

Situação de corpos hídricos em bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul sob a perspectiva do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)

Water bodies situation in Rio Grande do Sul basins from the perspective of the Framework Conformity Index (FCI)

Sumirê da Silva Hinata¹ , Aline Duarte Kaliski¹ , Cláudia Bos Wolff² ,
Fernando Comerlato Scottá¹ , Raíza Cristóvão Schuster¹ ,
Walter Lorenzo Zilio Motta de Souza¹ , Luciano Brasileiro Cardone¹ 

¹Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mails: sumire-hinata@sema.rs.gov.br, aline-kaliski@sema.rs.gov.br, fernandoscotta.sema@gmail.com, raiza-schuster@sema.rs.gov.br, walter-souza@sema.rs.gov.br, luciano-cardone@sema.rs.gov.br

²Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler - RS, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: claudia-wolff@fepam.rs.gov.br

Como citar: Hinata, S. S., Kaliski, A. D., Wolff, C. B., Scottá, F. C., Schuster, R. C., Souza, W. L. Z. M., & Cardone, L. B. (2023). Situação de corpos hídricos em bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul sob a perspectiva do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE). *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 20, e23. <https://doi.org/10.21168/rega.v20e23>

RESUMO: O enquadramento de corpos hídricos é um importante instrumento para o acompanhamento da situação da qualidade da água. Avaliar e informar a distância na qual os principais cursos d'água se encontram em relação às metas pretendidas pelo enquadramento constitui-se em uma forma de avaliação profícua, mas normalmente pouco realizada. Esse estudo se propõe a aplicar a metodologia do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), desenvolvida pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)*, em 172 estações em 19 bacias hidrográficas no Rio Grande do Sul, no período de 2015 a 2022. O estudo considerou 13 parâmetros definidos na Resolução CONAMA N° 357/2005. Os resultados indicaram que 45% das estações observadas ficaram com índice "razoável", seguido de 41% com índice "marginal", com resultados comprometidos principalmente pelos parâmetros cádmio, *E. coli*, ferro, fósforo, manganês e OD. O ICE se mostrou uma ferramenta adequada para informar de forma eficaz aos gestores e atores envolvidos a condição dos corpos hídricos de forma geral e realizar comparações entre bacias distintas.

Palavras-chave: Rede de Monitoramento Básico da Qualidade da Água Superficial; Recursos Hídricos; Gestão de Recursos Hídricos.

ABSTRACT: The framework of water bodies is an important tool for monitoring the water quality situation. Evaluating and informing the distance at which the main watercourses are in relation to the goals intended by the framework constitutes an efficient form of evaluation, but this approach is typically not utilized. This study proposes the use of the Framework Conformity Index (FCI) methodology, developed by the Canadian Council of Ministers of the Environment, to evaluate 172 stations in 19 river basins in Rio Grande do Sul from 2015 to 2022. The study considered 13 parameters defined in CONAMA Resolution No. 357/2005. The results indicate that water quality at 45% of the observed stations was "fair", followed by 41% "marginal" with compromised results due mainly to the parameters cadmium, *E. coli*, iron, phosphorus, manganese, and DO. The FCI proved to be a suitable tool for effectively informing managers and stakeholders about the condition of water bodies and for making comparisons between different basins.

Keywords: Basic Surface Water Quality Monitoring Network; Water Resources; Water Resources Management.

1 INTRODUÇÃO

O enquadramento dos corpos d'água em classes de acordo com os usos preponderantes é um instrumento de gestão de águas definido pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433/1997 (Brasil, 1997), e tem como objetivo assegurar às águas qualidade

Recebido: Abril 10, 2023. Revisado: Agosto 15, 2023 - Aceito: Setembro 13, 2023.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

compatível com os usos mais exigentes e diminuir custos de combate  poluio das águas, mediante aoes preventivas permanentes. Esse instrumento tem suas diretrizes definidas na Resoluo N 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Brasil, 2005), e tem como premissa enquadrar os corpos d'água superficiais em classes conforme os usos predominantes. Por exemplo, no caso das águas doces superficiais, a classe Especial  a mais exigente e destina-se a usos mais sensíveis, como o consumo humano e a proteo da vida aquática. A classe 1  também de alta qualidade e pode ser usada para a maioria dos usos, incluindo a recreao. A classe 2  de qualidade média e pode ser usada para usos menos exigentes, como a irrigao e a indústria. A classe 4  a de menor qualidade e destina-se apenas a navegao e harmonia paisagística.

A proposio de um enquadramento deve considerar três diretrizes que correspondem  verificao da realidade atual dos corpos hídricos (o rio que temos), a percepo da sociedade, quanto ao futuro desejado para os corpos hídricos (o rio que queremos), e o entendimento sobre as condioes possíveis para manuteno da classe existente ou a ser alcançada, considerando limites técnicos, sociais, econmicos e ambientais para o alcance das metas de qualidade para determinado corpo hídrico, em um horizonte de tempo estabelecido (o rio que podemos ter) (Agência Nacional de águas e Saneamento Básico, 2020).

Considerando essas premissas, a proposta de enquadramento deve ser elaborada pelas agências de água (ou entidades delegatárias), em conjunto com os Comitês de Bacia Hidrográfica, os órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente e com respaldo dos Planos de Recursos Hídricos. Por fim, a proposta de enquadramento dos corpos d'água  apreciada pelo Conselho de Recursos Hídricos, o qual poderá formalizar o enquadramento dos corpos de água por meio de ato normativo sua competência.

Definidas as metas de qualidade,  necessário realizar o acompanhamento e a avaliao de seu atingimento. Uma das maneiras de realizar essa avaliao  através da medida do distanciamento entre situao atual obtida pelos dados de monitoramento e a meta estabelecida por ato normativo.

Reduzir a natureza multivariada dos dados de qualidade da água e apresentar dados de monitoramento ambiental de forma simplificada para gestores e público em geral  uma tarefa que pode ser atendida através de um ndice que combine matematicamente todas as medidas de qualidade da água e forneça uma descrio geral e prontamente compreendida da gua. Um ndice  uma ferramenta útil para descrever, por exemplo, o estado da coluna de água, sedimentos e vida aquática e para classificar a adequao da água para uso humano, vida aquática e vida selvagem (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2017). Dessa forma, o ndice pode ser usado para avaliar a qualidade da água em relao ao seu estado desejável (conforme definido pelas diretrizes de qualidade da água) e fornecer informaçoes sobre o grau em que a qualidade da água está.

O ndice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)  uma ferramenta de avaliao da qualidade da água desenvolvida pela subcomissão técnica de qualidade da água do Canadá, *Canadian Council of Ministers of the Environment* (2001). O principal objetivo deste ndice consiste em avaliar e comunicar a qualidade da água em um corpo de água para a sociedade e para os gestores públicos. A definio do ndice canadense está baseada na comparao dos valores dos parâmetros descritivos de qualidade de água obtidos nos monitoramentos com os padrões de qualidade da água instituídos pela legislao ou com os critérios de qualidade da água fundamentados cientificamente. O ICE, como todo ndice, oferece um resultado sinttico da qualidade da água, não devendo substituir uma análise detalhada dos dados de monitoramento, nem deve ser utilizado como única ferramenta para a gestão dos corpos de gua (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001).

A análise da qualidade da água por meio do ICE foi utilizada em diversos países, entre eles, a avaliao do ambiente marinho em Auckland, Nova Zelândia (Vaughan, 2018), ou a qualidade da água na Baía de São Francisco na Califórnia (EUA), onde o indicador  combinado com outros índices de monitoramento para avaliar as condioes ambientais na rea (The Bay Institute, 2003). Também foi utilizada na avaliao da qualidade das águas superficiais do Vietnã, através de poluentes orgânicos, nutrientes, particulados e bactérias (Pham et al., 2010). Mais recentemente o ndice foi utilizado para as águas de Abu Dhabi para comunicar as condioes vigentes e acompanhar as mudanças em condioes ao longo do tempo (Woodward et al., 2020).

No Brasil, este ndice foi adotado pela Agência Nacional das guas (ANA) e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo CETESB em águas costeiras do estado de São Paulo, por exemplo.

Entre outros trabalhos que avaliaram a conformidade do enquadramento, destacam-se o estudo na bacia dos rios Piracicaba/Capivari/Jundiá - PCJ (Amaro, 2009), no trecho do rio das Velhas/MG (Cabral & Mello, 2015); trecho da bacia do Rio São Marcos (Bortolin et al., 2013); utilizao do ndice como ferramenta gerenciadora de fazendas de camarão e os ambientes naturais circundantes no norte

do estado de Santa Catarina (Ferreira et al., 2011); e avaliao de reservatórios do estado de Pernambuco, correlacionando os resultados obtidos com o comportamento pluviométrico e com o uso e ocupao do solo (Oliveira et al., 2018).

A utilizao do ICE para avaliao do baixo rio das Velhas, situado na bacia hidrográfica do rio São Francisco, mostrou excesso superior a 80% do parâmetro arsnio total, que pode ser indicativo da atividade de beneficiamento de minério de ouro na calha do rio das Velhas (Pinto et al., 2016).

Por seu turno, o ndice de Qualidade das guas (IQA) adotado pela CETESB  uma medida multidimensional da qualidade da água que leva em considerao uma variedade de parâmetros, incluindo turbidez, oxignio dissolvido, matéria orgânica, coliformes fecais e metais pesados, estando classificado em cinco categorias: muito boa, boa, regular, ruim e péssima. Esse ndice também oferece uma comunicao facilitada com o público em geral e proporciona melhor compreensão quanto a classificao do corpo d'gua (Rosário et al., 2021).

Todavia, os critérios adotados pela CETESB para classificar a qualidade da água são mais lenientes do que os critérios de outros estados brasileiros. Isso significa que muitas vezes a água  classificada como "boa" pela CETESB, mesmo que não atenda aos padrões de qualidade de água de outros estados. Nesse sentido, a CETESB poderia rever e atualizar seus critérios relativos ao IQA para refletir os padrões de qualidade de água mais rigorosos adotados por outros estados brasileiros (Rosário et al., 2021).

O IQA da CETESB incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliao da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilizao para abastecimento público, e  uma ferramenta útil para avaliar a qualidade da água para este fim, mas possui limitaes, visto que não considera outros fatores que podem afetar a qualidade da água para outros usos, como irrigao, recreao e pesca (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2022). Não  possível incorporar outros parâmetros em sua fórmula e calcular a distância que o corpo hídrico está dos objetivos propostos pelas metas de enquadramento.

Por sua vez, a verificao do atendimento ao enquadramento no caso do ICE corresponde  conformidade, ou seja,  verificao se a condio do corpo hídrico está próxima ou não do enquadramento de valor legal, isto , o quanto está 'aderida' ao enquadramento vigente (Amaro, 2009).

