

DIAGNÓSTICO DAS FONTES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS DO RAMAL DO APODI, TRECHO IV DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (PISF)

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.16.25.VIII-007>

Érika Tavares Marques (*), José Geilson Demétrio, Tiago José de Barros Portela, Maria do Carmo Sobral

* Universidade Federal de Pernambuco, erikatmbio@gmail.com.

RESUMO

A qualidade da água subterrânea vem se tornando cada vez mais importante para o gerenciamento dos recursos hídricos. Apesar de sua importância do ponto de vista social e econômico, e de serem naturalmente mais protegidas que as águas superficiais, as águas subterrâneas podem ser contaminadas por diversas fontes, o que demanda um alto investimento financeiro e de recursos humanos para sua remediação (CETESB, 2022). Existe uma carência de estudos sobre a qualidade das águas subterrâneas em escala regional. O Programa de Monitoramento de Fontes Hídricas Subterrâneas, item 18 do PBA do Ramal do Apodi, tem como objetivo realizar o diagnóstico e o monitoramento qualitativo das fontes hídricas subterrâneas situadas em áreas potencialmente vulneráveis a alterações na dinâmica do aquífero, decorrentes da implantação do empreendimento, antes e após o início da operação do PISF. Foi feito um monitoramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos medidos em campo nas fontes hídricas subterrâneas do Ramal do Apodi, trecho IV do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). A água das fontes hídricas subterrâneas sob influência do Ramal do Apodi foi considerada apropriada para consumo humano nos pontos PM04, PM05 e PM07. Nos demais pontos os sólidos dissolvidos totais ultrapassaram a legislação.

PALAVRAS-CHAVE: aquífero, monitoramento, potabilidade, transposição.

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas são fundamentais para a segurança hídrica nacional e para os ecossistemas, no entanto, apesar disso, é possível notar o aumento da superexploração e da degradação dos aquíferos (Fernandes, 2019). Essas águas encontram-se sob a superfície terrestre, constituindo os chamados aquíferos. São críticas para a segurança hídrica brasileira e global, já que nos aquíferos do planeta encontram-se 97% das águas doces e líquidas, o que os torna o maior reservatório de água potável da humanidade. Essenciais para a vida, abastecem cidades e o campo, servem de insumo para diversas atividades econômicas, sustentam os rios, lagos, mangues e pântanos. Sem elas, as florestas em regiões de clima seco ou tropical não se manteriam em pé, tampouco os ambientes aquáticos existiriam ou cumpririam as suas funções ambientais (Instituto Trata Brasil, 2025).

Nas últimas décadas vem ocorrendo a intensificação do uso de recursos hídricos no atendimento à diversas demandas da sociedade e, neste viés, a água subterrânea vem sendo utilizada com maior frequência e volume, visto à menor influência de variações meteorológicas em sua disponibilidade. Por outro lado, a captação da água subterrânea é mais onerosa, quando comparada à água superficial, já que depende de levantamentos geológicos para sua utilização (Deus e Latuf, 2022).

No país, o crescimento da utilização de águas subterrâneas foi acompanhado da proliferação de poços construídos sem critérios técnicos adequados. A perfuração de poços, nestes casos, e com locações inadequadas coloca em risco a qualidade das águas subterrâneas, à medida que cria uma conexão entre águas mais rasas, mais suscetíveis à contaminação, com águas mais profundas (Zoby, 2008).

A gestão brasileira prevê diversas opções de instrumentos para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos, contudo, a sua aplicação enfrenta as seguintes dificuldades: i) ausência de previsão legal; ii) falta de regulamentação legal; iii) falta de implementação; iv) implementação precária; e v) base técnica inexistente ou insuficiente (ANA, s.d.).

