

Avaliação da Qualidade da Água por Meio do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Metais Pesados em Mananciais de Abastecimento Público no Sul do Brasil

Inete Cleide Baú¹; Aline Pompermaier¹; Guilherme Felicioni¹; Catia Praxsniski¹; Cristina Bridi¹; Flavia Bernardo Chagas¹; Magali Kemmerich²; Saionara Eliane Salomoni³; Marília Hartmann¹

✉ alinepompermaier@yahoo.com.br

1. Laboratório de Ecologia e Conservação, Universidade Federal da Fronteira Sul – RS, Brasil

2. Laboratório de Química, Universidade Federal da Fronteira Sul – RS, Brasil.

3. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – RS, Brasil

Histórico do Artigo: O autor detém os direitos autorais deste artigo.

Recebido em: Setembro de 2025

Aceito em: Dezembro de 2025

Publicado em: Dezembro de 2025

Resumo: Assegurar o acesso à água potável é uma preocupação global, uma vez que a garantia de condições adequadas para o consumo humano é uma questão de saúde pública. Deste modo, aqui avaliamos a qualidade da água de dois rios e da barragem responsável pelo abastecimento público em uma cidade de médio porte, no sul do Brasil. Para esta avaliação, utilizou-se o Índice de Qualidade da Água (IQA) e dados de monitoramento de metais pesados. As amostras foram coletadas em oito pontos ao longo de seis meses. Os resultados do IQA permitiram classificar os pontos amostrais com qualidade da água boa, razoável e ruim. Parâmetros como oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes, nitrogênio amoniacal e fósforo tiveram alguns resultados com valores acima do que orienta a legislação vigente. A qualidade da água na barragem foi menor que nos demais pontos analisados, assim como nas nascentes do Rio Ligeirinho, onde foram detectados baixos valores de OD e a presença de coliformes termotolerantes. Dos 11 metais avaliados na água, somente bário e manganês estavam acima do limite de quantificação do método, em valores abaixo da legislação. Assim, os resultados encontrados na pesquisa levantam uma preocupação quanto à qualidade da água distribuída no município de Erechim (RS, Brasil), sendo necessário o monitoramento ambiental associado a proteção dos recursos hídricos, buscando garantir a qualidade e a quantidade da água necessária para o abastecimento público e para a preservação dos ecossistemas aquáticos.

Palavras-chave: Índice de Qualidade da Água (IQA), Águas Superficiais, Contaminação da Água, Monitoramento Ambiental.

Ultrafiltration and Nanofiltration in the Production of Water for Public Supply: a Literature Review

Abstract: Ensuring access to drinking water is a global concern, as guaranteeing adequate conditions for human consumption is a public health issue. Thus, here we evaluate the water quality of two rivers and the dam responsible for public supply in a medium-sized city in southern Brazil. For this assessment, we used the Water Quality Index (WQI) and heavy metal monitoring data. Samples were collected at eight points over six months. The WQI results classified the sampling points as having good, fair, and poor water quality. Parameters such as dissolved oxygen (DO), thermotolerant coliforms, ammoniacal nitrogen, and phosphorus had some results above the limits set by current legislation. Water quality in the dam was lower than at the other analyzed points, as well as at the headwaters of the Ligeirinho River, where low DO levels and the presence of thermotolerant coliforms were detected. Of the 11 metals evaluated in the water, only barium and manganese were above the quantification limit of the method, in values below the legal limits. Thus, the research findings raise concerns about the quality of water distributed in the municipality of Erechim (RS, Brazil), highlighting the need for environmental monitoring alongside water resource protection to ensure the quality and quantity of water required for public supply and the preservation of aquatic ecosystems.

Keywords: Water Quality Index (WQI), Surface Waters, Water Contamination, Environmental Monitoring.

Ultrafiltración y Nanofiltración en el Tratamiento de Agua para Abastecimiento Público: una Revisión Bibliográfica

Resumen: Garantizar el acceso al agua potable es una preocupación global, ya que garantizar condiciones adecuadas para el consumo humano es una cuestión de salud pública. De este modo, aquí evaluamos la calidad del agua de dos ríos y de la represa responsable del abastecimiento público en una ciudad de mediano porte, en el sur de Brasil. Para esta evaluación, se utilizó el Índice de Calidad del Agua (ICA) y datos de monitoreo de metales pesados. Las muestras fueron recolectadas en ocho puntos a lo largo de seis meses. Los resultados del ICA permitieron clasificar los puntos de muestreo con calidad del agua buena, razonable y mala. Parámetros como oxígeno disuelto (OD), coliformes termotolerantes, nitrógeno amoniacal y fósforo tuvieron algunos resultados con valores por encima de lo que orienta la legislación vigente. La calidad del agua en la represa fue menor que en los demás puntos analizados, así como en los manantiales del Río Ligeirinho, donde se detectaron bajos valores de OD y la presencia de coliformes termotolerantes. De los 11 metales evaluados en el agua, sólo el bario y el manganeso estuvieron por encima del límite de cuantificación del método, en valores inferiores a los límites legales. Así, los resultados encontrados en la investigación levantan una preocupación en cuanto a la calidad del agua distribuida en el municipio de Erechim (RS, Brasil), siendo necesario el monitoreo ambiental asociado a la protección de los recursos hídricos, buscando garantizar la calidad y la cantidad del agua necesaria para el abastecimiento público y para la preservación de los ecosistemas acuáticos.

Palabras clave: Índice de Calidad del Agua (ICA), Aguas Superficiales, Contaminación del Agua, Monitoreo Ambiental.

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se por ser favorecido com uma considerável reserva hídrica, uma vez que possui grande parte da região Amazônica e abriga os dois maiores aquíferos subterrâneos do mundo, o Sistema Aquífero Grande Amazônia e o Aquífero Guarani (COSTA e NETO, 2023). Apesar da abundância de recursos hídricos em boa parte do país, o aumento da contaminação das águas destinadas ao abastecimento público traz preocupações (CARASEK *et al.*, 2020). Essa contaminação origina-se do lançamento de efluentes industriais, esgotos domésticos, da aplicação indiscriminada de agrotóxicos, entre outras fontes de poluição (COSTA *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2024).

O consumo de água contaminada e a ausência de infraestrutura de saneamento básico estão diretamente relacionados a diversas enfermidades. Segundo o Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), a diarreia representa a segunda maior causa de mortalidade em crianças menores de 5 anos (UNICEF, 2017; VASCONCELOS *et al.*, 2018). Aliado a isso, aproximadamente 35 milhões de brasileiros ainda não possuem acesso à água potável (LEMOS, 2020). Portanto, realizar o tratamento adequado da água antes do consumo é de extrema importância para modificar esta realidade. E para tanto, podem ser empregados diversos índices, entre eles o Índice de Qualidade das Águas (IQA) (CETESB, 2016; UDDIN *et al.*, 2021).

No Brasil, cerca de 47% dos municípios dependem exclusivamente das águas superficiais para atender às necessidades de abastecimento público (ANA, 2010; HIRATA *et al.*, 2019). As concessionárias públicas ou privadas, por meio de Sistemas de Abastecimento de água (ETA), são responsáveis por captar a água de mananciais superficiais e conduzir para o processo de tratamento apropriado antes de direcionar ao abastecimento público (ANA, 2010; CORSAN, 2024). O processo de tratamento da água pode ser classificado em três categorias: simplificado, convencional ou avançado (BRASIL, 2005). O simplificado caracteriza-se por etapas básicas como coagulação, sedimentação simples, filtração rápida e desinfecção, sendo aplicável a águas com boa qualidade inicial e demandando menor infraestrutura. O convencional constitui a sequência completa de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção, sendo o processo mais amplamente empregado para a remoção de turbidez, cor, microorganismos e partícula coloidais. Já os tratamentos

avançados vão além dos tratamentos convencionais, envolvem processos mais sofisticados e específicos, como Radiação Ultravioleta (UV), Oxidação Avançada, Filtração por Carvão Ativado, Foto-Fenton e ozonização.