As vantagens do ndice incluem a habilidade de representar a mudança das variáveis em um único número e a facilidade de comunicar os resultados. Amaro (2009) apresenta a opinião de especialistas e usuários quanto aos pontos fortes, benefícios do ICE: a) Permite flexibilidade quanto  escolha das variáveis e dos padrões/critérios de qualidade da água; b) Reflete a opinião dos especialistas; c) Simplifica estatisticamente dados mais complexos, adaptável às exigências jurisdicionais; d) Consiste em um instrumento para divulgar a qualidade da água em qualquer região; e) Constitui um instrumento de gerenciamento para os tomadores de decisão; f) Apresenta facilidade de cálculo; g) Oferece fácil entendimento.

Com esses atributos, todos os atores da estrutura de governança da política de recursos hídricos (Conselhos, Comitês de Bacia Hidrográfica, rgos gestores e usuários) podem avaliar se as metas de enquadramento instituídas estão sendo alcançadas; e caso estejam ainda distantes,  possível articular estratégias para atingir melhores desempenhos. Para a sociedade em geral, a publicao dos resultados do ICE passa a ser um importante instrumento de visibilidade e valorizao do monitoramento e da qualidade da água, pois resultam em informaes que vão ao encontro às suas necessidades e interesses.

Neste sentido, foi realizado este estudo com o objetivo de apresentar os resultados do ICE para 19 bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul, considerando a disponibilidade e uniformidade dos dados para composio da metodologia. As classes dos corpos d'água foram estipuladas conforme as resolues estabelecidas pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, ou definidos como classe 2 por força da Resoluo CNRH n 91/2008 (Brasil, 2008) e Resoluo CONAMA N 357/05 (Brasil, 2005).

A elaborao e efetivao do enquadramento ainda oferece muitas incertezas, envolvendo a escolha da vazão de referência, monitoramento do alcance das metas e quais parâmetros devem ser utilizados (Machado et al., 2019). Em relao a essa última variável, ainda que em algumas bacias o enquadramento tenha sido baseado em parâmetros específicos, nesta avaliao do ICE foram selecionados 13 (treze) parâmetros presentes na Resoluo CONAMA N 357/2005 (Brasil, 2005), a fim de fornecer um panorama coerente da situao do alcance das metas para as bacias do estado como um todo. A tomada de decisão por alguns dados em detrimento de outros deveu-se pela disponibilidade de informaes sobre parâmetros de qualidade da água adequados  legislao brasileira no que tange ao enquadramento de corpos d'gua.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As diretrizes existentes para avaliação da conformidade são as metas de alcance de enquadramento, quando estabelecida em resoluções. No Rio Grande do Sul, as bacias hidrográficas com cursos d'água enquadrados por resolução são Gravataí (G010), Sinos (G020), Caí (G030), Taquari-Antas (G040), Alto Jacuí (G050), Baixo Jacuí (G070), Lago Guaíba (G080) e Pardo (G090), na Região Hidrográfica do Guaíba; Tramandaí (L010) e Camaquã (L030) na Região Hidrográfica do Litoral; e Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo (U030), Ibicuí (U050) e Santa Maria (U070), na Região Hidrográfica do Uruguai.

Para trechos de água doce sem enquadramento aprovado, o Art. 42 da Resolução CONAMA Nº 357/2005 (Brasil, 2005), estabelece que seja adotada a classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente. Da mesma maneira, o Art. 15 da Resolução CNRH nº 91/2008 (Brasil, 2008) informa que deverão ser considerados, nos corpos de água superficiais ainda não enquadrados, os padrões de qualidade da classe correspondente aos usos preponderantes mais restritivos existentes no respectivo corpo de água, e até que a autoridade outorgante tenha as informações necessárias, poderá ser adotada, para as águas doces superficiais, a classe 2. Seguindo essas resoluções, a Classe 2 foi adotada para as bacias hidrográficas dos rios Vacacaí Vacacaí-Mirim (G060) na Região Hidrográfica do Guaíba; Litoral Médio (L020) e Mirim-São Gonçalo (L040) na Região Hidrográfica do Litoral; e Quaraí (U060), Negro (U080) e Várzea (U100) na Região Hidrográfica do Uruguai.

Nas bacias hidrográficas do Apuaê-Inhandava (U010), Passo Fundo (U020), Ijuí (U090), Piratinim (U040), Butuí-Icamaquã (U011) e Mampituba (L050) não será calculado o ICE, visto que as estações da Rede Estadual de Monitoramento Básico da Qualidade da Água nesses cursos d'água começaram a ser monitorados somente a partir de 2022, período incompatível com o mínimo de três anos previstos na metodologia. A Figura 1 a seguir traz informações sobre as regiões e bacias hidrográficas no estado do Rio Grande do Sul e sua situação em relação à análise do ICE.



Figura 1 - Mapa de localização, regiões e bacias hidrográficas no estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: elaborado pelos autores.

Os dados de entrada utilizados correspondem ao corpo d'água ao qual o ICE se aplicará, podendo ser definido por uma estação (por exemplo, um local de monitoramento em um trecho de rio específico) ou por várias estações diferentes (pontos ao longo de um lago) (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2017).

O período de tempo escolhido é muito importante e depende da quantidade de dados disponíveis. A qualidade da água em um corpo hídrico flutua ao longo do ano e entre os anos em resposta a eventos

de precipitação, entre outros. Isso é particularmente importante em águas correntes, mas também em lagos pequenos que respondem a eventos hidrológicos. Para superar essa flutuação natural geralmente é usado um período longo para relatar a qualidade da água. Isso tem o benefício de nivelar os extremos da pontuação e categorização do ICE. O período de três anos é o mais recomendado, pois é longo o suficiente para equilibrar as flutuações naturais, e curto na medida necessária para visualizar mudança em um intervalo menor de tempo (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2017).

Os dados utilizados para análise do ICE nas bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul são provenientes da Rede de Monitoramento Básico da Qualidade da Água Superficial (RQA/RS), operada pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM). A partir de 2016, este órgão passou a reimplantar e ampliar a rede básica de monitoramento, a fim de cumprir as metas estabelecidas pelo Programa Qualiágua da Agência Nacional de Águas (ANA), o qual a FEPAM aderiu. Essa rede tem por objetivo monitorar a qualidade dos recursos hídricos considerando os usos múltiplos da água. Atualmente, a rede básica conta com 221 estações de monitoramento, distribuídas nas três regiões e 25 bacias hidrográficas do estado. Essas informações podem ser acessadas gratuitamente através do Sistema RS Água (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler, 2023), sendo possível realizar o download das planilhas em formato .xls.

Para compor o ICE foram selecionados 13 parâmetros com metas estabelecidas para as classes 1, 2 e 3 segundo a Resolução CONAMA N° 357/2005 (Brasil, 2005), disponíveis no Sistema RS Água para avaliação da qualidade e identificados no Quadro 1. A metodologia prevista para o cálculo do ICE prevê que sejam selecionados no mínimo oito parâmetros (não mais do que 20), a fim de que a calculadora produza resultados significativos (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2017). A escolha por esses parâmetros teve como princípio a relevância para atividades humanas e o uso da água que está sendo avaliado, e a disponibilidade de dados nas estações selecionadas.

Quadro 1 - Parâmetros selecionados para o cálculo do ICE, por classe definida na Resolução CONAMA N° 357/2005.

Parâmetro	Unidade de medida	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Cádmio total	mg/L Cd	0,001	0,001	0,0100
Cloreto total	mg/L Cl	250	250	250
Cobre dissolvido	mg/L Cu	0,009	0,009	0,013
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg/L O ₂	3	5	10
<i>Escherichia coli</i> (80% dos coli. Termo)	NMP/100ml	160	800	3200
Ferro dissolvido	mg/L Fe	0,3	0,3	5,0
Fósforo total (lêntico)	mg/L P	0,020	0,030	0,050
Fósforo total (lótico)	mg/L P	0,1	0,1	0,15
Manganês total	mg/L Mn	0,1	0,1	0,5
Oxigênio Dissolvido (OD) (não inferior a)	mg/L O ₂	6	5	4
pH	adimensional	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez	UNT	40	100	100
Zinco total	mg/L Zn	0,18	0,18	5

Fonte: Brasil (2005).

Para proteção da vida aquática, os parâmetros bacteriológicos não necessariamente precisam ser incluídos, mas se o ICE for empregado para analisar vários usos, como consumo humano e proteção da vida aquática, então sua utilização é necessária e apropriada. Isso é particularmente importante se estressores humanos, como estações de tratamento de efluentes, pastoreio ou alimentação de gado, ocorrerem perto de um curso de água e, potencialmente, puderem afetar a qualidade da água (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2017). Para o atendimento desta condição foi selecionado o parâmetro *Escherichia coli* (*E. coli*), que passou a ser avaliado em substituição aos coliformes termotolerantes em função de estudos recentes que demonstraram a referida espécie como sendo a única indicadora inequívoca de contaminação fecal, humana ou animal (Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2015).

Ressalta-se que o número de amostragens por estação ocorreu durante quatro datas diferentes de coleta em diferentes épocas do ano, respeitando o número mínimo de quatro visitas preconizado pela metodologia. Esse número suficiente de coletas de amostras deve ser respeitado, a fim de que

eventos de picos e varia es sazonais sejam capturados na amostragem (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2017).

2.2 Calculadora do  ndice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)

O  ndice canadense   a combina o dos valores de três fatores que representam a não conformidade, isto  , o não atendimento aos critérios de qualidade propostos. Ele permite ao usuário conhecer as condi es de qualidade da água, por meio de um valor que sintetize as informa es oriundas das inúmeras variáveis de qualidade da água utilizadas nos monitoramentos. Esses três fatores são 1) abrangência, 2) frequência e 3) amplitude, que são combinados a partir de um método matemático de cálculo estatístico, criando um vetor no espaço tridimensional (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001).