O Programa de Monitoramento de Fontes Hídricas Subterrâneas tem por objetivo realizar o diagnóstico e o monitoramento qualitativo das fontes hídricas subterrâneas situadas em áreas potencialmente vulneráveis a alterações na dinâmica do aquífero (entorno dos reservatórios/açudes e canais naturais) decorrentes da implantação do Ramal do Apodi, antes e após o início de operação do empreendimento. Serão executadas três campanhas de monitoramento de fontes hídricas subterrâneas nos pontos definidos no programa, sendo 3 (três) pontos no entorno do reservatório Angicos, no município de José da Penha/RN e 4 (quatro) pontos no entorno do futuro reservatório Tambor, no município de Cachoeira dos Índios/PB (MIDR, 2024).

OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é fazer a caracterização das fontes hídricas subterrâneas no Ramal do Salgado, Trecho IV do PISF.

METODOLOGIA

O Programa de Monitoramento de Fontes Hídricas Subterrâneas possui 07 (sete) estações amostrais localizadas dentro do raio de 2,5 km do local de deságue do Ramal do Apodi (Figura 1). Foram selecionados cinco fontes hídricas subterrâneas (PM01, PM02, PM03, PM04 e PM05), conforme a Tabela 1.

Tabela1: Identificação e localização das estações amostrais do Ramal do Apodi, Trecho IV do PISF.

Estação Amostral	Coordenadas UTM		Município	Localidade
	E	N		
PM01	579948,93	9297027,6	José da Penha - RN	Sítio Angicos
PM02	580098,2	9297755,6		Sítio Angicos
PM03	578717,92	9297305,2		Sítio Arapuá
PM04	538562,75	9232715,3	Cachoeira dos Índios - PB	Sítio Redondo
PM05	538450,07	9232025,2		Sítio Redondo
PM06	538490,78	9229349,9		Sítio Larges
PM07	537873,26	9228545,2		Sítio Larges