Para assegurar a disponibilidade de água com qualidade e padrões claros de potabilidade, em 1997 o Brasil instituiu a Lei das Águas (Lei Nº 9.433/1997). Esta legislação estabeleceu os instrumentos fundamentais para a gestão e o monitoramento dos recursos hídricos no país (BRASIL, 1997). No âmbito desta política, os padrões de qualidade para os corpos d'água foram definidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, que dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais. Já os padrões específicos de potabilidade para água destinada ao consumo humano são regidos pela Portaria GM/MS 888/21.

Nessa linha e diante do grande desafio da escassez hídrica e da fragilidade dos mananciais, a Agenda 2030 tem como propósito estabelecer metas para que o mundo avance em direção a um cenário mais sustentável e resiliente. Este plano de ação possui 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), com 169 metas. Dentre estes objetivos vale destacar o ODS 6, que visa “garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos”. Além disso, sua primeira meta visa alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos (UNITED NATIONS, 2024a).

Contudo, os cuidados para garantir e fornecer água de qualidade para a população são um esforço global. Nos Estados Unidos, a Lei de Água Potável Segura é administrada pela Agência de Proteção Ambiental (EPA, 2009), já na União Europeia, a Diretiva-Quadro da Água assume

importância nesse contexto (EUROPEAN UNION, 2020), e na Argentina, a norma a ser seguida é a Resolução nº 34/2019 (ARGENTINA, 2019). Para as Diretrizes de Qualidade da Água Potável da Organização Mundial da Saúde (WHO), as orientações são em âmbito global e visam garantir a segurança hídrica (WHO, 2022).

Erechim (RS) é um município brasileiro de médio porte, localizado no norte do estado do Rio Grande do Sul, com uma população de 105.862 habitantes (IBGE, 2022). O abastecimento público utiliza as águas dos rios Ligeirinho e Leãozinho, que integram a bacia hidrográfica do Rio Apuaê-Inhandava, sendo direcionadas para a Barragem do Arroio Ligeirinho, onde são captadas e encaminhadas para o tratamento e a posterior distribuição (ERECHIM, 2024a). Um estudo realizado nesses rios indicou que, embora o rio se enquadre na classificação de qualidade da água boa, alguns pontos amostrais apresentaram uma redução na qualidade da água, evidenciando variações locais nas condições ambientais (CHAGAS *et al.*, 2017) e de acordo com a Corsan (2025) a segurança hídrica em Erechim é baixa, devido a menor disponibilidade hídrica natural junto a uma alta pressão na demanda pelo abastecimento de água. Diante do cenário de escassez hídrica, poluição e crescente pressão sobre os recursos hídricos, este estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da água nos rios e na barragem de abastecimento público de Erechim (RS, Brasil), por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA) e do monitoramento de metais pesados.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do estudo

O estudo foi realizado em dois rios que abastecem o município de Erechim, RS, (coordenadas -27°38'3" S e -52°16'26"): Ligeirinho e Leãozinho, além da Barragem do Arroio Ligeirinho, local usado como reservatório para captação de água para o abastecimento público. Foram determinados três pontos de coleta de água em cada rio, um ponto amostral na nascente, no curso médio e no curso inferior, totalizando oito pontos amostrais (Figura 1).

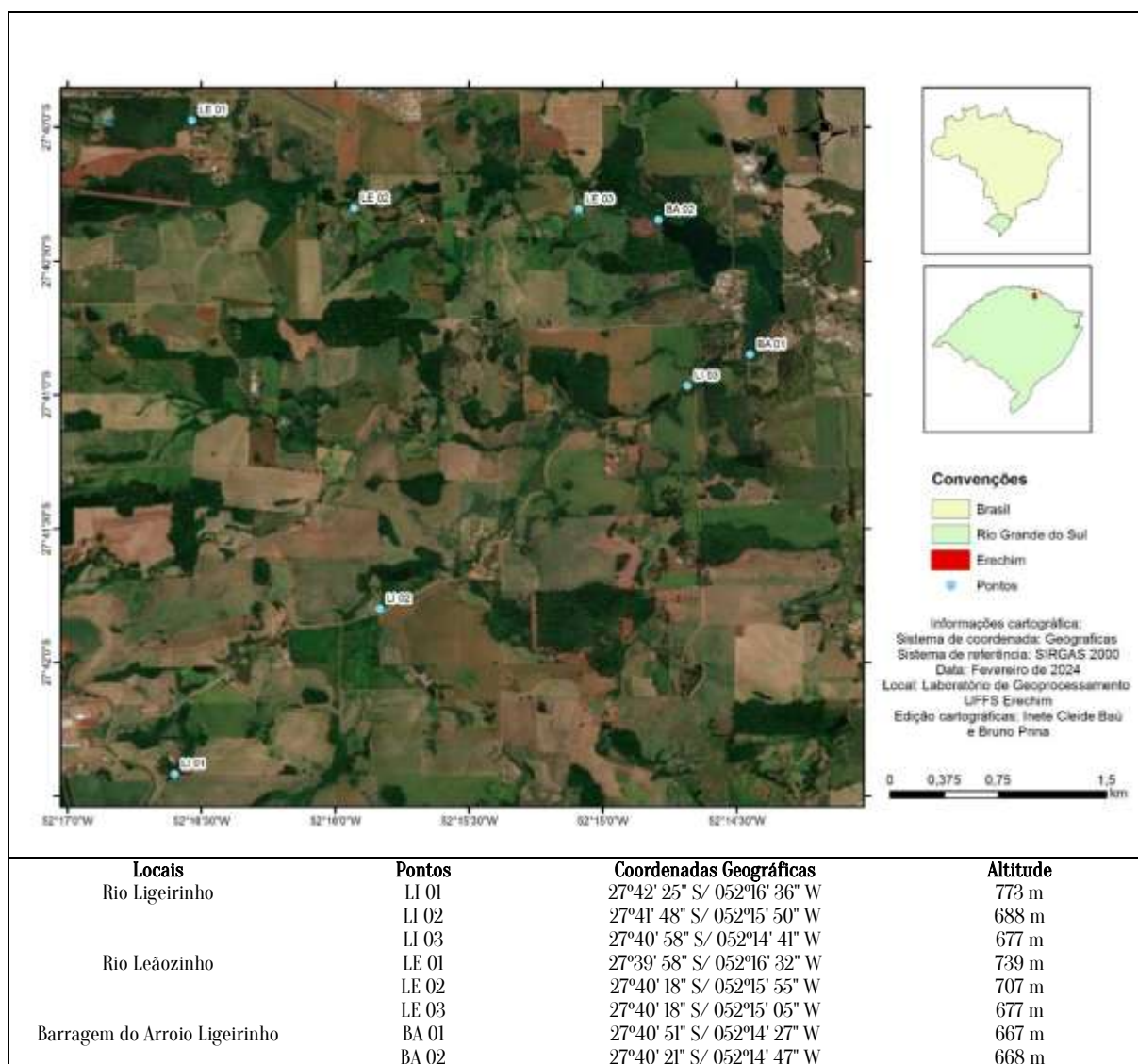


Figura 1. Disposição geográfica dos pontos amostrais e localização do Município de Erechim, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

LI 01 (ponto amostral na nascente do Rio Ligeirinho), LI 02 (ponto no curso médio no Rio Ligeirinho), LI 03 (ponto no curso inferior no Rio Ligeirinho), LE 01 (ponto na nascente do Rio Leãozinho), LE 02 (ponto no curso médio no Rio Leãozinho), LE 03 (ponto no curso inferior no Rio Leãozinho), BA 01 (ponto na Barragem do Arroio Ligeirinho, após a foz do Rio Ligeirinho) e BA 02 (ponto na mesma Barragem, após a foz do Rio Leãozinho).