O fator Abrangência (Fator 1) representa a abrangência das desconformidades, ou seja, o número de parâmetros de qualidade da água (variáveis) que não cumprem os limites desejáveis pelo menos uma vez no período de observa o. A fórmula para o cálculo do Fator 1   apresentada pela Equa o 1.

$$F1 = \left(\frac{\text{Número de variáveis que falharam}}{\text{Número total de variáveis}} \right) \times 100 \quad (1)$$

A Frequência (Fator 2) representa a porcentagem de vezes que as variáveis de qualidade da água estiveram desconformes em rela o ao número de observa es, ou seja, os testes realizados para compara o do valor observado com o padrão definido. A fórmula para o cálculo do Fator 2 pode ser observada na Equa o 2.

$$F2 = \left(\frac{\text{Número de testes que falharam}}{\text{Número total de testes}} \right) \times 100 \quad (2)$$

O fator Amplitude (Fator 3) a quantidade pela qual o valor testado falhou, isto  , a diferença entre o valor observado e o valor desejado de acordo com o objetivo de qualidade da  gua. O fator F3   calculado em três etapas:

a) O número de vezes em que a concentra o da variável observada   maior que o limite estabelecido (ou menor que, quando o objetivo desejado   um valor mínimo), ou seja, quando o valor do teste não deve exceder o objetivo. Essa diretriz   denominada "excursão" e   expresso da seguinte forma.

$$\text{Excursão} = \left(\frac{\text{Valor testado que falhou}}{\text{Objetivo}} \right) - 1 \quad (3)$$

Para os casos em que o valor do teste não deve ser abaixo do objetivo a equa o   expressa por:

$$\text{Excursão} = \left(\frac{\text{Objetivo}}{\text{Valor testado que falhou}} \right) - 1 \quad (4)$$

b) A quantidade coletiva pela qual os testes individuais estão fora de conformidade   calculada somando as excursões dos testes individuais de suas diretrizes e dividindo pelo número total de testes (tanto os que atendem às diretrizes quanto os que não atendem às diretrizes). Este parâmetro, sendo denominada pela soma normatizada das varia es (snv), calculada da seguinte maneira:

$$\text{snv} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \text{excursão}}{\text{Número total de testes}} \right) \quad (5)$$

c) O valor desta etapa   calculado através da snv em rela o aos limites estabelecidos, com valores reduzidos a uma variável entre 0 e 100. Para isso,   utilizado o valor 1,732, a fim de garantir o comprimento máximo do vetor que representar  a desconformidade.

$$F3 = \frac{\text{snv}}{0.01 \text{ snv} + 0.001} \quad (6)$$

A partir desses fatores calcula-se o ICE, de acordo com a equa o 4.

$$\text{ICE} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \right) \quad (7)$$

O fator de 1,732   utilizado, pois cada um dos três fatores individuais pode chegar até 100. Isto significa que o comprimento do vetor pode alcançar:

$$\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2} = \sqrt{100^2 + 100^2 + 100^2} = \sqrt{30000} = 173,2 \quad (8)$$

Logo, a divisão por 1,732 faz com que o comprimento do vetor não exceda a 100 e a segunda parcela do CCME WQI fique limitado ao valor 100:

$$\left(\frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1,732} \right) = \frac{173,2}{1,732} = 100 \quad (9)$$

O valor do ICE varia de 0 a 100. Valores próximos a zero indicam uma condição do corpo hídrico distante do enquadramento desejado, enquanto valores próximos a 100 indicam conformidade com o enquadramento, considerando os parâmetros selecionados para calcular o indicador.

Os cálculos foram efetuados na calculadora projetada para o cálculo do ICE CCME, versão 2.0 (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2023) passível de ser utilizada independente de outro *hardware* ou *software*. Essa ferramenta foi projetada em Visual Basic NET 2013 pela Divisão de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Departamento de Meio Ambiente e Conservação, Governo de Newfoundland e Labrador e pela Divisão de Monitoramento e Vigilância da Qualidade da Água Doce do Meio Ambiente do Canadá. A calculadora permite atribuir pontuações de qualidade da água a partir de dados de monitoramento e parâmetros definidos.

O cálculo da pontuação do ICE para as estações monitoradas seguiu uma sequência de passos propostos pela ferramenta, que incluem: 1) Importação de dados de monitoramento da qualidade da água, adquiridos no Sistema RS Água (Rio Grande do Sul, 2023); 2) Importação e definição de diretrizes de qualidade da água e seleção de parâmetros (Figura 2), seguindo os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005; 3) Correspondência de nomes de parâmetros entre o arquivo de dados e as diretrizes; 4) Seleção do período para o qual o índice é calculado (intervalo de três anos consecutivos para os quais há amostra); 5) Cálculo da pontuação do ICE.

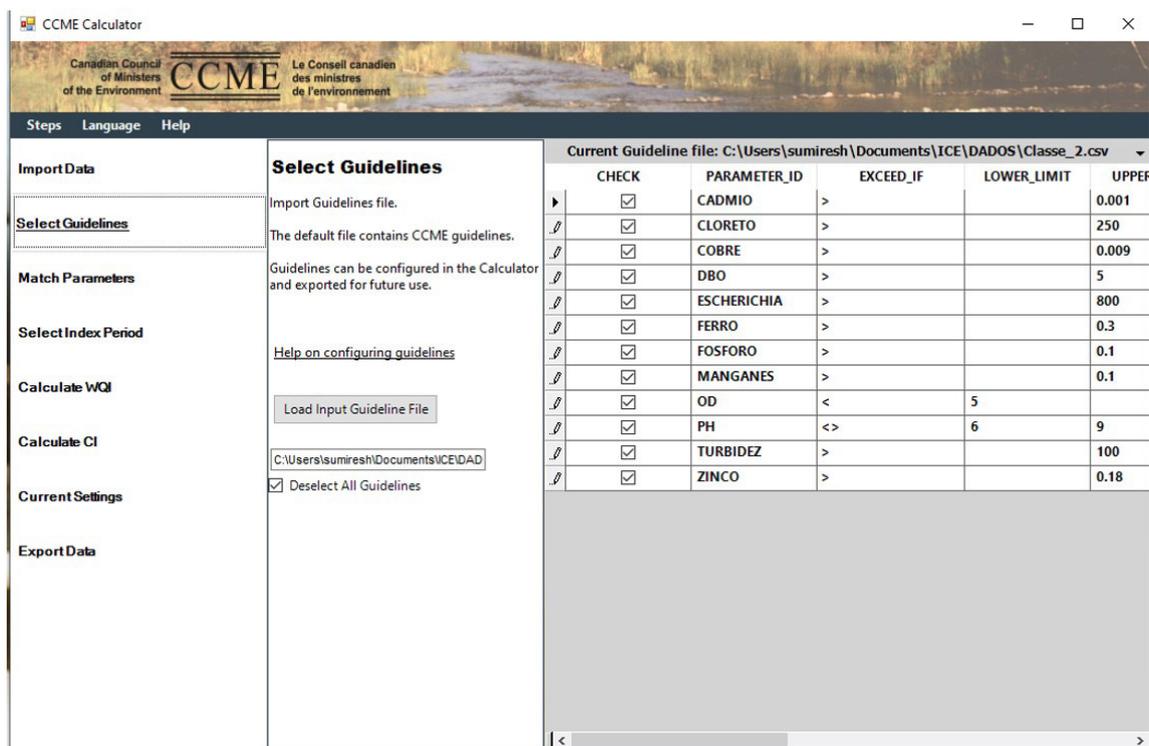


Figura 2 - Visualização da calculadora do ICE na etapa de inserção de diretrizes de qualidade da água e seleção de parâmetros.

Fonte: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2017).

Os resultados do cálculo são apresentados em uma planilha com diversas informações, sendo as principais os resultados dos fatores F1, F2 e F3, o resultado calculado do ICE e uma das cinco categorias, conforme apresentado no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2 - Descrição das categorias do ICE e valores associados.

Categorias	ICE	Significado
Excelente	95 - 100	A qualidade da água está protegida com virtual ausência de ameaça ou prejuízo; condições muito próximas aos níveis desejáveis. Estes valores de ICE somente podem ser obtidos se todas as medidas estiverem durante todo o tempo dentro dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.
Bom	80 - 94	A qualidade da água é protegida apenas com um grau menor de ameaça ou prejuízo; as condições raramente se afastam dos níveis desejáveis. A qualidade da água raramente se desvia dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.
Razoável	65 - 79	A qualidade da água é geralmente protegida, mas ocasionalmente ameaçada ou prejudicada; as condições às vezes se afastam dos níveis desejáveis. A qualidade da água algumas vezes se afasta dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.
Marginal	45 - 64	A qualidade da água é frequentemente ameaçada ou prejudicada; as condições muitas vezes se afastam dos níveis desejáveis. A frequência dos parâmetros de qualidade da água não atendem aos padrões estabelecidos pelo enquadramento.
Ruim	0 - 44	A qualidade da água é quase sempre ameaçada ou prejudicada; as condições geralmente se afastam dos níveis desejáveis. Os parâmetros de qualidade frequentemente não atendem aos padrões estabelecidos pelo enquadramento.

Fonte: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2017).

Após o cálculo do ICE, os resultados podem ser visualizados na própria calculadora ou exportados em formato .xls. Além da categoria do ICE alcançada, é possível verificar o número de testes, os testes com falha e a porcentagem de testes com falha para cada parâmetro individual em cada estação. As porcentagens de teste são codificadas por cores: verde (25% ou menos dos testes falharam), amarelo (26 a 50% dos testes falharam) e vermelho (mais de 50% dos testes falharam). Dessa maneira, torna-se possível identificar quais parâmetros apresentaram maior número de falhas que influenciaram no resultado final do índice.

3 RESULTADOS

Os dados discutidos a seguir são o resultado da análise sobre 172 pontos observados em 19 bacias hidrográficas existentes no estado do Rio Grande do Sul, por meio da observação de classes de enquadramento propostas em planos de bacia hidrográfica aprovados, ou do enquadramento previsto na Classe 2 para os cursos d'água ainda não submetidos à aprovação. Evidenciou-se que a maioria dos pontos (45%) ficaram com ICE 'razoável' (Figura 3), o que significa que a qualidade da água é geralmente protegida, mas ocasionalmente ameaçada ou prejudicada, e as condições às vezes se afastam dos níveis desejáveis.

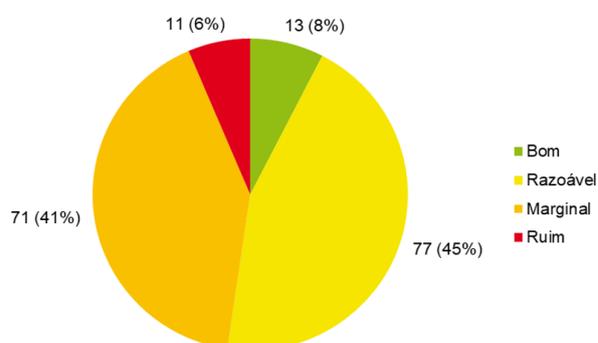


Figura 3 - Número de estações e resultado percentual (%) do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) para as bacias analisadas.

Fonte: elaborado pelos autores.