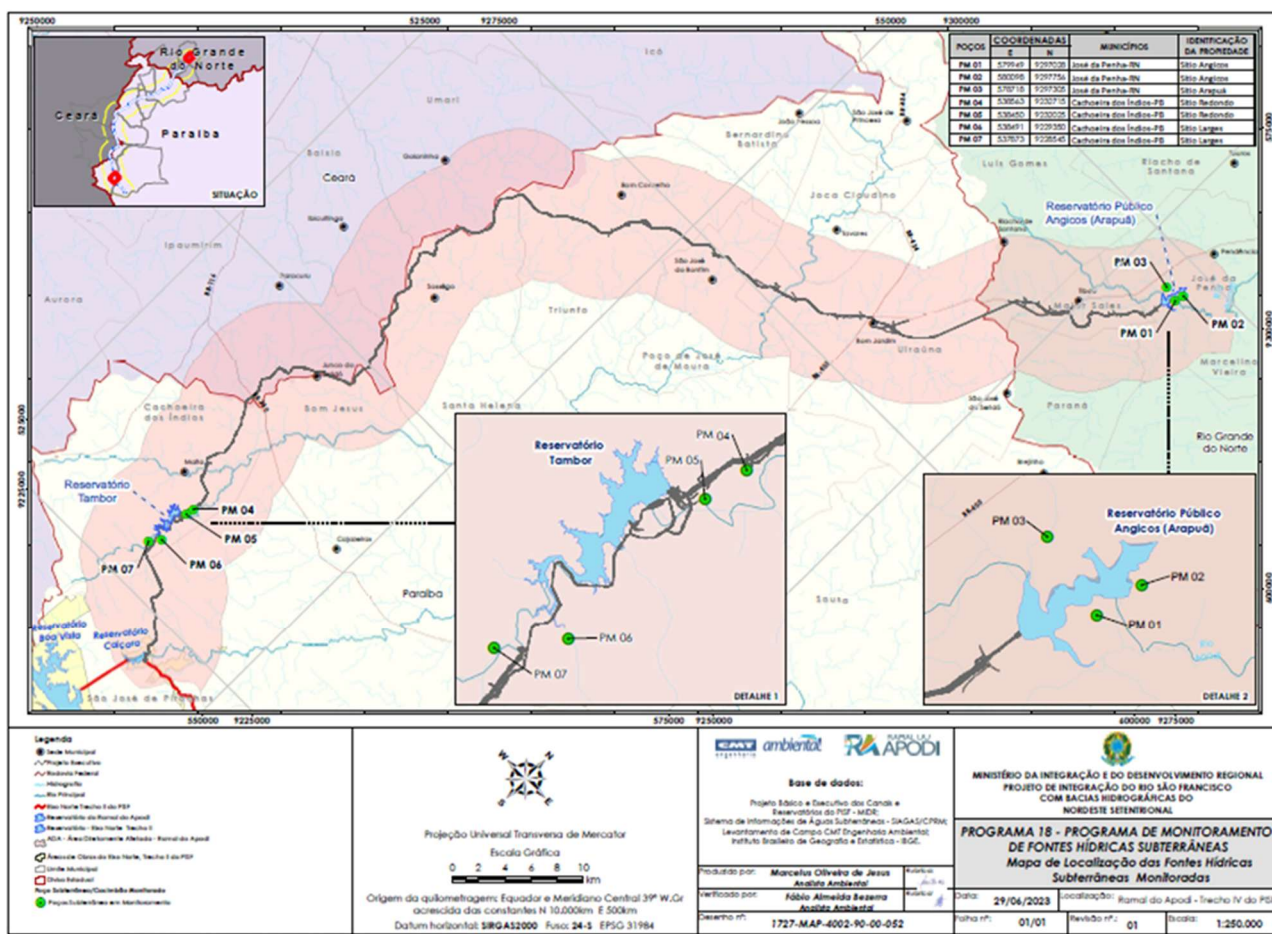


Figura 1: Mapa de Localização dos Pontos de Monitoramento de Fontes Hídricas Subterrâneas do Ramal do Apodi. Fonte: CMT Engenharia Ambiental (2023).

Foram monitorados os parâmetros profundidade (m), nível estático (m), pH, temperatura (°C), condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), salinidade (%), turbidez (UNT), sólidos dissolvidos totais (mg.L^{-1}), nitrato

(mg.L⁻¹), coliformes termotolerantes (NMP.100 mL⁻¹) e coliformes totais (NMP.100 mL⁻¹). A obtenção dos dados físico-químicos da água foi realizada com a utilização de uma sonda multiparâmetros. As amostras foram feitas em triplicata para cada ponto amostral.

Foram monitorados os parâmetros profundidade (m), nível estático (m), pH, temperatura (°C), condutividade elétrica (μ S.cm⁻¹), oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹), salinidade (%), turbidez (UNT), sólidos dissolvidos totais (mg.L⁻¹), nitrato (mg.L⁻¹), coliformes termotolerantes (NMP.100 mL⁻¹) e coliformes totais (NMP.100 mL⁻¹). A obtenção dos dados físico-químicos da água foi realizada com a utilização de uma sonda multiparâmetros. As amostras foram feitas em triplicata para cada ponto amostral.

Após a coleta de água em cada ponto de monitoramento, as amostras foram conservadas conforme metodologia utilizada pelo Laboratório Qualitec Análises Químicas e Microbiológicas Ltda. e acomodadas em caixa de isopor com gelo reutilizável rígido, visando garantir a sua preservação. Ao término, as amostras foram encaminhadas ao laboratório, localizado em Juazeiro do Norte/CE. A entrega ocorreu após, aproximadamente, 8 horas da realização da primeira coleta de amostra de água, atendendo ao prazo máximo de 12 horas.

As campanhas de monitoramento foram realizadas semestralmente, abrangendo o período chuvoso (janeiro a maio) e seco (junho a dezembro). O monitoramento tem como referência a Resolução CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento de águas subterrâneas, a Portaria GM/MS nº 888/2021 e o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (Brandão et al, 2011). Para monitorar o nível freático foi utilizando um medidor elétrico de nível d'água.

Tabela 2: Cronograma das campanhas e períodos sazonais.