Fonte: Autores (2025).

Os Rios LI (Ligeirinho) e LE (Leãozinho) correm no sentido SW-NW e seus pontos amostrais e associados recebem a numeração que representa a nascente (LI01 e LE01), o curso médio (LI02 e LE02) e o curso inferior (LI03 e LE03). Os pontos amostrais da Barragem do Arroio Ligeirinho foram denominados: BA 01 após a foz do Rio Ligeirinho, BA 02 após a foz do Rio Leãozinho.

Metodologia

Foram realizadas análises *in loco* e laboratoriais durante a realização deste estudo. As análises *in loco* foram executadas por meio de uma sonda Multiparâmetro Portátil *YSI Professional Plus*, enquanto as análises laboratoriais seguiram os protocolos descritos na literatura, utilizando manuais reconhecidos como *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, da Association of Official Analytical Chemists* e o Manual da Fundação Nacional de Saúde (AOAC, 2000; APHA, AWWA e WEF, 2012; FUNASA, 2014). Todas as análises laboratoriais foram realizadas na UFFS – *campus* Erechim, RS.

Para as análises laboratoriais, uma amostra de água foi coletada em cada um dos pontos amostrais e preservadas conforme orientações em manuais (CETESB e ANA, 2011). Estas coletas foram realizadas em um frasco de vidro autoclavado, com capacidade de 1 L, e dois frascos plásticos descartáveis (Polietileno tereftalato) de 0,5 L. As amostras foram mantidas sob resfriamento até a chegada ao laboratório. O frasco destinado para determinação de metais foi armazenado sob congelamento até a realização da análise.

Análises da água

As análises *in loco* foram: Oxigênio Dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), temperatura e Sólidos Totais Dissolvidos (STD). Em laboratório foram medidos: coliformes termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo (ortofosfato), turbidez e metais, seguindo APHA, AWWA e WEF (2012).

A determinação de coliformes termotolerantes foi realizada pela técnica de fermentação em tubos múltiplos, seguindo uma etapa presuntiva e outra confirmatória. Na etapa presuntiva, a diluição da amostra ocorreu em três concentrações (1:1, 1:10 e 1:100), utilizando-se cinco tubos para cada diluição, totalizando quinze tubos. As amostras foram incubadas por 48 horas a $35 \pm 0,5$ °C em estufa bacteriológica. Na etapa confirmatória para coliformes termotolerantes (*Escherichia Coli*), os tubos positivos do teste presuntivo foram repicados e incubados em banho-maria a 44 °C durante 24 horas para confirmação.

Para a determinação da DBO foi empregado o Teste de DBO_{5,20}, cuja metodologia consiste na incubação da amostra por um período de cinco dias a 20 °C utilizando um frasco de DBO tipo Winkler. As amostras ficaram em ambiente desprovido de luz, evitando o crescimento de qualquer microrganismo fotossintético. A determinação de nitrogênio amoniacal foi realizada por meio de uma titulação, assim como determinado na técnica 4500-NH₃.

Na determinação de nitrato foi empregada a técnica 4500-NO, onde a amostra é determinada por uma técnica de espectrofotometria. Foi utilizado um espectrofotômetro UV/Visível com faixa Espectral 190 a 1110 nm da *NOVAINSTRUMENTS*, onde realizou-se a leitura da curva de calibração e das amostras em comprimento de onda de 220 nm. O nitrogênio total é uma medida que engloba todas as formas de nitrogênio presentes em uma amostra. Para determinar o nitrogênio total utilizado no cálculo do IQA, foram levadas em consideração as concentrações de nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) e nitrato (NO_3^-) obtidas neste estudo (FUNASA, 2014; Tian *et al.*, 2019).

Para a determinação da concentração de fósforo (PO_4^{3-}) foi utilizada a técnica 4500-P, onde curva de calibração e amostras são analisadas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 880 nm (APHA, AWWA e WEF, 2012). Na determinação da turbidez, foi utilizado um turbidímetro portátil digital da *POLICONTRON*. A análise da quantidade de metais nas amostras de água foi realizada através de um espectrômetro de emissão óptica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) da marca *SHIMADZU*, de acordo com APHA, AWWA e WEF, (2012).

Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os resultados das análises permitiram aplicar o cálculo do IQA utilizando o software IQAData. Após o cálculo, o valor resultante foi classificado em uma escala de 0 a 100, onde: Péssima (0 a 25), Ruim (26 a 50), Razoável (51 a 70), Boa (71 a 90) e Ótima (91 a 100). Optou-se por utilizar essa classificação, adotada pelo estado do Rio Grande do Sul (Sperling, 2007; Libânio, 2016; Prabagar *et al.*, 2023), por ser a mais adequada ao contexto regional do estudo.

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada no software Past 5.2.0, a fim de visualizar o agrupamento dos dados da análise da água dos pontos amostrais. Os dados foram transformados antes da execução da análise, pela fórmula: $z = (\text{escore bruto} - \text{média do grupo}) / \text{desvio padrão}$. As variáveis incluídas foram: IQA – Índice de qualidade da água, OD – oxigênio dissolvido, NMP – Coliformes termotolerantes, DBO – demanda bioquímica de oxigênio, N – nitrogênio total, N-NH₃ – nitrogênio amoniacal, NO₃ – nitrato, T – temperatura, Ba – Bário, Mn – Manganês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria dos pontos analisados apresentou qualidade da água em condições razoáveis (51 a 70) (Tabela 1). Nos pontos LI 02 e LI 03 do Rio Ligeirinho e todos os pontos do Leãozinho a

qualidade da água oscilou entre razoável e boa, enquanto nos dois pontos da Barragem do Arroio Ligeirinho e no ponto LI 01 do Rio Ligeirinho a qualidade oscilou entre ruim e razoável.

Tabela 1. Resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA) dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023.

Índice de Qualidade da Água (IQA)								
	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	42,70	54,27	54,62	66,3	68,55	50,79	42,89	45,27
Fevereiro	51,32	55,66	61,78	71,12	54,91	53,78	53,33	56,47
Março	65,66	71,84	64,38	73,59	60,86	70,89	61,84	59,15
Abril	56,38	61,62	63,33	65,56	66,72	70,57	54,38	56,52
Maio	59,22	57,41	68,55	63,18	57,01	67,26	55,62	59,85
Junho	65,05	69,25	67,63	70,3	64,42	69,64	52,69	54,89
Média	56,72	61,68	63,38	68,34	62,08	63,82	53,46	55,36
Desvio padrão	7,97	6,71	4,57	3,60	4,96	8,28	5,60	4,82
Média dos pontos	60,59			64,75			54,41	
Desvio padrão	7,15			6,51			5,31	

Nota: As cores representam a condição do parâmetro, em verde Boa, em amarelo Razoável e em vermelho ruim.
Fonte: Autores (2025).

A nascente do Rio Ligeirinho apresentou qualidade de água razoável em cinco dos seis meses analisados e, em janeiro de 2023 a qualidade da água foi ruim. No Rio Leãozinho a nascente ficou entre razoável e boa. As nascentes são pontos em que as águas subterrâneas emergem naturalmente à superfície, desempenhando um papel importante para o meio ambiente, e devem ser preservadas, não somente pelo risco de contaminação dos lençóis freáticos, mas também por representarem o ponto inicial de um curso d' água (ARAKAKI *et al.*, 2023; PINTO *et al.*, 2012). Quando a qualidade da água das nascentes é razoável ou inferior, acende-se um alerta sobre uma possível contaminação dos lençóis freáticos.