Em segundo lugar (41%) aparece o ICE 'marginal', na qual a qualidade da água é frequentemente ameaçada ou prejudicada, e as condições muitas vezes se afastam dos níveis desejáveis. A frequência dos parâmetros de qualidade da água não atende aos padrões estabelecidos pelo enquadramento. Em apenas 13 locais (8%) o resultado atingiu o índice 'bom', o que demonstra que a qualidade da água nesses pontos raramente se desvia dos padrões estabelecidos pelo enquadramento. Esse resultado torna evidente que as metas almejadas para os cursos d'água ainda estão distantes de ser alcançadas, seja pela exigência de usos mais nobres e/ou pela dificuldade para melhorar os resultados dos parâmetros envolvidos.

De forma geral, a bacia hidrográfica do Gravataí apresentou o ICE mais distante do enquadramento em relação às demais bacias do estado, visto que teve cinco pontos com índice 'ruim'. Em contrapartida, a bacia do Sinos, apesar de ter um histórico de problemas associados à qualidade da água, e por ter seus cursos d'água localizados em áreas intensamente alteradas pela ação antrópica, apresentou bom desempenho com cinco pontos com índice 'bom'. Entretanto, ressalta-se que em três desses pontos o trecho do curso d'água está enquadrado em Classe 3, portanto menos exigente em relação à qualidade das suas águas. Esses resultados, bem como o panorama geral das bacias pode ser observado na Figura 4.

Nas bacias hidrográficas Mirim - São Gonçalo e Taquari - Antas foram disponibilizados dados de 23 pontos de monitoramento em cada, revelando uma rede satisfatória de amostragens.

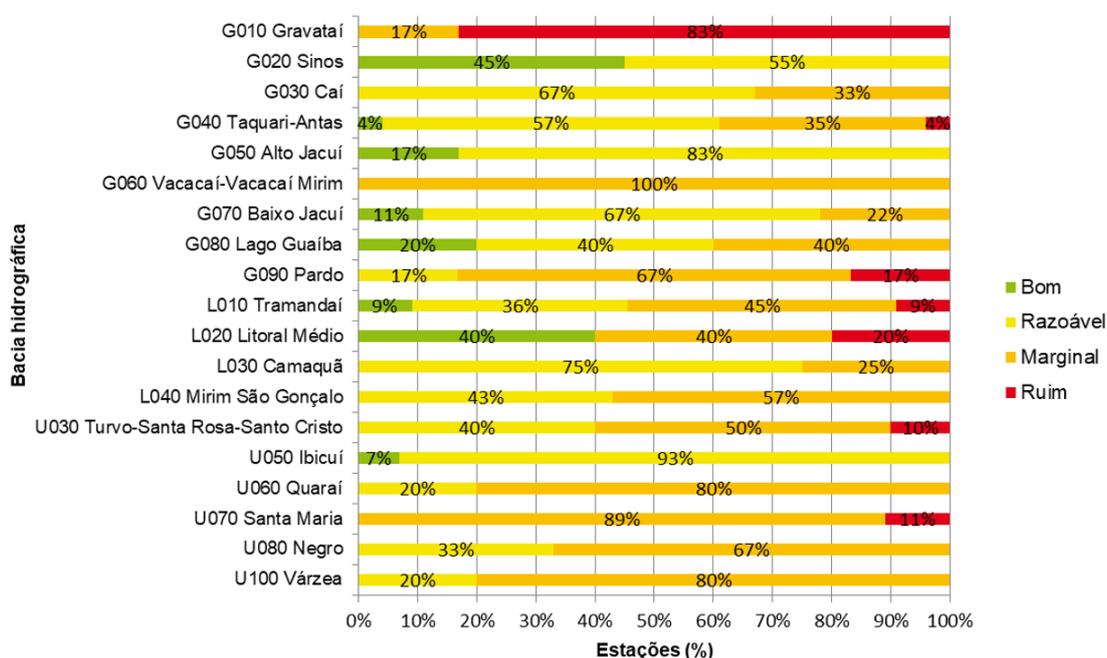


Figura 4 - Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) por bacia hidrográfica.
Fonte: Autores (2023).

A Figura 5 traz o mapa com a espacialização dos pontos amostrados, com as respectivas classes de enquadramento aprovadas por resolução ou pela legislação vigente, considerando as bacias hidrográficas que possuem série de dados de, no mínimo, três anos, disponibilizadas pelo Sistema RS ÁGUA. Destaca-se que nenhum ponto avaliado alcançou a categoria 'excelente' do ICE.

Sobre os parâmetros, alguns se destacaram por exceder as diretrizes previstas para a classe de enquadramento, o que promoveu um pior desempenho em relação ao alcance das metas previstas no enquadramento, ficando evidente através dos resultados do ICE, a saber, cádmio, *E. coli*, ferro, fósforo, manganês e OD.

O cádmio, que tem efeitos nocivos e irreversíveis para a saúde humana, apareceu em uma quantidade expressiva de amostras com valor de 0,0030 mg/L Cd, o que excede o recomendado pelas Classes 1 e 2.

Metais como chumbo, mercúrio e o cádmio, são metais que não existem naturalmente em nenhum organismo e tampouco desempenham funções nutricionais ou bioquímicas em microrganismos, plantas ou animais, o que significa que a presença desses componentes em organismos vivos é prejudicial em qualquer concentração (von Sperling, 2005).

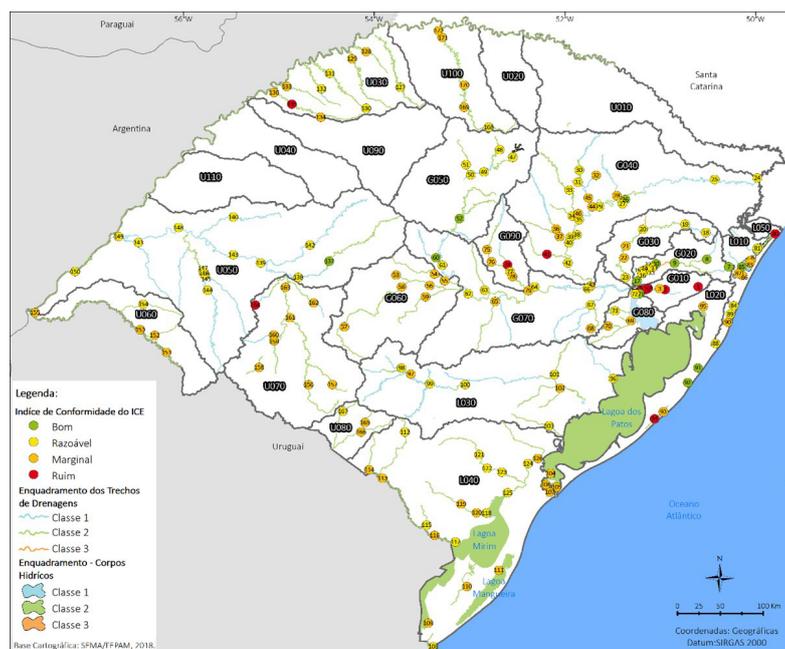


Figura 5 - Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) e respectivas classes de enquadramento nas bacias hidrográficas analisadas.

Fonte: elaborado pelos autores.

Quando a origem dos metais é antropogênica, podem ser provenientes de despejos industriais, atividades mineradoras e da agricultura, e trazem implicações como toxicidade aos seres humanos e outras formas de vida animal e vegetal, bem como inibição de microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos (von Sperling, 2005).

Outro parâmetro que apresentou relativa discrepância em vários pontos foi *Escherichia coli* (*E. coli*), que é a principal bactéria do grupo de coliformes fecais (termotolerantes), abundante em fezes humanas e de animais (von Sperling, 2005), sendo normalmente encontrada em esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas à contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros (World Health Organization, 1993).

O ferro, apesar de não constituir um elemento tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria 36 do Ministério da Saúde (Piveli, 2004).

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens. Também pode ser importante a contribuição devida a efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido. Nas águas tratadas para abastecimento público, o emprego de coagulantes à base de ferro provoca elevação em seu teor.

Nos itens a seguir as bacias serão analisadas individualmente quanto à classificação do ICE.

3.1 Resultados por bacia hidrográfica

A seguir são apresentados os resultados do ICE para as bacias hidrográficas que tiveram dados suficientes para aplicação da metodologia para o cálculo do índice, conforme descrito anteriormente.

3.1.1 Gravataí (G010)

Na bacia hidrográfica do Rio Gravataí foram considerados seis pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2015 a 2022. Na bacia hidrográfica do Rio Gravataí foram considerados seis pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2015 a 2022, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Informações e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Gravataí.

Ponto	Estação	Latitude	Longitude	Curso d'água	Enquadramento*	ICE
1	87398500	-29,935994	-50,602475	Arroio Chico Lomã	Classe 1	RUIM
2	87398900	-29,966280	-50,948845	Rio Gravataí	Classe 1	RUIM
3	87398950	-29,957247	-51,006520	Rio Gravataí	Classe 2	MARGINAL
4	87405500	-29,954662	-51,127703	Rio Gravataí	Classe 2	RUIM
5	87406900	-29,967004	-51,154855	Rio Gravataí	Classe 2	RUIM
6	87409900	-29,970431	-51,198584	Rio Gravataí	Classe 2	RUIM

*Previsto nas Resoluções CRH nº 58/2009 (Conselho de Recursos Hídricos, 2009c) e 113/2012 (Conselho de Recursos Hídricos, 2012b).

Fonte: elaborado pelos autores.

Os principais cursos d'água da bacia hidrográfica têm enquadramento aprovado em resolução própria, sendo os pontos localizados no arroio Chico Lomã (ponto 1) e trecho médio do Gravataí entre o Banhado Grande e a foz do Arroio Demétrio (ponto 2) enquadrados em Classe 1. Nos dois pontos os parâmetros cádmio, DBO, *E. coli*, ferro, fósforo e OD apresentaram maior percentual de inconformidade. Os pontos 4, 5 e 6, enquadrados em Classe 2, também apresentaram ICE "ruim", com maior percentual de inconformidade para cádmio, DBO, *E. coli*, ferro, fósforo, manganês e OD. O ponto 3 foi o único que apresentou índice 'marginal', resultado do menor percentual de inconformidade no parâmetro *E.coli*.

Nessa bacia hidrográfica a presença de *Escherichia coli* está diretamente relacionada com o despejo de esgotos domésticos sem tratamento adequado, proveniente na sua maioria de áreas urbanizadas. Quanto à DBO, seus altos valores levam à eutrofização em alguns trechos do rio Gravataí e afluentes, acarretando perda da biodiversidade, possível mortandade de peixes, elevação no custo do tratamento de água para abastecimento público, riscos a animais que utilizam a água para dessedentação, entre outras implicações para os usos múltiplos do recurso hídrico (Rio Grande do Sul, 2012b).