Campanha	Data da coleta	Período
1	22/06/2023	Chuvoso
2	16/11/2024	Seco
3	08/05/2024	Chuvoso
4	25/09/2024	Seco
5	29/04/2025	Chuvoso

RESULTADOS OBTIDOS

Nas 1^a, 2^a, 3^a, 4^a e 5^a campanhas foram monitoradas as sete estações amostrais (PM01, PM02, PM03, PM04, PM05, PM06 e PM07), por meio da mensuração do nível estático da água nos poços, coleta de amostras de água e realização de leitura direta de parâmetros físico-químicos. A profundidade das fontes hídricas subterrâneas variou de 25,00 m a 100 m na área de estudo (Figura 2). O nível estático das fontes hídricas subterrâneas variou de 0,5 m a 57,23 m nesse período (Figura 3). As estações PM02 e PM07 apresentaram, respectivamente, o maior e menor nível estático dentre as demais.

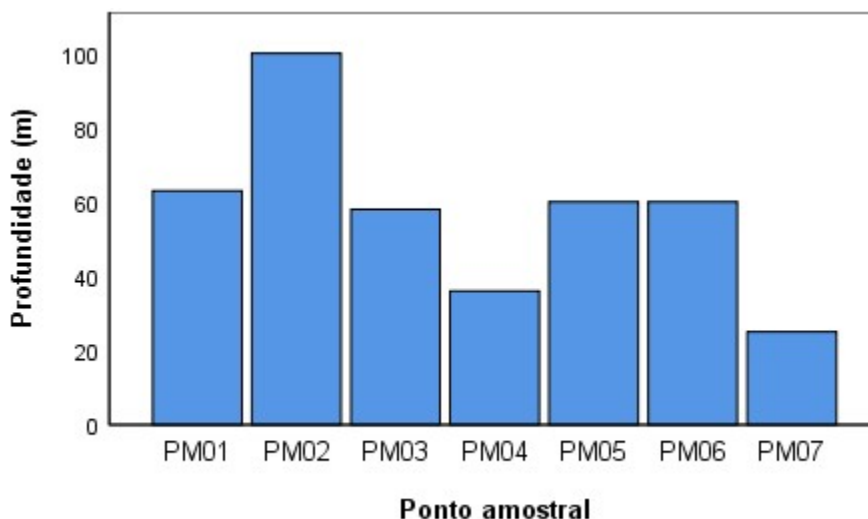


Figura 2: Profundidade média das estações amostrais monitoradas no Ramal do Apodi (PBA-18).

Fonte: Baseado na CMT Engenharia e Ambiental (2025).