Um estudo realizado por Baú (2022) nas nascentes do Rio Ligeirinho, próxima ao ponto LI 02 e Leãozinho, próximas aos pontos LE 01 e LE 02, indicou que a qualidade da água estava razoável em quatro de seis fontes analisadas. Estes resultados apontam uma preocupação

quanto à saúde dessa comunidade, pois essas seis fontes eram destinadas ao abastecimento de famílias e não passavam por tratamento prévio. Assim, emerge a importância da qualidade da água que atenda os parâmetros de potabilidade para abastecimento público, aliada ao monitoramento e preservação dos recursos hídricos por meio de medidas de proteção da mata ciliar e vigilância de uso do entorno, a fim de garantir a sustentabilidade e a saúde ambiental.

Na Barragem do Arroio Ligeirinho, a qualidade da água foi considerada ruim em janeiro e razoável de fevereiro a junho. Comparando com o Rio Ligeirinho e Leãozinho, mais especificamente com os pontos LI 03 e LE 03, que seriam os mais próximos, houve redução na qualidade da água na barragem do Arroio Ligeirinho, o que pode ser atribuído às diferenças entre ambientes lóticos (rios) e lênticos (águas paradas, como em barragens) (RAUDONYTĖ-SVIRBUTAVIČIENĖ *et al.*, 2023). Os ambientes lóticos são mais dinâmicos, com maior mistura, maior oxigenação e processos biogeoquímicos mais rápidos. Esse dinamismo favorece um processo de autodepuração mais eficiente e ágil em comparação com ambientes lênticos, onde a circulação e a renovação da água são naturalmente mais limitadas (SALEM, 2021).

Parâmetros de qualidade da água

No caso da barragem, além dos baixos teores de OD estarem relacionados à dinâmica do ambiente (SALEM, 2021), também estão correlacionados a maiores concentrações de DBO e coliformes termotolerantes, indicando uma possível fonte de contaminação. O OD desempenha um papel fundamental na qualidade da água, pois concentrações insuficientes de oxigênio dissolvido afetam a sobrevivência de organismos aquáticos, enquanto valores elevados tem maior poder oxidativo, depurando mais rápido o ambiente (LUO *et al.*, 2024; WANG *et al.*, 2024). De acordo com a resolução CONAMA 357 (2005), o OD entre 2 e 3.99 equivaleria a um rio Classe IV, entre 4 e 4.99 a um rio Classe III, entre 5 e 4.99 a um rio Classe II e 6 ou superior a um rio Classe I (ver Tabela 7). Essa classificação é para enquadrar rios, mas pode ser utilizada para entender o que são níveis altos e baixos de OD, como vistos nos pontos amostrados. No presente estudo observamos que a nascente do rio Ligeirinho apresentou o menor valor médio comparado com os demais pontos analisados (Tabela 2).

Tabela 2. Oxigênio dissolvido (OD) encontrado nos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no Município de Erechim, RS.

Oxigênio dissolvido (mg/L)								
	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	4,10	5,30	5,20	5,80	6,13	5,63	4,90	4,70
Fevereiro	3,10	5,97	5,40	5,77	6,23	5,73	5,40	4,70
Março	4,23	6,73	6,23	6,43	6,23	6,20	5,27	6,50
Abril	5,40	5,93	6,57	6,27	6,97	6,43	6,33	4,93
Maiο	3,80	6,13	5,47	6,47	6,47	6,80	4,97	6,93
Junho	3,73	6,80	6,83	6,93	7,80	7,70	4,87	4,57
Média ±	4,06 ±	6,14 ±	5,95 ±	6,28 ±	6,64 ±	6,42 ±	5,29 ±	5,39 ±
Desvio padrão	0,76	0,56	0,68	0,44	0,64	0,76	0,55	1,04

Fonte: Autores (2025)

Alguns fatores podem ter influenciado o oxigênio dissolvido registrado na nascente do rio Ligeirinho, como a presença de matéria orgânica depositada no fundo durante as coletas (e.g., LUO *et al.*, 2024) ou por ainda reterem características de águas subterrâneas, que comumente apresentam uma concentração menor de OD. As amostragens realizadas na Barragem também revelaram baixos teores de OD na maioria dos meses analisados (Tabela 2). Esta condição de baixo OD pode ser atribuída a processos de decomposição de matéria orgânica no hiporreico ou a condições redutoras do aquífero de descarga.

Os coliformes termotolerantes são indicadores de poluição fecal (CETESB, 2014) e foram detectados em todas as amostras nos dois rios e na barragem (Tabela 3). Os pontos da barragem do Arroio Ligeirinho foram os que apresentaram maior presença de coliformes, entre 72 e mais de 1600 NMP, com uma média acima de 1000 NMP em BA 02, ou seja, um valor correspondente a águas classe III de acordo com o CONAMA (2005). Chagas *et al.* (2017) também identificaram a presença de coliformes termotolerantes nos rios Ligeirinho e Leãozinho, incluindo as nascentes.

Tabela 3. Resultados dos coliformes termotolerantes dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS.

Coliformes termotolerantes (NMP)								
	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	1600	81	61	24	9,2	>1600	>1600	>1600
Fevereiro	350	>1600	81	21	1600	1600	540	350
Março	23	36	240	33	920	40	72	>1600
Abril	>1600	920	430	240	430	69	1600	920
Maio	110	>1600	31	350	>1600	61	920	1600
Junho	6,8	56	64	56	280	81	540	240
Média ±	614,97 ±	715,50 ±	151,17 ±	120,67 ±	806,53 ±	575,17 ±	878,67 ±	1051,67 ±
Desvio Padrão	772,80	762,33	155,39	139,99	682,17	793,94	620,07	643,50

Fonte: Autores (2025)

A presença de valores elevados de coliformes fecais apontam para potenciais riscos à saúde pública (BISWAS E CHAKRABORTY, 2024; YAN *et al.*, 2024). Para água tratada, as legislações estabelecem a ausência de *E. coli* em 100 mL (ARGENTINA, 2019; BRASIL, 2005, 2021; EPA, 2009; EUROPEAN UNION, 2020; GM/MS nº 888/2021; WHO, 2022), mas para rios, os valores estabelecidos são para a classificação da água prévia ao tratamento (BRASIL, 2005). Considerando as classes dos rios de acordo com o CONAMA 357/05, os rios Ligeirinho e Leãozinho são enquadrados na Classe I (SEMA RS, 2012), no entanto apenas LI 03 e LE 01 estariam com níveis aceitáveis de coliformes termotolerantes (BRASIL, 2005). Os locais com níveis mais elevados de contaminação microbiológica foram os dois pontos amostrais na barragem. Esse fato pode ser atribuído principalmente ao caráter lântico do reservatório, onde o maior tempo de retenção e a estagnação da água favorecem a acumulação de nutrientes e matéria orgânica, criando um ambiente propício para a proliferação bacteriana.

O pH teve valores entre 5,93 e 7,71 nos pontos amostrados, mantendo-se dentro da faixa recomendada entre 6,0 e 9,0 (BRASIL, 2005). Apesar de duas amostragens registrarem pH abaixo de 6, especificamente em março no ponto LE 01 (5,93) e em abril no ponto BA 02 (5,99), esses valores estão ligeiramente abaixo do limite.

A DBO ficou dentro da faixa indicada para rios de Classe I e II (CONAMA, 2005), se considerarmos essa classificação. Rios de Classe I seriam aqueles com DBO até 3 mg/L e Classe

II até 5 mg/L. Os maiores valores foram encontrados na Barragem do Arroio Ligeirinho (Tabela 4). O aumento na DBO geralmente está associado a despejos com alta carga de matéria orgânica, o que pode ser preocupante, pois a decomposição dessa matéria consome oxigênio dissolvido na água, comprometendo a vida aquática (AMÉRICO-PINHEIRO e BENINI, 2018).

Tabela 4. Resultados da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS.

