise macroscópica ambiental verifica os impactos ambientais que ocorrem no entorno de nascentes de água e suas fontes causadoras, podendo ser propostas medidas mitigadoras como atividades de manejo e educação ambiental na área em que as fontes de água se encontram inseridas (CARVALHO; PORTO; OLIVEIRA, 2020; GOMES; MELO; VALE, 2005; FELIPPE E MAGALHÃES; 2012). Portanto, considerando a importância que a preservação no entorno das nascentes e poços representa para a qualidade da água, o presente trabalho teve por objetivo realizar a análise macroscópica ambiental em poços rasos de propriedades rurais sob diferentes usos e ocupação do solo e após sugerir aos proprietários formas de cuidados que podem ser realizados visando uma melhor proteção dos recursos hídricos e saúde de seus usuários.

## METODOLOGIA

A área de estudo compreende municípios situados no Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Brasil (Região Hidrográfica do Rio Uruguai). Foram definidas 21 propriedades rurais que apresentam poços rasos como forma de abastecimento de água para o consumo humano (Figura 1).

Figura 1 – Localização dos poços rasos avaliados e uso e ocupação do solo.



Fonte: os autores.

Foi realizada análise macroscópica ambiental segundo Gomes, Melo e Vale (2005) e observados ao campo os aspectos que possuem influência sobre a qualidade da água e realizada sua classificação quanto ao índice de impacto ambiental, em que no entorno da área pontua-se cada propriedade rural (Tabela 1).

Tabela 1 – Quantificação utilizada para a análise dos aspectos macroscópicos ambientais.

Coloração da água	(1) Escura	(2) Clara	(3) Transparente
Odor	(1) Forte	(2) Fraco	(3) Sem cheiro
Resíduos ao redor	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem resíduos
Materiais flutuantes	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Ausente
Espumas	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Ausente
Óleos	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Ausente
Esgoto Doméstico	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Ausente
Vegetação (preservação)	(1) Alta degradação	(2) Baixa degradação	(3) Preservada
Uso por animais	(1) Presença	(2) Apenas marcas	(3) Não detect.
Uso por humanos	(1) Presença	(2) Apenas marcas	(3) Não detect.
Prot. do local (cercado)	(1) Sem	(2) Proteção – CA	(3) Proteção - SA
Prox. de residências	(1) < de 50 m	(2) 50 a 100 m	(3) >100 m
Tipo de área de inserção	(1) Ausente	(2) Privada	(3) Áreas prot

Fonte: adaptado de Gomes, Melo e Vale (2005); \*Baixa degrad= Baixa degradação; Alta degrad= Alta degradação; Não detect= Não detectado; Prot. do local (cercado)= Proteção do local (cercado); Proteção - CA= Proteção com acesso; Proteção - SA= Proteção sem acesso; m= metros

Após a quantificação é realizado o somatório total e classificação quanto ao grau de preservação do local (Tabela 2). Foram sete propriedades rurais estudadas para cada uso e ocupação do solo: 1) produtividade de culturas anuais de época; 2) produtividade leiteira e 3) produtividade suinícola.