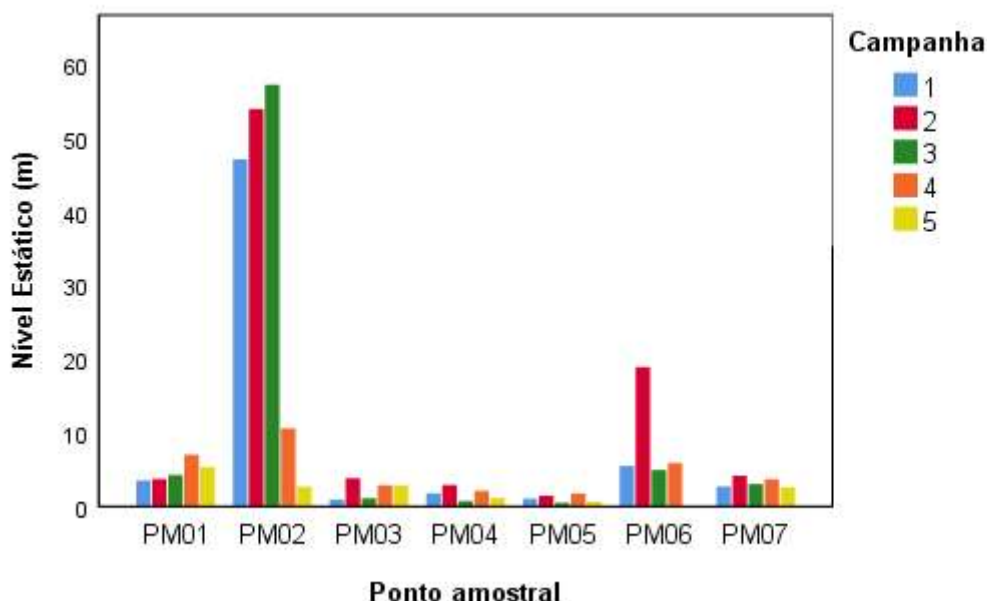


Figura 3: Comparativo do Nível Estático dos poços entre as campanhas de monitoramento.
Fonte: Baseado na CMT Engenharia e Ambiental (2023-2025).

Durante o período de estudo a temperatura das fontes hídricas subterrâneas variou de 27,03°C a 34,42°C. A condutividade elétrica variou de 0,088 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ a 7,64 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$. A salinidade variou de 0,02 % a 0,33%. O pH é alcalino, variando de 6,48 a 9,48. A maioria das águas subterrâneas apresentam pH entre 5,5 e 8,5 (CETESB, 2017). O oxigênio dissolvido variou de 2,16 $\text{mg}.\text{L}^{-1}$ a 9,17 $\text{mg}.\text{L}^{-1}$. A turbidez variou de 0,00 UNT a 80,40 UNT em todos os pontos monitorados. As resoluções 396/08 e 420/09 do Conama não fazem referência a valores limites para esse parâmetro, porém a Portaria GM-MS 888 de 24/05/2021 estabelece que o Valor Máximo Permitido – VMP para água ser considerada potável a turbidez deve ser inferior a 5,0 NTU, assim, apenas no poço PM01 durante as 2ª e 3ª campanhas e no poço PM02 durante a 5ª campanha esse limite foi superado (Tabela 3).

Tabela 3: Variação dos parâmetros nos poços monitorados.

PARÂMETRO	PM01	PM02	PM03	PM04	PM05	PM06	PM07
Profundidade (m)	63,00	100,00	58,00	36,00	60,00	60,00	25,00
Nível Estático (m)	3,52 – 7,01	2,68 – 57,23	0,93 – 3,81	0,72 – 2,91	0,50 – 1,75	4,95 – 18,91	2,60 – 4,16
Temperatura (°C)	30,67 – 33,66	24,07 – 34,24	30,00 – 32,84	28,67 – 32,06	28,00 – 31,34	29,67 – 33,02	29,00 – 32,42
pH	6,74 – 9,42	7,27 – 9,33	7,03 – 9,12	7,18 – 9,17	7,34 – 9,21	7,77 – 9,16	6,77 – 9,13
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	4,01 – 7,52	3,53 – 5,90	3,04 – 5,19	0,71 – 1,06	0,71 – 1,23	3,08 – 7,01	0,88 – 1,49
SDT (mg/L)	2,57 – 4,74	2,26 – 2,97	1,95 – 2,85	0,46 – 0,57	0,45 – 0,64	1,10 – 2,57	0,57 – 0,75
Turbidez (UNT)	0,00 – 29,63	0,00 – 5,70	0,00 – 1,98	0,00 – 2,86	0,00 – 2,54	0,00 – 3,83	0,00 – 2,68
OD (mg/L)	3,01 – 5,93	3,16 – 4,48	2,76 – 4,81	2,54 – 4,92	4,58 – 6,58	6,58 – 7,69	4,34 – 5,50
Salinidade (%)	0,16 – 3,15	0,13 – 1,60	0,11 – 0,21	0,02 – 0,03	0,02 – 0,04	0,05 – 0,20	0,02 – 0,04
Coliformes termotolerantes	0,00 – 1,10	0,00 – 1,10	0,00 – 1,10	0,00 – 0,00	0,00 – 1,10	0,00 – 1,10	0,00 – 1,10
<i>E. coli</i>	0,00 – 1,10	0,00 – 1,10	0,00 – 1,10	0,00 – 0,00	0,00 – 1,10	0,00 – 1,10	0,00 – 1,10

Fonte: CMT Engenharia e Ambiental (2023-2025).