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (mg/L)								
	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	2,73	4,98	3,51	1,13	3,84	2,49	4,75	4,19
Fevereiro	1,13	3,02	4,22	5,05	5,59	5,94	5,47	3,12
Março	0,50	0,93	0,57	0,00	0,55	1,91	2,09	2,79
Abril	0,94	0,59	2,65	2,00	1,93	1,55	3,15	6,15
Maio	0,40	2,61	2,99	1,64	2,04	3,24	4,03	3,95
Junho	0,00	2,22	4,19	1,41	2,31	2,35	7,29	5,41
Média ±	0,95 ±	2,39 ±	3,02 ±	1,87 ±	2,71 ± 1,76	2,91 ±	4,46 ±	4,27 ± 1,30
Desvio padrão	0,96	1,58	1,35	1,70		1,59	1,83	

Fonte: Autores (2025)

Para determinar o nitrogênio total (Tabela 5), foram somados os valores de Nitrogênio Amoniacal e Nitrato (NO_3^-). O monitoramento de nitrogênio amoniacal na água bruta é recente em muitos sistemas de abastecimento (DANTAS *et al.*, 2022). Sua presença tem impacto direto na desinfecção final com cloro porque a amônia (NH_3) reage com o hipoclorito (ClO^-) para formar as chamadas cloraminas. Esse processo é problemático pela demanda de cloro (a reação com a amônia consome uma grande quantidade do cloro adicionado) e pela desinfecção ineficiente (as cloraminas possuem uma ação oxidante significativamente menor do que o cloro livre) o que pode deixar a água suscetível à presença de microrganismos patogênicos (BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2017).

Nas análises realizadas nos dois rios e na barragem, o nitrogênio amoniacal apresentou níveis elevados durante o mês de janeiro em todos os pontos (Tabela 5), próximos ao indicado em rios da Classe III, de 13,3 mg/L (CONAMA, 2005). No geral, as concentrações de nitrogênio foram mais altas no rio Ligeirinho e na barragem, o que indica a presença de uma fonte de

poluição nesses locais. No ambiente aquático, o excesso de nitrogênio pode favorecer a eutrofização, especialmente em condições de baixa concentração de oxigênio, como observado na barragem. Esse processo reduz a capacidade do ecossistema aquático de absorver, reorganizar e adaptar-se ao estresse, tornando-o mais vulnerável a eventos climáticos extremos (GRIZZETTI *et al.*, 2011).

As concentrações de nitrato (NO_3^-) nas amostras coletadas (Tabela 5), apresentaram valores abaixo dos limites máximos estabelecidos no Brasil, que é de 10,0 mg/L (BRASIL, 2005). Ou seja, os resultados da análise indicam que os teores de nitrato, estão em conformidade com os padrões estabelecidos para a água doce.

Tabela 5. Resultados do nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e nitrato nos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS.

Nitrogênio total (mg/L)								
	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	15,01	15,28	15,12	10,90	11,09	13,03	15,30	14,51
Fevereiro	3,25	2,87	2,76	2,23	3,93	4,32	6,21	5,05
Março	4,07	7,57	5,59	2,46	4,37	4,91	4,31	1,84
Abril	2,56	1,16	1,11	3,38	1,63	2,79	1,75	1,22
Maio	3,12	1,88	1,68	2,72	2,11	2,89	1,51	1,16
Junho	5,18	3,35	2,72	3,48	3,40	2,85	2,24	5,24
Média ± Desvio padrão	5,53 ± 4,73	5,35 ± 5,35	4,83 ± 5,27	4,19 ± 3,32	4,42 ± 3,43	5,13 ± 3,97	5,22 ± 5,25	4,84 ± 5,09
Nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) (mg/L)								
	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	13,43	14,11	14,11	8,88	9,44	11,49	14,34	13,54
Fevereiro	1,76	1,98	1,87	0,33	2,53	2,97	5,38	4,72
Março	2,31	6,70	4,72	0,77	2,97	3,51	3,18	1,43
Abril	0,84	0,22	0,18	1,54	0,40	1,28	0,81	0,84
Maio	1,32	1,06	0,81	0,92	0,81	1,32	0,59	0,77
Junho	3,33	2,37	1,66	1,49	2,15	1,26	1,18	4,36
Média ± Desvio padrão	3,83 ± 4,78	4,41 ± 5,26	3,89 ± 5,24	2,32 ± 3,24	3,05 ± 3,29	3,64 ± 3,97	4,25 ± 5,27	4,28 ± 4,86
Nitrato (NO_3^-) (mg/L)								
	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	1,58	1,17	1,01	2,03	1,64	1,54	0,96	0,97
Fevereiro	1,49	0,89	0,89	1,90	1,40	1,36	0,83	0,33
Março	1,76	0,87	0,87	1,69	1,41	1,40	1,12	0,41
Abril	1,71	0,94	0,93	1,85	1,23	1,51	0,94	0,38
Maio	1,80	0,82	0,88	1,80	1,31	1,57	0,93	0,39
Junho	1,85	0,98	1,06	1,98	1,26	1,59	1,06	0,88
Média ± Desvio padrão	1,70 ± 0,14	0,95 ± 0,12	0,94 ± 0,08	1,87 ± 0,12	1,38 ± 0,15	1,49 ± 0,09	0,97 ± 0,10	0,56 ± 0,29

Fonte: Autores (2025)

A maioria das amostras analisadas apresentou valores de fósforo abaixo do limite de quantificação (LOQ) do equipamento. Em corpos d'água naturais e não contaminados, as concentrações de fósforo são naturalmente baixas (WHELAN *et al.*, 2022). Porém, quatro pontos (LI 01 e BA01: 0,19 mg/L, LI 02 e LI 03: 0,18 mg/L), exibiram concentrações elevadas no mês de janeiro. O fósforo pode atingir os corpos hídricos por meio de atividades agrícolas, podendo estar relacionado com o uso de adubos ricos em fósforo e nitrogênio. Esse nutriente é amplamente aplicado em plantações de soja (MICHELON *et al.*, 2021; REZENDE *et al.*, 2005), que corresponde a cultura predominante na região de estudo e, pode chegar na água por transferência dos solos agrícolas.

Nos rios e na barragem, as temperaturas registradas indicaram uma redução nos meses mais frios (abril, maio e junho), com uma média de 17 °C (Tabela 6). A água no ponto BA 02 na barragem apresentou a média de temperatura mais elevada, o que pode ser considerado normal devido ao fato de ser um reservatório e apresentar características lânticas. A temperatura da água pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo condições climáticas e estações do ano, presença de cobertura vegetal, profundidade do corpo d'água, escoamento superficial, assim como a possível presença de contaminantes (VASISTHA e GANGULY, 2020).

Tabela 6. Resultados da temperatura dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS.

	Temperatura (°C)							
	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	19,80	21,30	22,00	20,00	19,63	22,30	23,40	26,90
Fevereiro	17,60	17,60	18,40	19,90	19,43	20,20	19,50	26,90
Março	18,40	19,43	19,80	20,13	20,00	21,40	20,50	24,23
Abril	17,53	16,10	16,30	18,40	18,10	19,40	17,40	24,63
Maio	18,30	17,20	17,00	16,50	15,40	16,30	17,40	21,20
Junho	17,60	14,00	13,50	13,00	11,80	11,90	14,20	16,80
Média ± Desvio padrão	18,2 ± 0,87	17,6 ± 2,55	17,8 ± 2,95	17,9 ± 2,81	17,3 ± 3,22	18,5 ± 3,87	18,73 ± 3,15	23,44 ± 3,88

Fonte: Autores (2025)

A turbidez da água reflete as variações na concentração de sedimentos durante as precipitações e pode ser usada para avaliar as cargas de poluição, estando também associada aos sólidos totais presentes (KUSARIA e AHMEDIA, 2013). Tanto a turbidez quanto os sólidos totais das amostras dos rios e da barragem permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira (Tabela 7) (BRASIL, 2005, 2021).