Tendo-se em consideração os dados de monitoramento para esses pontos, adverte-se que a bacia hidrográfica do rio Gravataí possui o desempenho menos satisfatório quanto ao ICE em comparação com as demais bacias hidrográficas analisadas, visto que cinco de seis pontos ficaram com índice 'ruim'. Ressalta-se também que o enquadramento previsto para as Classes 1 e 2 são metas de difícil alcance para cursos d'água localizados em áreas intensamente urbanizadas e com usos intensos da indústria e agropecuária.

3.1.2 Sinos (G020)

Na bacia hidrográfica do rio dos Sinos foram considerados 11 pontos de monitoramento da RQA/RS com amostras coletadas no período de 2019 a 2021, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 - Informações e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Sinos.

Ponto	Estação	Latitude	Longitude	Curso d'água	Enquadramento*	ICE
7	87318500	-29,724840	-50,280362	Rio dos Sinos	Classe 2	BOM
8	87337000	-29,645395	-50,511377	Rio Rolante	Classe 2	BOM
9	87376800	-29,686162	-50,851019	Rio dos Sinos	Classe 3	BOM
10	87377800	-29,691876	-51,045001	Rio dos Sinos	Classe 3	BOM
11	87380015	-29,731218	-51,083702	Rio dos Sinos	Classe 3	RAZOÁVEL
12	87380030	-29,739215	-51,125452	Rio dos Sinos	Classe 3	RAZOÁVEL
13	87381800	-29,760357	-51,135565	Rio dos Sinos	Classe 3	RAZOÁVEL
14	87382010	-29,764321	-51,177207	Rio dos Sinos	Classe 3	RAZOÁVEL
15	87382020	-29,776609	-51,194699	Rio dos Sinos	Classe 3	RAZOÁVEL
16	87382025	-29,798527	-51,190493	Rio dos Sinos	Classe 3	RAZOÁVEL
17	87385040	-29,877142	-51,243305	Rio dos Sinos	Classe 3	BOM

*Previsto na Resolução CRH nº 149/2014 (Conselho de Recursos Hídricos, 2014).

Fonte: elaborado pelos autores.

Os pontos 7 e 8 estão enquadrados em Classe 2, e destacam-se pelo índice 'bom', o que é condizente com a localização junto às nascentes da bacia hidrográfica. No ponto 7 apenas o parâmetro cádmio apresentou desconformidade, e no ponto 8 os parâmetros cádmio, *E.coli* e ferro excederam as diretrizes. Os pontos 9, 10 e 17, também ficaram com ICE 'bom', ressaltando-se que esse resultado só foi possível porque nesses segmentos o enquadramento foi previsto para Classe 3.

Os demais pontos estão situados no curso médio baixo do rio dos Sinos, já recebendo um aporte maior de carga poluidora oriunda de diversas fontes pontuais e difusas, principalmente da indústria e da

alta concentrao urbana. Estes apresentam ICE 'razoável', demonstrando que a qualidade da água algumas vezes se afasta dos padrões estabelecidos pelo enquadramento em Classe 3. Nesses pontos, as concentraes totais medidas de *E. coli*, fósforo e OD apresentaram maior percentual de inconformidade.

3.1.3 Ca (G030)

Na bacia hidrográfica do rio Ca foram considerados seis pontos de monitoramento da RQA/RS com amostras coletadas no período de 2016 a 2022, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 - Informaes e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Caí.

Ponto	Estaco	Latitude	Longitude	Curso d'gua	Enquadramento	ICE
18	87048000	-29,363414	-50,521802	Rio Santa Cruz	Classe 1	RAZOÁVEL
19	87109800	-29,275262	-50,739340	Rio Ca	Classe 1	RAZOÁVEL
20	87160100	-29,327473	-51,181303	Arroio Pinhal	Classe 2	RAZOÁVEL
21	87168600	-29,505712	-51,360595	Rio Ca	Classe 2	MARGINAL
22	87255500	-29,630579	-51,379011	Rio Ca	Classe 2	MARGINAL
23	87294000	-29,837360	-51,365681	Rio Ca	Classe 2	RAZOÁVEL

Fonte: elaborado pelos autores. Previsto na Resoluo CRH n 50/2008 (Conselho de Recursos Hídricos, 2008a) e Resoluo CRH n 53/2009 (Conselho de Recursos Hídricos, 2009a).

Os pontos 18 e 19 localizam-se junto às nascentes da bacia e estão enquadrados em Classe 1, e apresentaram ICE 'razoável', indicando que a qualidade da água algumas vezes se afasta dos padrões estabelecidos pelo enquadramento. A qualidade da água ficou comprometida nesses pontos em funo dos parâmetros cádmio e *E.coli*. Nos demais pontos enquadrados em Classe 2, as concentraes totais de cádmio, *E. coli*, ferro, fósforo e manganês apresentaram maior percentual de inconformidade, resultando em ICE 'razoável' e 'marginal'.

3.1.4 Taquari-Antas (G040)

Na bacia hidrográfica do Taquari-Antas foram considerados 20 pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2015 a 2022, conforme apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 - Informaes e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Taquari-Antas.

Ponto	Estaco	Latitude	Longitude	Curso d'gua	Enquadramento*	ICE
24	86020000	-28,784002	-49,982403	Rio das Antas	Classe 1	RAZOÁVEL
25	86095000	-28,799215	-50,429891	Rio das Antas	Classe 1	RAZOÁVEL
26	86304000	-29,013004	-51,367304	Rio das Antas	Classe 2	BOM
27	86329000	-29,058006	-51,396401	Rio das Antas	Classe 2	RAZOÁVEL
28	86447200	-28,971412	-51,456265	Rio da Prata	Classe 1	MARGINAL
29	86470950	-29,088699	-51,638250	Rio das Antas	Classe 2	RAZOÁVEL
30	86487000	-28,700540	-51,850010	Rio Carreiro	Classe 2	RAZOÁVEL
31	86497300	-28,829366	-51,864942	Arroio Taquara	Classe 2	RAZOÁVEL
32	86503800	-28,755647	-51,672581	Arroio Não Sabia	Classe 1	MARGINAL
33	86555800	-28,911039	-51,953005	Rio Guaporé	Classe 2	RAZOÁVEL
34	86697000	-29,188453	-51,921523	Arroio Jacaré	Classe 2	RAZOÁVEL
35	86718000	-29,226905	-51,852304	Rio Taquari	Classe 2	RAZOÁVEL
36	86746000	-29,323682	-52,090585	Rio Forqueta	Classe 2	MARGINAL
37	86747000	-29,405866	-52,055255	Rio Forquetinha	Classe 2	MARGINAL
38	86788000	-29,385933	-51,873106	Rio Taquari	Classe 2	RAZOÁVEL
39	86790000	-29,407602	-51,940349	Rio Taquari	Classe 2	RAZOÁVEL
40	86879000	-29,469747	-51,957717	Rio Taquari	Classe 2	RAZOÁVEL
41	86880600	-29,592292	-52,189095	Arroio Castelhana	Classe 2	RUIM
42	86894500	-29,685200	-51,970000	Rio Taquari	Classe 2	RAZOÁVEL
43	86996000	-29,929707	-51,731209	Rio Taquari	Classe 2	MARGINAL
44	86472500	-29,087983	-51,714439	Rio Taquari	Classe 1	MARGINAL
45	86502700	-28,996139	-51,754282	Rio Carreiro	Classe 1	MARGINAL
46	86509000	-29,162799	-51,860761	Rio Taquari	Classe 1	MARGINAL

*Previsto na Resoluo CRH n 121/2012 (Conselho de Recursos Hídricos, 2012d).

Fonte: elaborado pelos autores.

Os pontos 24 e 25 localizam-se junto às nascentes da bacia e estão enquadrados em Classe 1, e apresentaram ICE 'razoável', indicando que a qualidade da água algumas vezes se afasta dos padrões estabelecidos pelo enquadramento. A qualidade da água ficou comprometida nesses pontos em funo dos parâmetros cádmio e ferro que excederam as diretrizes previstas para a classe de enquadramento.

Os pontos 28, 32, 44, 45 e 46, também com enquadramento previsto na Classe 1, tiveram ICE 'marginal', indicando que a frequência os parâmetros de qualidade da água não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento. Nesses pontos novamente os resultados apontaram que o cádmio e ferro excederam os limites previstos para a classe, e o ponto 32 também ficou comprometido pelo parâmetro *E. coli*.

O ponto 26, localizado junto ao rio das Antas, merece destaque pelo resultado 'bom' do ndice, ressaltando-se ainda que estão enquadrado em Classe 2.

Por sua vez, o ponto 41, localizado no arroio Castelhana, apresentou ndice 'ruim' visto que os parâmetros cádmio, fósforo, *E. coli* e ferro excederam as diretrizes previstas para a classe de enquadramento. Os demais pontos enquadrados em Classe 2 ficaram com o ndice 'razoável' ou 'marginal'. No Plano de Bacia da Bacia Taquri Antas, este corpo hídrico  classificado como compatível com a classe 3 do CONAMA (Brasil, 2005), com apontamentos para os parâmetros que comprometem a qualidade da água: fósforo total, DBO, cobre total e coliformes termotolerantes (Rio Grande do Sul, 2012a).

3.1.5 Alto Jacuí (G50)

No Alto Jacuí foram considerados seis pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2015 a 2022, conforme mostra o Quadro 7.

Quadro 7 - Informaces e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Alto Jacuí.

Ponto	Estaco	Latitude	Longitude	Curso d'gua	Enquadramento*	ICE
47	85001500	-28,564525	-52,547987	Rio Jacuí Mirim	Classe 2	RAZOÁVEL
48	85068000	-28,485209	-52,68516	Rio da Gloria	Classe 2	RAZOÁVEL
49	85080010	-28,720657	-52,850127	Rio Jacuí	Classe 1	RAZOÁVEL
50	85140010	-28,749738	-52,988414	Rio Jacuí	Classe 1	RAZOÁVEL
51	85161020	-28,644236	-53,037403	Arroio Grande	Classe 2	RAZOÁVEL
52	85379990	-29,214028	-53,104893	Rio Jacuizinho	Classe 2	BOM

*Previsto na Resoluo CRH n 122/2012 (Conselho de Recursos Hídricos, 2012e).

Fonte: elaborado pelos autores.

O ponto 52, localizado junto ao rio Jacuizinho, enquadrado em Classe 2, merece destaque pelo ICE 'bom', o que significa que a qualidade da água  protegida apenas com um grau menor de ameaça ou prejuzo, e as condies raramente se afastam dos níveis naturais ou desejáveis.