A água nos três poços de monitoramento no entorno do reservatório público Angicos é bastante salinizada (PM01, PM02 e PM03), com SDT variando entre 0,451 e 4,81 g/L (Figura 4). Tomando-se como referência a Portaria GM-MS 888 de 24/05/2021, que estabelece que água para ser considerada potável, o STD não pode ultrapassar 1,0 g/L, nesse caso, a água desses três poços não poderia ser usada para abastecimento humano, no entanto, na visita de campo, para a seleção dos poços de monitoramento, se constatou que os poços PM01 e PM03 são utilizados para essa finalidade, mas provavelmente devem ser usados para a dessedentação. Geralmente em águas subterrâneas são encontrados elevados valores para SDT, devido ao maior tempo de contato entre a água e a rocha (CETESB, 2017).

O nitrato variou de 0,10 mg.L⁻¹ a 5,00 mg.L⁻¹ durante o período de estudo. Os maiores valores do íon nitrato foram encontrados nos poços PM05 e PM07 (Figura 5). Com relação ao nitrato, a água de todos os poços atende aos limites da Resolução CONAMA 386/2008, sendo de uso irrestrito. Processos naturais, como a decomposição de matéria orgânica e a fixação de nitrogênio por certas bactérias, liberam nitratos nas águas subterrâneas por meio de interações entre solo e água. Além disso, atividades antropogênicas, como o uso de fertilizantes à base de nitrogênio na agricultura e o descarte de resíduos industriais, podem aumentar significativamente os níveis de nitrato em fontes de água (Pashaei et al. (2022).

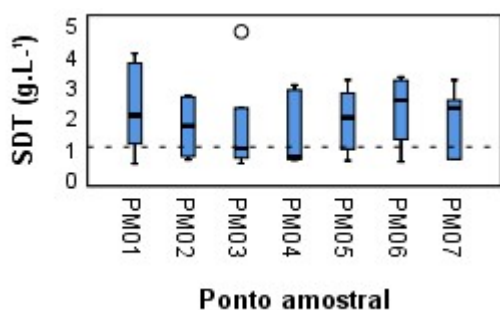


Figura 4: Variação dos SDT das fontes hídricas subterrâneas no Ramal do Apodi. Fonte: Autor.

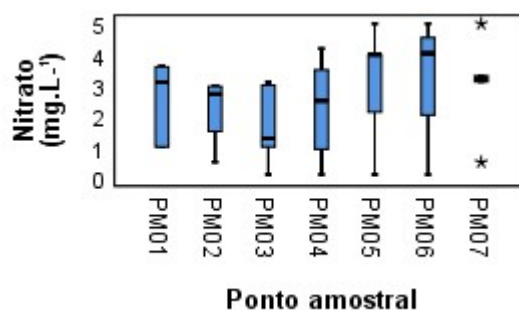


Figura 5: Variação do nitrato das fontes hídricas subterrâneas no Ramal do Apodi. Fonte: Autor.

Com relação à sazonalidade, no período chuvoso os SDT e o nitrato apresentaram valores maiores em relação ao período chuvoso (4,74 g.L⁻¹ e 5,00 mg.L⁻¹, respectivamente).

Os coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, foram ausentes na maior parte das amostras de água, portanto, o uso da água dos poços de monitoramento não apresenta nenhum risco em relação ao conteúdo microbiológico. Apesar de não ser detectada contaminação, foi observado que os poços PM02, PM03 e PM05 não possuem laje sanitária, indicando possibilidade futura de contaminação por falta de manutenção. Esses microrganismos estão presentes no ambiente e alguns caminhos podem levar à contaminação dos poços perfurados para captação de água: de forma natural devido a fraturas e falhas presentes no solo e nas rochas, e/ou por aberturas nas laterais dos poços devido à construção inadequada dos mesmos (CETESB, 2022).