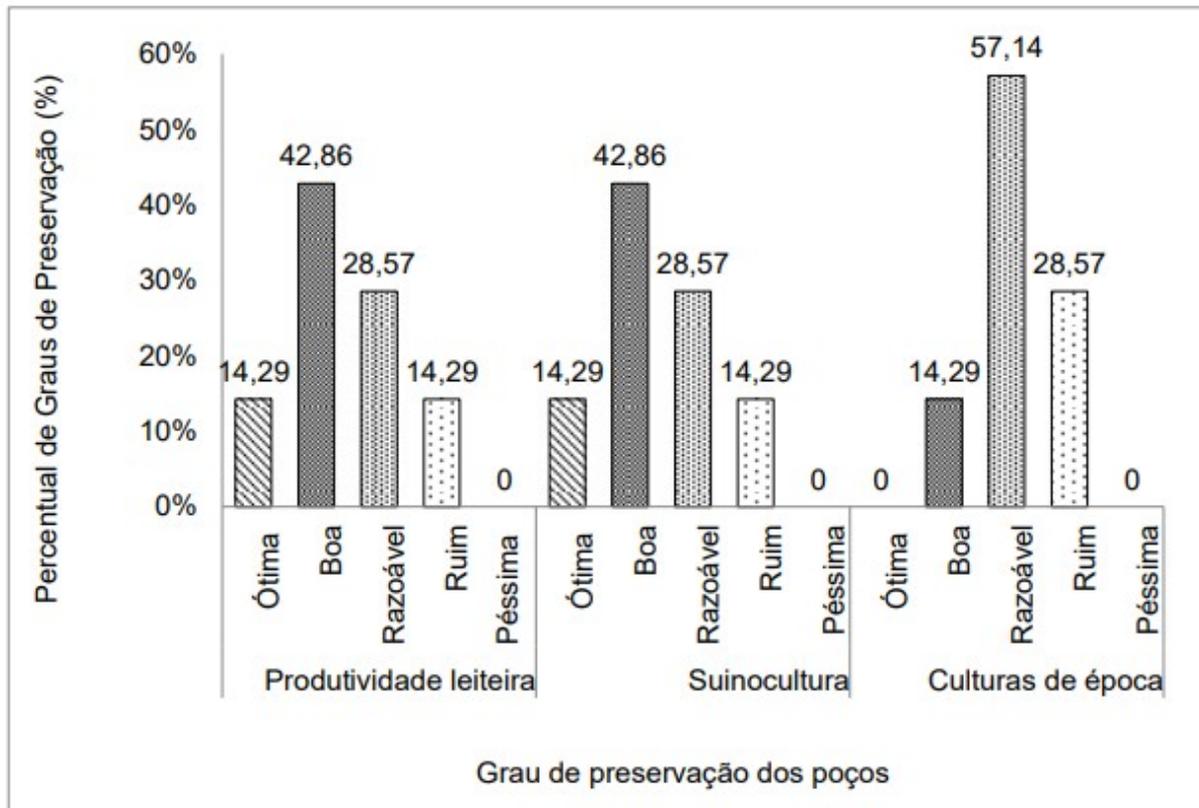
Tabela 2 – Classificação quanto ao grau de preservação dos locais analisados.

Classe	Grau de preservação	Pontuação Fina
A	Ótima	37-39 pontos
B	Boa	34-36 pontos
C	Razoável	31-33 pontos
D	Ruim	28-30 pontos
E	Péssimo	< 28 pontos

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos locais de uso e ocupação do solo de produção leiteira, a análise macroscópica ambiental apresentou 14,29% dos poços rasos com preservação Ótima, 42,86% Boa, 28,57% Razoável e 14,28% Ruim. No uso e ocupação do solo de culturas de época verificou-se grau de preservação Boa em 14,28%. Em 57,14% dos poços rasos a preservação foi Razoável e em 28,57% Ruim. Já nas propriedades rurais com uso e ocupação do solo suinocultura verificou-se: 14,29% Ótimo, 42,87% Boa, 28,57% Razoável e 14,29% Ruim (Figura 2).

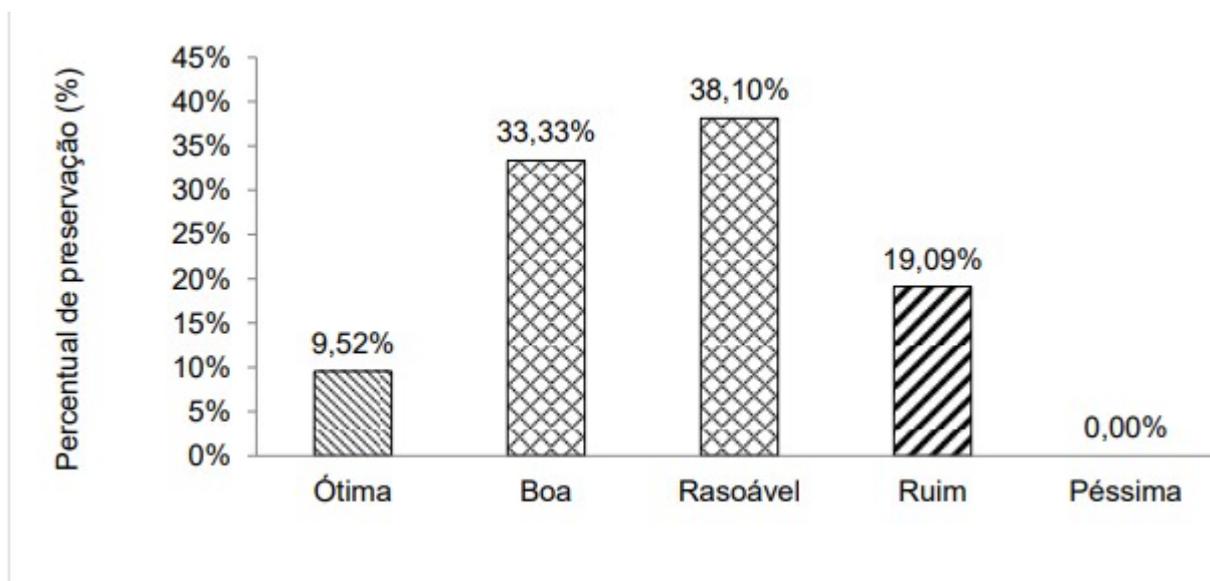
Figura 2 – Grau de preservação no entorno dos poços rasos de água estudados de acordo com os usos e ocupação do solo.