Além dos parâmetros utilizados para o cálculo do IQA, também foram analisados metais pesados nos dois rios e na barragem de captação de água. Dos 11 metais avaliados na água, somente dois ficaram acima do limite de quantificação (LOQ): bário e manganês (Tabela 7). O bário foi detectado em todos os meses e pontos analisados, enquanto o manganês não foi detectado em março no ponto BA 01 e em maio no ponto BA 02; nos demais meses e pontos, o manganês estava presente.

O bário é um elemento químico que pode ser oriundo da dissolução de minerais ou introduzido por atividades humanas (GAD, 2024). Visando garantir a saúde da população, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que o limite máximo de bário na água potável seja 1,3 mg/L (WHO, 2022). Assim como o bário, o manganês também ocorre de forma natural, e os valores revisados em 2022 pela OMS estabeleceram que o limite máximo de manganês na água potável deve ser de 0,08 mg/L (WHO, 2022). Nos rios brasileiros, o valor máximo desses metais é entre 0,7 e 1 mg/l para Bário e 0,1 e 0,5 para manganês. Nenhum dos metais avaliados aqui está acima dos limites permitidos para água doce no País (Tabela 7).

Avaliação da Qualidade da Água por Meio do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Metais Pesados em Mananciais de Abastecimento Público no Sul do Brasil

Tabela 7. Média, desvio padrão, mínimo e máximo dos parâmetros analisados nos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS e valores de referência para água doce no Brasil de acordo com a legislação.

Parâmetro ± Desvio Padrão Menor valor - Maior valor	Rio Ligeirinho	Rio Leãozinho	Barragem do Arroio Ligeirinho	Resolução CONAMA N° 357/2005 (BRASIL, 2005)			
				Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Temperatura (°C)	17,88 ± 2,18 13,50 - 22,00	17,99 ± 3,17 11,80 - 22,30	21,09 ± 4,17 14,20 - 26,90	-	-	-	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,39 ± 1,16 3,10 - 6,83	6,44 ± 0,61 5,63 - 7,80	5,34 ± 0,80 4,57 - 6,93	Não inferior a 6,00	Não inferior a 5,00	Não inferior a 4,00	Superior a 2,00
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	79,96 ± 16,27 45,03 - 102,70	84,56 ± 17,65 55,25 - 126,10	98,75 ± 36,78 63,70 - 176,15	500,00	500,00	500,00	500,00
pH	6,56 ± 0,50 6,01 - 7,71	6,47 ± 0,32 5,93 - 7,06	6,42 ± 0,44 5,99 - 7,62	6,00 - 9,00	6,00 - 9,00	6,00 - 9,00	6,00 - 9,00
Turbidez (UNT)	7,29 ± 5,48 1,67 - 21,67	8,46 ± 4,47 2,00 - 19,00	18,46 ± 10,29 6,33 - 36,67	40,00	100,00	100,00	-
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg/L)	2,12 ± 1,53 0,00 - 4,98	2,50 ± 1,65 0,00 - 5,94	4,36 ± 1,52 2,09 - 7,29	3,00	5,00	10,00	-
Nitrato (mg/L)	1,20 ± 0,38 0,82 - 1,85	1,58 ± 0,25 1,23 - 2,03	0,77 ± 0,30 0,33 - 1,12	10,00	10,00	10,00	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	4,04 ± 4,80 0,18 - 14,11	3,00 ± 3,35 0,33 - 11,49	4,26 ± 4,83 0,59 - 14,34	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5 5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 1,0 mg/L N, para pH > 8,5	-
Nitrogênio Total (mg/L)	5,24 ± 4,82 1,11 - 15,28	4,58 ± 3,39 1,63 - 13,03	5,03 ± 4,93 1,16 - 15,30	-	-	-	-
Fósforo (ortofosfato) (mg/L)	0,08 ± 0,05 <0,06 - 0,19	<0,06 ± 0,01 <0,06	<0,06 ± 0,05 <0,06 - 0,19	0,10	0,10	0,15	-
Coliformes Termotolerantes (NMP)	493,88 ± 646,25 6,80 - >1600	500,79 ± 643,41 9,2 - >1600	965,17 ± 609,23 72 - >1600	Até 200 por 100 mL	Até 1000 por 100 mL	Até 4000 por 100 mL	-
Prata (mg/L)	< 0,0013	< 0,0013	< 0,0013	0,0100	0,0100	0,0500	-
Alumínio (mg/L)	< 0,0094	< 0,0094	< 0,0094	0,1000	0,1000	0,2000	-
Arsênio (mg/L)	< 0,0014	< 0,0014	< 0,0014	0,0100	0,0100	0,0330	-
Bário (mg/L)	0,0246 ± 0,0061 0,0193 - 0,0350	0,0248 ± 0,0052 0,0180 - 0,0347	0,0193 ± 0,0027 0,0155 - 0,0257	0,7000	0,7000	1,0000	-
Cádmio (mg/L)	< 0,0008	< 0,0008	< 0,0008	0,0010	0,0010	0,0100	-
Cromo (mg/L)	< 0,0012	< 0,0012	< 0,0012	0,0500	0,0500	0,0500	-
Cobre (mg/L)	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	0,0090	0,0090	0,0130	-
Ferro (mg/L)	< 0,0011	< 0,0011	< 0,0011	0,3000	0,3000	5,0000	-
Manganês (mg/L)	0,0266 ± 0,0192 0,0037 - 0,0745	0,0152 ± 0,0112 0,0036 - 0,0494	0,0168 ± 0,0153 <0,0009 - 0,0435	0,1000	0,1000	0,5000	-
Chumbo (mg/L)	< 0,0029	< 0,0029	< 0,0029	0,0100	0,0100	0,0330	-
Zinco (mg/L)	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,1800	0,1800	5,0000	-

Legenda: Os valores dos metais apresentados após < são os limites de quantificação do método.

Fonte: Autores (2025)

Analisando os parâmetros da água de forma integrada foi possível verificar que houve separação dos pontos das nascentes dos dois rios (LI 01 e LE01) e os da barragem do Arroio Ligeirinho (BA 01 e BA 02) (Figura 2). Na PCA os dois primeiros componentes principais explicaram 57,51% da variância total. O PC1 explicou 37,68% e as variáveis mais representativas foram nitrogênio amoniacal (0,43) e nitrogênio total (0,41), seguido da temperatura (0,38), coliformes tolerantes (0,27) e demanda bioquímica de oxigênio (0,25). O PC2 explicou 19,83% e foi determinado principalmente pelo nitrato (0,53), nitrogênio total (0,43) e nitrogênio amoniacal (0,37) e IQA (0,19).