Os pontos 49 e 50, enquadrados em Classe 1 pela Resoluo CRH n 122/2012 (Conselho de Recursos Hídricos, 2012e), alcançaram ICE 'razoável', em funo dos parâmetros cádmio, *E. coli* e ferro que excederam as diretrizes previstas para a classe de enquadramento. Os demais pontos enquadrados em Classe 2 também ficaram com ndice 'razoável', comprometidos pelos parâmetros cádmio e ferro.

3.1.6 Vacacaí Vacacaí-Mirim (G060)

Nessa bacia hidrográfica foram considerados sete pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2018 a 2022, conforme apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 - Informaces e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Vacacaí Vacacaí-Mirim.

Ponto	Estaco	Latitude	Longitude	Curso d'gua	Enquadramento*	ICE
53	85436200	-29,811694	-53,772542	Arroio Arenal	Classe 2	MARGINAL
54	85436300	-29,801217	-53,369022	Rio Vacacaí-Mirim	Classe 2	MARGINAL
55	85438500	-29,873692	-53,263042	Rio Vacacaí-Mirim	Classe 2	MARGINAL
56	85442000	-29,924296	-53,419010	Rio Vacacaí	Classe 2	MARGINAL
57	85466000	-30,360092	-54,312873	Rio Vacacaí	Classe 2	MARGINAL
58	85570000	-29,937422	-53,711913	Rio Vacacaí	Classe 2	MARGINAL
59	85630600	-30,043982	-53,462527	Rio São Sep	Classe 2	MARGINAL

*Previsto na Resoluo CONAMA N 357/2005 (Brasil, 2005) e Resoluo CNRH n 91/2008 (Brasil, 2008).

Fonte: elaborado pelos autores.

Os cursos hídricos da bacia hidrográfica do Vacacaí Vacacaí-Mirim tem enquadramento previsto na Classe 2 segundo as Resoluoes CONAMA N 357/2005 e CNRH n 91/2008, visto que ainda não possui enquadramento próprio aprovado. Em 2023, o Plano de Bacia possui diagnóstico (fase A) e prognóstico (cenários futuros) aprovados pelo Comit de Bacia (Rio Grande do Sul, 2021, 2022). Todos os pontos monitorados alcançaram o mesmo ndice 'marginal', mostrando que a frequência os parâmetros de qualidade da água não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento. Os parâmetros cádmio, *E. coli*, ferro, fósforo, manganês e OD excederam as diretrizes previstas para a classe de enquadramento. Durante a modelagem do Plano de Bacia, os resultados apontam que o parâmetro DBO  predominante em classe 1 e de fato não excede as diretrizes do enquadramento. Por outro lado, enquanto que o *E. coli*  um parâmetro bastante problemático na BH, o que certamente afeta o enquadramento em classe 2.

3.1.7 Baixo Jacuí (G070)

Foram considerados nove pontos de monitoramento na bacia hidrográfica do Baixo Jacuí, com amostras coletadas no período de 2015 a 2022 e inseridas no RS gua, conforme apresentado no Quadro 9.

Quadro 9 - Informaoes e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Baixo Jacuí.

Ponto	Estaco	Latitude	Longitude	Curso d'gua	Enquadramento*	ICE
60	85400010	-29,628600	-53,353400	Rio Jacuí	Classe 1	BOM
61	85427100	-29,707624	-53,285513	Rio Jacuí	Classe 1	RAZOÁVEL
62	85642010	-30,010000	-53,016000	Rio Jacuí	Classe 1	RAZOÁVEL
63	85651020	-29,973431	-52,842136	Rio Botucara	Classe 2	RAZOÁVEL
64	85658000	-29,939000	-52,319000	Rio Jacuí	Classe 2	RAZOÁVEL
65	85662000	-30,092872	-52,732950	Arroio Pequiri	Classe 2 ¹	MARGINAL
66	85930000	-29,954308	-51,763916	Rio Jacuí	Classe 1	RAZOÁVEL
67	87390060	-30,129667	-51,731936	Arroio dos Ratos	Classe 1	RAZOÁVEL
68	87510060	-30,379619	-51,728983	Arroio Ibacuru	Classe 2 ¹	MARGINAL

*Previsto na Resoluo CRH n 172/2015 (Conselho de Recursos Hídricos, 2015). ¹Previsto na Resoluo CONAMA N 357/2005 (Brasil, 2005) e Resoluo CNRH n 91/2008 (Brasil, 2008).

Fonte: elaborado pelos autores.

O ponto 60 localiza-se no rio Jacuí próximo  confluência com o rio Soturno, e destaca-se pelo ndice 'bom' dentro da exigência do enquadramento em Classe 1, o que significa que a qualidade da água está protegida com virtual ausência de ameaça ou prejuízo, apresentando condioes muito próximas aos níveis naturais. Esse trecho, assim como o rio Maquiné, na bacia do Tramandaí, são os únicos que apresentaram ndice 'bom' para a Classe 1, os melhores resultados para os pontos analisados nesse estudo.

O ponto 65, localizado junto ao rio Pequiri, e o ponto 68, junto ao arroio Ibacuru, não possuem enquadramento proposto pelo plano de bacia, sendo enquadrados em Classe 2. Esses dois pontos ficaram com ICE 'marginal', o que significa que a qualidade da água  frequentemente ameaçada ou prejudicada; as condioes muitas vezes se afastam dos níveis naturais ou desejáveis. Os parâmetros que excederam as diretrizes propostas para a classe 2 foram Cádmio, *E. coli*, ferro e fósforo. Os demais pontos, enquadrados em Classe 1 e 2 ficaram com ICE 'razoável', o que significa que a qualidade da água algumas vezes se afasta dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.

3.1.8 Lago Guaíba (G080)

Na bacia hidrográfica do Lago Guaíba foram considerados cinco pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2016 a 2022, conforme apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 - Informaoes e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Lago Guaíba.

Ponto	Estaco	Latitude	Longitude	Curso d'gua	Enquadramento*	ICE
69	87420100	-30,297809	-51,309906	Arroio Ribeiro	Classe 2	MARGINAL
70	87420300	-30,353471	-51,547331	Arroio Ribeiro Pequeno	Classe 2	MARGINAL
71	87442000	-30,010130	-51,215143	Lago Guaíba	Classe 3	BOM
72	87446000	-30,012706	-51,262883	Arroio da Pintada	Classe 2	RAZOÁVEL
73	87510070	-30,192175	-51,475649	Arroio Petim	Classe 2	RAZOÁVEL

*Previsto pela Resoluo CRH n 50/2008 (Conselho de Recursos Hídricos, 2008a) e Resoluo CRH n 207/2016 (Conselho de Recursos Hídricos, 2016c).

Fonte: elaborado pelos autores.

O ponto 71, enquadrado em Classe 3, é o único que possui ICE 'bom', o que significa que a qualidade da água é protegida apenas com um grau menor de ameaça ou prejuízo, e as condições raramente se afastam dos níveis desejáveis. Nessas condições, nenhum parâmetro nesse ponto excedeu as diretrizes fixadas para a Classe 3. Os demais pontos, enquadrados em Classe 2, ficaram com índice 'razoável' ou 'marginal', Os parâmetros que excederam as diretrizes propostas para a classe foram cádmio, *E. coli*, ferro e fósforo.

3.1.9 Pardo (G090)

Na bacia hidrográfica do Pardo foram considerados seis pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2015 a 2022, conforme apresentado no Quadro 11.

Quadro 11 - Informações e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Pardo.

Ponto	Estação	Latitude	Longitude	Curso d'água	Enquadramento*	ICE
74	85401000	-29,7027190	-52,6033500	Arroio Francisco Alves	Classe 2	RUIM
75	85730900	-29,5432360	-52,8162340	Rio Pardo	Classe 2	MARGINAL
76	85739810	-29,6731450	-52,7698900	Rio Pardo	Classe 2	MARGINAL
77	85779010	-29,7779060	-52,5757810	Rio Pardo	Classe 2	RAZOÁVEL
78	85781100	-29,8282970	-52,5512640	Rio Pardo	Classe 2	MARGINAL
79	85881000	-29,9773800	-52,3831700	Rio Pardo	Classe 2	MARGINAL

*Previsto na Resolução CRH nº 50/2008 (Conselho de Recursos Hídricos, 2008a).

Fonte: elaborado pelos autores.

Todos os pontos observados estão enquadrados em Classe 2 pela Resolução CRH nº 50/2008 (Conselho de Recursos Hídricos, 2008a), mas observa-se comportamentos variáveis de montante para jusante. Os pontos 75 e 76, localizado no trecho a montante no rio Pardo, ficaram com índice 'marginal', assim como os pontos 78 e 79 a jusante. O ponto 77 entre os dois trechos anteriores apresenta um ICE 'razoável'.

No ponto 74, identificado quase na confluência do arroio Francisco Alves (também conhecido com arroio Plumbs) com o rio Pardo, o índice decaiu para 'ruim', em virtude dos parâmetros cádmio, cobre, ferro, fósforo, manganês, OD e turbidez que excederam as diretrizes previstas para a classe de enquadramento. Este curso hídricos já tinha incompatibilidade entre qualidade e usos registrada no Plano de Recursos Hídricos da BH (Rio Grande do Sul, 2005).

3.1.10 Tramandaí (L010)

Na bacia hidrográfica do Tramandaí foram considerados onze pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2016 a 2022, conforme apresentado no Quadro 12.

Quadro 12 - Informações e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Tramandaí.

Ponto	Estação	Latitude	Longitude	Curso d'água	Enquadramento*	ICE
80	87311000	-29,375260	-49,794850	Lagoa Itapeva	Classe 2 ¹	RUIM
81	87311200	-29,529360	-49,982309	Rio Três Forquilhas	Classe 2	RAZOÁVEL
82	87317010	-29,656636	-50,048418	Lagoa dos Barros	Classe 1 ¹	MARGINAL
83	87317015	-29,684085	-50,061486	Lagoa dos Quadros	Classe 1 ¹	MARGINAL
84	87317035	-30,138185	-50,228732	Lagoa Fortaleza	Classe 1 ¹	RAZOÁVEL
85	87317040	-29,726772	-50,144336	Rio Maquiné	Classe 1	BOM
86	87317080	-29,815530	-50,136610	Lagoa Palmital	Classe 1 ¹	MARGINAL
87	87317600	-29,796233	-50,179435	Lagoa da Pinguela	Classe 1 ¹	MARGINAL
88	87420450	-30,538341	-50,419062	Lagoa dos Barros	Classe 1 ¹	RAZOÁVEL
89	87510030	-30,227280	-50,264840	Canal entre Lagoas Cerquinha e Rondinha	Classe 1	RAZOÁVEL
90	87510045	-30,312995	-50,291928	Lagoa Rincão das Éguas	Classe 1 ¹	MARGINAL

*Previsto na Resolução CRH nº 50/2008 (Conselho de Recursos Hídricos, 2008a) e Resolução CRH nº 54/2009 (Conselho de Recursos Hídricos, 2009b). ¹Ambiente lêntico, alteração do parâmetro Fósforo total.