Fonte: os autores.

A maior pontuação dos poços rasos se enquadrou como Razoável – Classe C (38,10%), seguida de Boa – Classe B (33,33%), Ruim – D (19,09%), Ótima – Classe A (9,52%) e Péssima – Classe E (0%) (Figura 3).

Figura 3 – Percentual total de poços rasos e respectivos graus de preservação.



Fonte: os autores.

O presente estudo corroborou com os trabalhos de Galvan et al. (2020), Lazarotto et al. (2020) e Seben et al. (2021), onde o grau de preservação foi verificado de modo geral como Razoável e os autores associam os problemas de qualidade da água voltados à ausência de preservação no entorno dos poços rasos. Lazarotto et al. (2020) e Schneider et al. (2021) destacam a importância da proteção no entorno dos recursos hídricos utilizados para consumo humano, visto que a proteção auxilia na melhora da qualidade da água, bem como o isolamento dos locais (cercas impedindo o acesso de animais e humanos) e aumento da vegetação.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que possivelmente os aspectos que apresentaram baixa preservação podem estar interferindo na qualidade da água consumida. Recomenda-se que sejam tomadas medidas como isolamento e proteção dos poços rasos, impedindo o acesso de animais, bem como permitir o crescimento de vegetação nas proximidades. Ainda, salienta-se a importância da correta aplicação dos dejetos de animais junto ao solo, evitando-se a aplicação em locais próximos aos poços rasos, de modo a não levar a contaminação da água utilizada para o consumo humano por microrganismos patogênicos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo financiamento da pesquisa, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (UFSM-FW) e aos integrantes do Grupo de Monitoramento Ambiental da UFSM-FW.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, C. G. dos Santos; PORTO, R. A.; OLIVEIRA, U. R.. Avaliação macroscópica de impactos ambientais em nascentes do Rio de Ondas no Oeste da Bahia. *Revista Geociências*, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 831-845, 2020. DOI: 10.5016/geociencias.v39i03.15074.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte/MG. *Geografias*, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 08-23, 2012. DOI: 10.35699/2237-549X%20..13336.

GALVAN, K. A. et al. Análise ambiental macroscópica e a qualidade da água de nascentes na bacia do Rio São Domingos/SC, Brasil. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aracaju, v. 11, n. 1, p. 165-176, 2020. DOI:10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0016.

GOMES, P. M.; MELO, Celina de; VALE, Vagner Santiago do. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia – MG: Análise Macroscópica. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 17, n. 32, p. 103-120, 2005.

LAZAROTTO, D. et al. Análise da potabilidade da água em poços rasos no município de Caiçara no Rio Grande do Sul. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 42, e86, p. 1-8, 2020. DOI: 10.5902/2179460X40496.

SCHNEIDER, S. I. et al. Water Quality In Individual Groundwater Supply Systems In Southern Brazil. Ciência e Natura, [S.l.], v. 43, p. 1-21, 2021.

SEBEN, D. et al. Water quality variables and emerging environmental contaminant in water for human consumption in Rio Grande do Sul, Brazil. Environmental Challenges, [S.l.], v. 5, 100266, 2021.