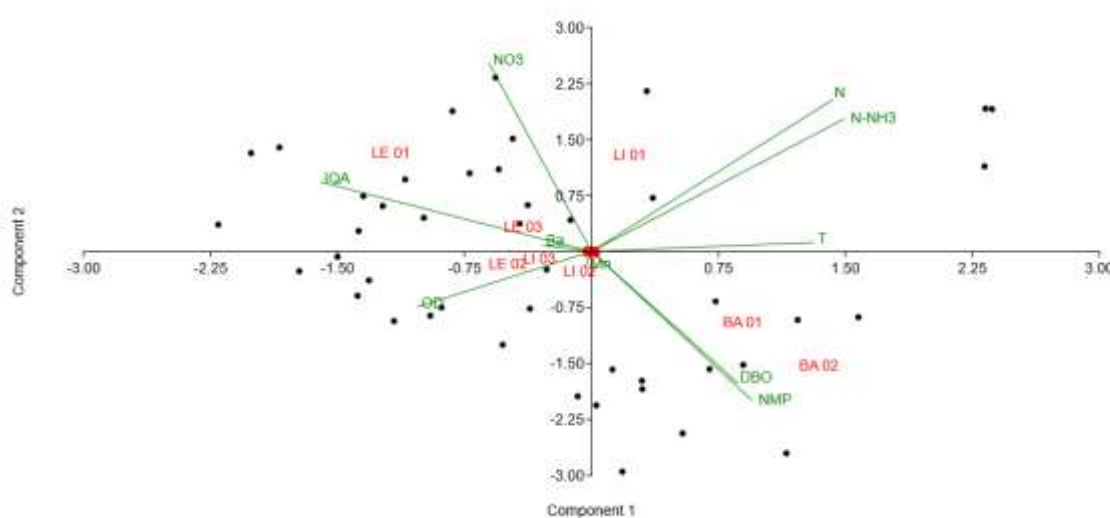


Figura 2. Biplot mostrando as projeções das variáveis em PC1 e PC2 e a distribuição rios e barragem amostrados. Abreviações: LI 01, LI 02 e LI 03 – pontos do rio Ligeirinho, LE 01, LE 02, LE 03 – pontos do rio Leãozinho, BA 01 e BA 02 – pontos na barragem do Arroio Ligeirinho. IQA – Índice de qualidade da água, OD – oxigênio dissolvido, NMP – Coliformes termotolerantes, DBO – demanda bioquímica de oxigênio, N – nitrogênio total, N-NH3 – nitrogênio amoniacal, NO3 – nitrato, T – temperatura, Ba – Bário, Mn – Manganês.

Fonte: Elaboração própria.

A nascente do Rio Leãozinho foi o local com melhor qualidade da água entre todos os pontos analisados, comprovada pelo IQA e demais parâmetros. No rio Ligeirinho a nascente teve água razoável, mas ficou bem separada dos outros pontos amostrais, relacionada com a temperatura e nitrogênio total e amoniacal. Em geral, a qualidade da água das nascentes de água é afetada por atividades humanas que alteram o perfil de uso e ocupação do solo (JUNG et al., 2024), que pode estar acontecendo com o Rio Ligeirinho. As nascentes possuem funções ecológicas fundamentais, como o fornecimento de água, a manutenção da biodiversidade, a proteção do solo e a regulação climática, além disso, são determinantes para o abastecimento

contínuo dos rios (CORRÊA e HLAWENSKY, 2025) e fornecimento de água para consumo humano no caso das analisadas no presente estudo.

Os pontos da Barragem do Arroio Ligeirinho também se separaram dos demais e foram os locais com menor qualidade de água. No entanto, a média dos valores dela e dos demais pontos analisados (Tabela 7), está dentro de características de rios de classe I ou II, podendo ser utilizada após tratamento. É importante salientar que essa água passa por tratamento convencional para ser distribuída para população, no município de Erechim. No entanto, em janeiro, verão no Brasil, a água da barragem (de onde é captada para o tratamento) esteve em situação ruim, exatamente em um mês de alto consumo. Nesse caso, pode estar relacionado com chuvas que podem ter escoado resíduos de poluição para a água e aumentado a vazão de afluentes para os rios. Isso mostra que a sazonalidade é um fator importante que deve ser levado em conta no monitoramento da água.

Apesar do enquadramento em classe I ou II, os pontos analisados neste estudo tiveram uma qualidade de água razoável pelo IQA. Essa qualidade possivelmente está relacionada com a presença de coliformes termotolerantes e DBO, que são variáveis que influenciam no cálculo e estão correlacionadas, como mostra a PCA (Figura 2). Dados como esses mostram que não bastam valores isolados serem comparados com a legislação, mas que precisam ser vistos como um todo. Também é um alerta para o monitoramento constante da água, especialmente em meses críticos, como foi janeiro no presente estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA) nos rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho, indicaram uma qualidade da água razoável, além de três pontos com qualidade ruim. Embora a situação de poluição não seja severa, essa situação levanta uma discussão importante sobre a possível contaminação dos lençóis freáticos, demonstrando a necessidade de estudos adicionais na área, principalmente nas nascentes.

Além disso, a presença de coliformes fecais, baixos teores de oxigênio dissolvido, concentrações de nitrogênio amoniacal, são indicadores de poluição da água por atividades humanas, que podem ocasionar desequilíbrio ecológico. Esses fatores não são apenas prejudiciais à saúde dos organismos aquáticos, mas também representam riscos diretos à saúde pública, especialmente pelo fato dos pontos analisados serem a principal fonte de água destinada ao abastecimento público no município de Erechim, RS.

Diante desses achados, é indispensável implementar medidas de monitoramento ambiental associado a proteção dos recursos hídricos, buscando garantir a qualidade e a quantidade da água necessária para o abastecimento público e para a preservação dos ecossistemas aquáticos. Assim, recomenda-se a adoção de medidas mitigadoras, como a recuperação da mata ciliar, a preservação das nascentes, a destinação adequada do esgoto doméstico, a redução da área agrícola próximo as margens e a implementação de ações de educação ambiental, visando a diminuição dos efeitos antrópicos o que consequentemente melhorará a qualidade da água captada e distribuída no município.

AGRADECIMENTOS

As autoras **Inete Baú** e **Aline Pompermaier** agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Inete Baú: Rascunho original, Metodologia, Análise formal, Curadoria de dados, Conceitualização. **Aline Pompermaier:** Redação – revisão e edição, Validação. **Guilherme Felicioni, Catia Praxsniski, Cristina Bridi, Flavia Chagas, Magali Kemmerich:** Metodologia. **Saionara Salomoni, Marilia Hartmann:** Redação – revisão e edição, Validação, Supervisão, Administração do projeto, Captação de recursos, Conceitualização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; BENINI, S. M. Monitoramento de recursos hídricos e parâmetros de qualidade de água em bacias hidrográficas. In: **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. 1. ed. Tupã - SP: Editora ANAP, 2018. p. 89-109.
- ANA. **Atlas Brasil: Abastecimento urbano de água**. Brasília: 2010. v. 1. <https://bibliotecadigital.gestao.gov.br/handle/123456789/154>.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17. ed. Arlington: AOAC International, 2000. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>.
- APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington, DC: 2012.
- ARAKAKI, A. T. et al. Desafios da contaminação hídrica e do solo: uma breve análise das nascentes da APA das Serra das Areias-GO. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 11, p. 28677-28692, 2023. <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/3359>.

Avaliação da Qualidade da Água por Meio do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Metais Pesados em Mananciais de Abastecimento Público no Sul do Brasil

ARGENTINA. Resolución Conjunta 34/2019. Buenos Aires, 2019. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-34-2019-332261>. Acesso em: 25 de novembro de 2025.

BAÚ, I. C. **Fontes de água são seguras? Estudo de caso em fontes naturais utilizadas para consumo humano na APA dos Rios Ligeirinho e Leãozinho, Município de Erechim - RS.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, RS. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/5400>. Acesso em 25 de novembro de 2025.

BERNARDO, L. DI; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 3. ed. São Carlos: LDiBe Editora, 2017.

BISWAS, A.; CHAKRABORTY, S. Assessment of microbial population in integrated CW-MFC system and investigation of organics and fecal coliform removal pathway. **Science of the Total Environment**, v. 912. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168809>

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>. Acesso em: 25 de novembro de 2025.

BRASIL. 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 maio 2021. Seção 1, p. 127. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 25 de novembro de 2025.

CARASEK, F. L. et al. Quality of the groundwater of the Serra Geral Aquifer System of Santa Catarina west region, Brazil. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 10. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100346>

CETESB. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo.** São Paulo, SP. 2014.

CETESB. Apêndice E – Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. In: **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**, CETESB, 2016. p. 1-52.

CETESB; ANA. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. 2. ed. São Paulo, CETESB, 2011.