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Os parâmetros analisados estão em conformidade com os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 396/08 e com a Portaria nº 888/21 do Ministério da Saúde, exceto para os parâmetros sólidos dissolvidos totais, turbidez e oxigênio dissolvido, que foi detectado nas amostras dos poços PM01, PM02, PM03 e PM06. Assim, nesses poços as águas não serviriam para o abastecimento humano. Apesar de não ser detectada contaminação, foi observado que os poços PM02, PM03 e PM05 não possuem laje sanitária, indicando possibilidade futura de contaminação por falta de manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento. Instrumentos de Gestão para as Águas subterrâneas. Apostila. [s.d]. o em: <https://ava.ana.gov.br/#/instituicao/ana/curso/279/unidade/264/acessar?continue=true>. Acesso em: 17.09.2025.
- Brandão, C. J. et al. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

3. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade [Internet]. Brasília (DF): Diário Oficial da União, 2013. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html . Acesso em: 29.06.2025.
4. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2017). Apêndice E: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade. 57p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acessado em: 15 de setembro de 2019.
5. CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Poluição das águas subterrâneas. Governo do Estado de São Paulo. [Internet] 20 mai 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/poluicao-das-aguas-subterraneas> . Acesso em: 29.06.2025.
6. CMT Engenharia e Ambiental; MIDR – Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. 1ª Campanha de Monitoramento de Fontes Hídricas Subterrâneas do Ramal do Apodi, Trecho IV do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF). Relatório Técnico. RT/APODI/CJZ/002-23. Salgueiro: CMT Engenharia e Ambiental, 2023. 41p.
7. CMT Engenharia e Ambiental; MIDR – Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. 2ª Campanha de Monitoramento de Fontes Hídricas Subterrâneas do Ramal do Apodi, Trecho IV do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF). Relatório Técnico. RT/APODI/CJZ/011-23. Salgueiro: CMT Engenharia e Ambiental, 2023. 40p.
8. CMT Engenharia e Ambiental; MIDR – Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. 3ª Campanha de Monitoramento de Fontes Hídricas Subterrâneas do Ramal do Apodi, Trecho IV do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF). Relatório Técnico. RT/APODI/CJZ/025-24. Salgueiro: CMT Engenharia e Ambiental, 2024. 42p.
9. CMT Engenharia e Ambiental; MIDR – Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. 4ª Campanha de Monitoramento de Fontes Hídricas Subterrâneas do Ramal do Apodi, Trecho IV do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF). Relatório Técnico. RT/APODI/CJZ/061-24. Salgueiro: CMT Engenharia e Ambiental, 2024. 41p.
10. CMT Engenharia e Ambiental; MIDR – Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. 5ª Campanha de Monitoramento de Fontes Hídricas Subterrâneas do Ramal do Apodi, Trecho IV do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF). Relatório Técnico. RT/APODI/CJZ/026-25. Salgueiro: CMT Engenharia e Ambiental, 2025. 41p.
11. Deus, F. O. de; Latuf, M. de O. Open-access usos de recursos hídricos subterrâneos na Circunscrição Hidrográfica do Entorno do Reservatório Furnas. Soc. Nat. 34, 2022.
12. Fernandes, L. C. S. Panorama do arcabouço legal das águas subterrâneas do Brasil. Revista de Direito Ambiental, v. 94, 2019, pp. 339-378.
13. ITB – Instituto Trata Brasil. Águas subterrâneas e saneamento básico. 2025. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/aguas-subterraneas-e-saneamento-basico/> . Acesso em: 17.09.2025.
14. MIDR – Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Sumário Executivo dos Programas Ambientais do Ramal do Apodi. Salgueiro CMT Engenharia Ambiental, 2024. 31p.
15. Pashaei, R., Zahedipour-Sheshglani, P., Dzingelevičienė, R., et al., Effects of pharmaceuticals on the nitrogen cycle in water and soil: A review, Environ. Monit. Assess., 2022, vol. 194, pp. 1–20..
16. Zoby, J. L. G. Panorama das águas subterrâneas no Brasil. Águas Subterrâneas, [s.l.], 2008. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23802> . Acesso em: 17.09.2025.