Fonte: elaborado pelos autores.

Ressalta-se que alguns pontos analisados envolvem coletas em ambientes lnticos, o que altera os valores do fósforo para a Classe 1 (0,020 mg/L P) e Classe 2 (0,030 mg/L P), tornando os resultados mais exigentes quanto ao desempenho desse parâmetro.

Destaca-se que o ponto 80, situado junto  lagoa Itapeva e enquadrado em Classe 2, ficou com ICE 'ruim', indicando que os parâmetros de qualidade frequentemente não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento. Os parâmetros cádmio, ferro e fósforo excederam as diretrizes previstas para a classe de enquadramento.

O ponto 85, localizado junto ao rio Maquiné e enquadrado em Classe 1 apresentou ICE 'bom'. Esse trecho, assim como o ponto no rio Jacuí, na bacia do Baixo Jacuí, são os únicos que apresentaram ndice 'bom' para a Classe 1, os melhores resultados para os pontos analisados nesse estudo.

Os demais pontos, localizados em ambientes lnticos e lnticos e enquadrados em Classe 1 tiveram índices 'marginal' ou 'razoável', em consequência do desempenho dos parâmetros cádmio, ferro, fósforo e turbidez que excederam as diretrizes.

3.1.11 Litoral Médio (L020)

Na bacia hidrográfica do Litoral Médio foram considerados cinco pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2016 a 2022, conforme apresentado no Quadro 13.

Quadro 13 - Informaces e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Litoral Médio.

Ponto	Estaco	Latitude	Longitude	Curso d'gua	Enquadramento*	ICE
91	87420130	-30,794990	-50,604288	Lagoa da Figueira	Classe 2 ¹	BOM
92	87420150	-30,952390	-50,711107	Lagoa São Simão	Classe 2 ¹	BOM
93	87420350	-31,260818	-50,968189	Lagoa do Peixe	Classe 2 ¹	MARGINAL
94	87420500	-31,335290	-51,060180	Lagoa do Peixe	Classe 2 ¹	RUIM
95	87510010	-30,143995	-50,548839	Rio Capivari	Classe 2	MARGINAL

*Previsto na Resoluo CONAMA N 357/2005 (Brasil, 2005) e Resoluo CNRH n 91/2008 (Brasil, 2008). ¹ Ambiente lntico, alteraco do parâmetro Fósforo total.

Fonte: elaborado pelos autores.

Ressalta-se que a maior parte dos pontos analisados envolvem coletas em ambientes lnticos, o que altera os valores do fósforo para a Classe 1 (0,020 mg/L P) e Classe 2 (0,030 mg/L P), tornando os resultados mais exigentes quanto ao desempenho desse parâmetro.

Os principais cursos d'água da bacia hidrográfica do Litoral Médio têm enquadramento previsto na Classe 2 segundo as Resolues CONAMA N 357/2005 e CNRH n 91/2008, visto que ainda não possui enquadramento próprio aprovado por plano de bacia. A maior parte dos pontos analisados está inserida em ambiente lntico, e destaca-se o ICE 'bom' nos pontos da Lagoa da Figueira e lagoa São Simão.

Na lagoa do Peixe foram observados dois pontos de coleta, sendo que o ponto 93 apresentou ndice 'marginal' e o ponto 94 ndice 'ruim', consequência dos resultados abaixo da diretriz para cádmio, cloreto, ferro e fósforo. No ponto 95, localizado no rio Capivari, os parâmetros ferro, fósforo, cádmio, *E. coli*, OD e turbidez excederam as diretrizes previstas para a Classe 2.

3.1.12 Camaquã (L030)

Na bacia hidrográfica do Camaquã foram contabilizados oito pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2019 a 2021, conforme apresentado no Quadro 14.

Quadro 14 - Informaces e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Camaquã.

Ponto	Estaco	Latitude	Longitude	Curso d'gua	Enquadramento*	ICE
96	87510100	-30,910145	-51,496061	Arroio Velhaco	Classe 1	RAZOÁVEL
97	87585000	-30,862214	-53,616371	Rio Camaquã	Classe 1	MARGINAL
98	87586000	-30,798173	-53,714216	Arroio das Lavras	Classe 2	RAZOÁVEL
99	87599000	-30,964198	-53,417344	Arroio João Dias	Classe 1	RAZOÁVEL
100	87660000	-30,974111	-53,046935	Rio Camaquã	Classe 2	RAZOÁVEL
101	87868000	-30,865429	-52,110226	Arroio Sutil	Classe 2	RAZOÁVEL
102	87904000	-31,010390	-52,052571	Rio Camaquã	Classe 2	MARGINAL
103	87929000	-31,410983	-52,168297	Arroio Grande	Classe 2	RAZOÁVEL

*Previsto na Resoluo CRH n 206/2016 (Conselho de Recursos Hídricos, 2016b).

Fonte: elaborado pelos autores.

A bacia do Camaquã apresenta cursos d'água enquadrados em Classe 1, como arroio Velhaco, trechos do rio Camaquã e arroio João Dias. Os pontos observados nesses trechos ficaram com índice 'marginal' (ponto 97) ou 'razoável' (pontos 96 e 99), em função dos parâmetros cádmio, *E. coli*, ferro e fósforo.

Os pontos localizados em trechos enquadrados em classe 2 ficaram com ICE 'ruim', exceto o ponto 102 no rio Camaquã, próximo à confluência com o arroio Evaristo, que apresentou índice 'marginal', influenciado pelos parâmetros cádmio, ferro e fósforo que excederam as diretrizes previstas para o enquadramento.

3.1.13 Mirim- São Gonçalo (L040)

Na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim - Canal São Gonçalo foram contabilizados 23 pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2019 a 2021, conforme apresentado no Quadro 15.

Quadro 15 - Informações e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Mirim - São Gonçalo.

Ponto	Estação	Latitude	Longitude	Curso d'água	Enquadramento*	ICE
104	87970000	-31,913930	-52,150720	Lagoa dos Patos	Classe 2 ¹	MARGINAL
105	87991000	-32,059121	-52,088152	Canal de Rio Grande	Classe 2	MARGINAL
106	87992000	-32,033110	-52,199978	Lagoa dos Patos	Classe 2 ¹	MARGINAL
107	87993000	-32,113446	-52,158079	Arroio Bolacha	Classe 2	MARGINAL
108	88027000	-33,747288	-53,382568	Arroio Chuí	Classe 2	RAZOÁVEL
109	88045000	-33,499316	-53,432618	Lagoa Mirim	Classe 2 ¹	MARGINAL
110	88070000	-33,111573	-53,029415	Arroio Del Rei	Classe 2	MARGINAL
111	88150800	-32,937473	-52,693726	Lagoa Mangueira	Classe 2 ¹	MARGINAL
112	88175600	-31,477002	-53,678373	Arroio Candiota	Classe 2	RAZOÁVEL
113	88184000	-31,965400	-53,914300	Rio Jaguarão	Classe 2	MARGINAL
114	88185500	-31,875312	-54,054511	Arroio Jaguarão-Chico	Classe 2	MARGINAL
115	88261000	-32,461364	-53,452454	Arroio Telho	Classe 2	RAZOÁVEL
116	88300500	-32,571430	-53,367070	Rio Jaguarão	Classe 2	MARGINAL
117	88316000	-32,640221	-53,149368	Lagoa Mirim	Classe 2 ¹	RAZOÁVEL
118	88365000	-32,334410	-52,823410	Lagoa Mirim	Classe 2 ¹	RAZOÁVEL
119	88370100	-32,239355	-53,090063	Arroio Grande	Classe 2	MARGINAL
120	88399000	-32,330910	-52,926090	Arroio Grande	Classe 2	MARGINAL
121	88549000	-31,715800	-52,900400	Rio Piratini	Classe 2	RAZOÁVEL
122	88643000	-31,860300	-52,816798	Rio Piratini	Classe 2	RAZOÁVEL
123	88644000	-31,900850	-52,662750	Rio Piratini	Classe 2	RAZOÁVEL
124	88690000	-31,810861	-52,387495	Canal de São Gonçalo	Classe 2	RAZOÁVEL
125	88710000	-32,120413	-52,599795	Canal de São Gonçalo	Classe 2	RAZOÁVEL
126	88840000	-31,755830	-52,285530	Arroio Pelotas	Classe 2	MARGINAL

*Previsto na Resolução CONAMA n° 357/2005 (Brasil, 2005) e Resolução CNRH n° 91/2008 (Brasil, 2008). ¹Ambiente lântico, alteração do parâmetro Fósforo total.

Fonte: elaborado pelos autores. Fonte: elaborado pelos autores.

Os principais cursos d'água da bacia hidrográfica Mirim - São Gonçalo têm enquadramento previsto na Classe 2 segundo as Resoluções CONAMA N° 357/2005 (Brasil, 2005) e CNRH n° 91/2008 (Brasil, 2008), visto que ainda não possui enquadramento próprio aprovado por plano de bacia. Os pontos observados ficaram com índice 'marginal' ou 'razoável', sendo que tanto para os ambientes lânticos quanto para lóticos, os parâmetros que excederam as diretrizes previstas para a classe foram cádmio, cloreto, *E. coli*, ferro e fósforo.

3.1.14 Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo (U030)

Na bacia hidrográfica dos rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo foram contabilizados dez pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2017 a 2022, conforme apresentado no Quadro 16.

Quadro 16 - Informações e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo.

Ponto	Estação	Latitude	Longitude	Curso d'água	Enquadramento*	ICE
127	74459000	-27,822129	-53,725586	Rio do Turvo	Classe 2	RAZOÁVEL
128	74505000	-27,445969	-54,084691	Lajeado Grande	Classe 2	MARGINAL
129	74611000	-27,522217	-54,233062	Rio Buricá	Classe 2	MARGINAL
130	74630000	-28,045997	-54,085717	Arroio Vira Carreta	Classe 2	RAZOÁVEL
131	74699000	-27,677162	-54,465503	Rio Santa Rosa	Classe 2	RAZOÁVEL
132	74751000	-27,840278	-54,555833	Rio Santo Cristo	Classe 2	RAZOÁVEL
133	74779000	-27,815214	-54,917423	Rio Amandaú	Classe 2	MARGINAL
134	74860000	-28,139538	-54,560375	Rio Comandaí	Classe 2	MARGINAL
135	74899000	-28,001250	-54,864521	Rio Comandaí	Classe 2	RUIM
136	74910000	-27,879669	-55,052095	Rio Comandaí	Classe 2	MARGINAL

*Previsto na Resolução CRH nº 115/2012 (Conselho de Recursos Hídricos, 2012c).