CHAGAS, F. B. et al. Integrated analysis of water quality from two rivers used for public supply in southern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 29, p. 1-11, 2017. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X6616>

CORRÊA, C. M. C.; HLAWENSKY, E. A. Áreas de Proteção de Nascentes e a Responsabilidade Civil do Poder Público: Análise das Ações e Omissões na Preservação Hídrica de Nova Andradina-MS (2020-2025) Spring Protection Areas and the Civil Liability of Public. **Reflexões sobre Direito e Sociedade: Fundamentos e Práticas**, v.15, 2025. 10.47573/aya.5379.3.11.36

CORSAN. **Plano regional do sistema de água e esgoto do sistema Corsan. Município de Erechim.** Disponível em: <https://corsan.com.br/wp-content/uploads/2025/04/PRAE-Caderno-Individual-ERECHIM.pdf>. [Acesso em: 25 de Novembro de 2025.](#)

COSTA, C. W. et al. Potential for aquifer contamination of anthropogenic activity in the recharge area of the Guarani Aquifer System, southeast of Brazil. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 8, p. 10-23, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2018.08.007>

COSTA, M. M. E.; NETO, S. Exploratory analysis of the water governance frameworks regarding the OECD principles in two river basins in Brazil and Portugal. **Utilities Policy**, v. 82, p. 101556, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101556>

DANTAS, A. D. B. et al. Presença de nitrogênio amoniacal nas águas brutas afluentes às ETAs brasileiras e sua ameaça à segurança da água: estudos de caso. In: **International Workshop for Innovation in Safe Drinking Water**. p. 21–25, 2022.

EPA. **National Primary Drinking Water Regulations**. https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/npwdr_complete_table.pdf.

EUROPEAN UNION. Directive (EU) 2020/2184 on the quality of water intended for human consumption. **Official Journal of the European Union**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/1828/oj>. Acesso em: 25 de novembro de 2025.

FUNASA. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs**. 1. ed. Brasília - DF: Funasa, 2014.

GAD, S. C. Bário. In: **Enciclopédia de Toxicologia**. v. 1, p. 911–915, 2024.

GRIZZETTI, B. et al. Nitrogen as a threat to European water quality. In: **The European Nitrogen Assessment**. Cambridge University Press, 2011. p. 379–404.

HIRATA, R. et al. **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo, SP: 2019. Disponível em: https://igc.usp.br/igc_downloads/Hirata%20et%20al%202019%20Agua%20subterranea%20e%20sua%20importancia.pdf. Acesso em: 25 de novembro de 2025.

IBGE. Erechim. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/erechim/panorama>. Acesso em: 25 de novembro de 2025.

JUNG, M. S. et al. Water springs: an immeasurable resource for ensuring sustainability. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 96, p. e20231010, 2024. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202420231010>

KUSARIA, L.; AHMEDIA, F. The use of turbidity and total suspended solids correlation for the surface water quality monitoring. **International Journal of Current Engineering and Technology**, v. 3, p. 1311–1314, 2013. <https://doi.org/10.14741/ijcet/v.3.4.29>.

LEMOS, S. Dados da ONU mostram que 15 mil pessoas morrem por doenças ligadas à falta de saneamento. **Jornal da USP**, 2020. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/dados-da-onu-mostrar-que-15-mil-pessoas-morrem-anualmente-por-doencas-ligadas-a-falta-de-saneamento>. Acesso em: 25 de Novembro de 2025.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos da qualidade e tratamento de água**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2016.

LUO, A. et al. The impact of rainfall events on dissolved oxygen concentrations in a subtropical urban reservoir. **Environmental Research**, v. 244, p. 117856, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117856>.

MICHELON, W. et al. Microalgae produced during phycoremediation of swine wastewater contains effective bacteriostatic compounds against antibiotic-resistant bacteria. **Chemosphere**, v. 283, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131268>.

MORETTO, D. L. et al. Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution no 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 29–42, 2012. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000024>.

PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N. de; BALIEIRO, K. R. de C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne**, v. 18, n. 3, p. 495–505, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000300018>.

Avaliação da Qualidade da Água por Meio do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Metais Pesados em Mananciais de Abastecimento Público no Sul do Brasil

PRABAGAR, S.; THURAISSINGAM, S.; PRABAGAR, J. Sediment analysis and assessment of water quality in spacial variation using water quality index (NSFWQI) in Moragoda canal in Galle, Sri Lanka. **Waste Management Bulletin**, v. 1, n. 2, p. 15–20, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2023.05.002>.

RAUDONYTĖ-SVIRBUTAVIČIENĖ, E. et al. Pollution patterns and their effects on biota within lotic and lentic freshwater ecosystems: How well contamination and response indicators correspond? **Environmental Pollution**, v. 335, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122294>.

REZENDE, P. M. de et al. Adubação foliar: I. Épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciências Agrárias**, v. 29, p. II05–IIII, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000600001>.

SAHOO, P. K. et al. Groundwater management in Brazil: Current status and challenges for sustainable utilization. In: **Global Groundwater: Source, Scarcity, Sustainability, Security, and Solutions**, p. 409–423, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818172-0.00030-X>.

SALEM, T. A. Changes in the physicochemical and biological characteristics in the lentic and lotic waters of the Nile river. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 47, n. 1, p. 21–27, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.12.003>.

SANTOS, G. dos et al. 2,4-D-based herbicide underdoses cause mortality, malformations, and nuclear abnormalities in *Physalaemus cuvieri* tadpoles. **Comparative Biochemistry and Physiology. Toxicology & Pharmacology: CBP**, v. 277, n. 200, p. 109840, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2024.109840>.

SASMAZ, A.; OBEK, E.; HASAR, H. The accumulation of heavy metals in *Typha latifolia* L. grown in a stream carrying secondary effluent. **Ecological Engineering**, v. 33, n. 3–4, p. 278–284, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.05.006>.

SEMA RS- Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Resolução CRH nº 117/2012. Diário oficial, 27 de dezembro de 2012. <https://www.diariooficial.rs.gov.br/diario?td=D0E&dt=2012-12-27&pg=76>. Acesso em: 03 de dezembro de 2025.

SPERLING, M. von. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

TIAN, Y. et al. Using a water quality index to assess the water quality of the upper and middle streams of the Luanhe River, northern China. **Science of The Total Environment**, v. 667, p. 142–151, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.356>.

UDDIN, M. G.; NASH, S.; OLBERT, A. I. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. **Ecological Indicators**, v. 122, p. 107218, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>.

UNICEF. 2,1 bilhões de pessoas não têm acesso a água potável em casa, e mais do dobro de pessoas não tem acesso a saneamento seguro. Disponível em: <https://www.unicef.org/angola/comunicados-de-imprensa/21-bilhoes-de-pessoas-nao-tem-acesso-agua-potavel-em-casa-e-mais-do-dobro>. Acesso em: 25 de Novembro de 2025.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 25 de Novembro de 2025.

VASCONCELOS, M. J. O. B. et al. Doenças diarreicas e hospitalizações em menores de cinco anos no estado de Pernambuco, Brasil, nos anos de 1997 e 2006. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 23, n. 3, p. 715–722, 2018. <https://doi.org/10.1590/1413-81232018233.14872016>.

VASISTHA, P.; GANGULY, R. Water quality assessment of natural lakes and its importance: An overview. **Materials Today: Proceedings**, v. 32, p. 544–552, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.092>.

WANG, Z. et al. A deep learning interpretable model for river dissolved oxygen multi-step and interval prediction based on multi-source data fusion. **Journal of Hydrology**, v. 629, p. 130637, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.130637>.

WHELAN, M. J. et al. Is water quality in British rivers “better than at any time since the end of the Industrial Revolution”? **Science of the Total Environment**, v. 843, p. 157014, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157014>

WHO. **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda**. 4. ed. Geneva: World Health Organization, 2022.

YAN, C. et al. Quantitative health risk assessment of microbial hazards from water sources for community and self-supply drinking water systems. **Journal of Hazardous Materials**, v. 465, p. 133324, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.133324>.