Fonte: elaborado pelos autores.

Os principais cursos d'água dessa bacia tem enquadramento previsto na Classe 2 segundo a Resolução CRH nº 115/2012, e os pontos observados ficaram com ICE 'razoável' ou 'marginal'.

O ponto 135, localizado no trecho médio do rio Comandaí ficou com índice 'ruim', comprometido pelos parâmetros cádmio, cobre, *E. coli*, ferro, fósforo e manganês excederam as diretrizes maior número de vezes. O Rio Comandaí e Amandaú apresenta problemas para os parâmetros coliformes fecais e fósforo (Rio Grande do Sul, 2012b).

3.1.15 Ibicuí (U050)

Na bacia hidrográfica do Ibicuí foram considerados 14 pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2017 a 2022, conforme disposto no Quadro 17.

Quadro 17 - Informações e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Ibicuí.

Ponto	Estação	Latitude	Longitude	Curso d'água	Enquadramento*	ICE
137	76110000	-29,665761	-54,472355	Rio Toropi	Classe 2	BOM
138	76111000	-29,836628	-54,798273	Rio Ibicuí	Classe 1	RAZOÁVEL
139	76111100	-29,683803	-55,192123	Rio Ibicuí	Classe 1	RAZOÁVEL
140	76149000	-29,198577	-55,477888	Rio Itu	Classe 1	RAZOÁVEL
141	76150000	-29,467795	-56,475320	Arroio Ibirocai	Classe 1	RAZOÁVEL
142	76431990	-29,495672	-54,674627	Rio Jaguari	Classe 1	RAZOÁVEL
143	76560010	-29,597000	-55,479000	Rio Ibicuí	Classe 1	RAZOÁVEL
144	76700001	-29,973554	-55,748067	Rio Ibirapuitã	Classe 1	RAZOÁVEL
145	76748970	-29,819299	-55,770813	Arroio Caverá	Classe 1	RAZOÁVEL
146	76748980	-29,803500	-55,782000	Rio Ibirapuitã	Classe 2	RAZOÁVEL
147	76750100	-29,771789	-55,793312	Rio Ibirapuitã	Classe 2	RAZOÁVEL
148	76800005	-29,310000	-56,053000	Rio Ibicuí	Classe 1	RAZOÁVEL
149	76980005	-29,404043	-56,681080	Rio Ibicuí	Classe 1	RAZOÁVEL
150	77149990	-29,775800	-57,138500	Rio Uruguai	Classe 2	RAZOÁVEL

*Previsto na Resolução CRH nº 107/2012 ((Conselho de Recursos Hídricos, 2012a).

Fonte: elaborado pelos autores.

Os principais cursos d'água dessa bacia tem enquadramento previsto nas Classes 1 e 2 segundo a Resolução CRH nº 115/2012 (Conselho de Recursos Hídricos, 2012c), com a maioria dos pontos analisados inseridos no índice 'razoável' do ICE, indicando que a qualidade da água é geralmente protegida, mas ocasionalmente ameaçada ou prejudicada, e as condições às vezes se afastam dos níveis naturais ou desejáveis. Destaca-se o índice 'bom' para a Classe 2 no ponto localizado junto ao rio Toropi (ponto 137), próximo à confluência com o rio Ibicuí-Mirim, onde apenas os parâmetros cádmio e ferro excederam as diretrizes em menor número de vezes.

3.1.16 Quarai (U060)

Na bacia hidrográfica do Quarai foram considerados cinco pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2017 a 2022, apresentado no Quadro 18.

Quadro 18 - Informações e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Quarai.

Ponto	Estação	Latitude	Longitude	Curso d'água	Enquadramento*	ICE
151	77470000	-30,631579	-56,180642	Rio Sarandi IV	Classe 2	MARGINAL
152	77495000	-30,451919	-56,302664	Arroio Areal	Classe 2	MARGINAL
153	77499000	-30,392181	-56,455336	Rio Quarai	Classe 2	MARGINAL
154	77519800	-30,120652	-56,422277	Arroio Garupa	Classe 2	RAZOÁVEL
155	77591000	-30,210723	-57,558069	Rio Quarai	Classe 2	MARGINAL

*Previsto nas Resoluções CONAMA N° 357/2005 (Brasil, 2005) e CNRH n° 91/2008 (Brasil, 2008).

Fonte: elaborado pelos autores.

Os cursos d'água observados na bacia hidrográfica do Quarai têm enquadramento previsto na Classe 2 segundo as Resoluções CONAMA N° 357/2005 e CNRH n° 91/2008, visto que ainda não possui enquadramento próprio aprovado por plano de bacia. A maioria dos pontos observados apresentou num índice 'marginal', influenciados pelos valores dos parâmetros cádmio, DBO, *E. coli*, ferro, fósforo, manganês e OD, que excederam as diretrizes previstas no enquadramento. O ponto 154, localizado no arroio Garupa resultou um índice 'razoável', apresentando relativa melhora dos parâmetros em relação aos demais pontos no entorno.

3.1.17 Santa Maria (U070)

Na bacia hidrográfica do Santa Maria foram considerados nove pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2017 a 2022, conforme apresentado no Quadro 19.

Quadro 19 - Informações e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Santa Maria.

Ponto	Estação	Latitude	Longitude	Curso d'água	Enquadramento*	ICE
156	76250500	-30,974333	-54,688173	Rio Santa Maria	Classe 2	MARGINAL
157	76257000	-30,973193	-54,439729	Arroio Taquarembozinho	Classe 2	MARGINAL
158	76285000	-30,792076	-55,20924	Rio Ibicuí da Faxina	Classe 2	MARGINAL
159	76289000	-30,508336	-55,052708	Rio Ibicuí da Armada	Classe 2	MARGINAL
160	76299200	-30,446964	-55,053457	Arroio Vacaquá	Classe 2	MARGINAL
161	76305000	-30,262863	-54,883443	Rio Santa Maria	Classe 2	MARGINAL
162	76371000	-30,107282	-54,63539	Rio Cacequi	Classe 2	MARGINAL
163	76379000	-29,94314	-54,932146	Rio Santa Maria	Classe 2	MARGINAL
164	76410000	-30,129086	-55,246945	Arroio Saicã	Classe 1	RUIM

*Previsto na Resolução CRH n° 15/2005 (Conselho de Recursos Hídricos, 2005) e Resolução CRH n° 190/2016 (Conselho de Recursos Hídricos, 2016a).

Fonte: elaborado pelos autores.

Os principais cursos d'água da bacia hidrográfica do Santa Maria tiveram enquadramento previsto na Resolução CRH n° 15/2005 (Conselho de Recursos Hídricos, 2005) e Resolução CRH n° 190/2016 (Conselho de Recursos Hídricos, 2016a), sendo a maioria na Classe 2, com índice considerado 'marginal', em decorrência dos valores dos parâmetros cádmio, *E. coli*, ferro, fósforo, manganês e OD, que excederam as diretrizes previstas para a classe de enquadramento.

O ponto 164 observado junto à cabeceira do arroio Saicã ficou com ICE 'ruim', considerando-se que o enquadramento para esse curso d'água está previsto na Classe 1. Cádmio, *E. coli*, ferro e OD foram os parâmetros que comprometeram o alcance da classe.

3.1.18 Negro (U080)

Na bacia hidrográfica do rio Negro foram considerados três pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2018 a 2022, conforme apresentados no Quadro 20.

Quadro 20 - Informações e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Negro.

Ponto	Estação	Latitude	Longitude	Curso d'água	Enquadramento*	ICE
165	79100000	-31,376111	-54,097852	Arroio Baje	Classe 2	MARGINAL
166	79210000	-31,476271	-54,138761	Rio Negro	Classe 2	MARGINAL
167	79430000	-31,256569	-54,328217	Arroio Pirai	Classe 2	RAZOÁVEL

*Previsto nas Resoluções CONAMA N° 357/2005 (Brasil, 2005) e CNRH n° 91/2008 (Brasil, 2008).

Fonte: elaborado pelos autores.

Os principais cursos d'água da bacia hidrográfica do Negro têm enquadramento previsto na Classe 2 segundo as Resoluções CONAMA N° 357/2005 e CNRH n° 91/2008, visto que ainda não possui enquadramento próprio aprovado por plano de bacia. Dois pontos observados, um afluente do rio Negro (arroio Bajé) e o próprio rio Negro, apresentaram ICE 'marginal'. Apenas o ponto no arroio Pirai apresentou leve melhoria com o índice 'razoável'. Os parâmetros cádmio, DBO, *E. coli*, ferro, fósforo, manganês e OD, excederam as diretrizes previstas para a classe de enquadramento.

3.1.19 Várzea (U100)

Na bacia hidrográfica do rio da Várzea foram considerados cinco pontos de monitoramento, com amostras coletadas no período de 2017 a 2022, conforme os com os resultados apresentados no Quadro 21.

Quadro 21 - Informações e resultados do ICE na bacia hidrográfica do Várzea.

Ponto	Estação	Latitude	Longitude	Curso d'água	Enquadramento*	ICE
168	74120500	-28,245984	-52,800893	Rio da Várzea	Classe 2	RAZOÁVEL
169	74206000	-28,035583	-53,057610	Rio da Várzea	Classe 2	MARGINAL
170	74209000	-27,799381	-53,056354	Rio da Várzea	Classe 2	MARGINAL
171	74260000	-27,275849	-53,301682	Rio da Várzea	Classe 2	MARGINAL
172	74280000	-27,223639	-53,325678	Rio da Várzea	Classe 2	MARGINAL

*Previsto nas Resoluções CONAMA N° 357/2005(Brasil, 2005) e CNRH n° 91/2008 (Brasil, 2008).

Fonte: elaborado pelos autores.

Os principais cursos d'água da bacia hidrográfica do rio da Várzea têm enquadramento previsto na Classe 2 segundo as Resoluções CONAMA N° 357/2005 (Brasil, 2005) e CNRH n° 91/2008 (Brasil, 2008), visto que ainda não possui enquadramento próprio aprovado por plano de bacia. Os cinco pontos observados estão localizados junto ao rio da Várzea, os quatro a jusante apresentaram ICE 'marginal', enquanto o ponto mais a montante teve leve melhoria com o índice 'razoável'. Apenas os parâmetros cádmio e ferro excederam as diretrizes previstas para a classe de enquadramento.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do Índice de Conformidade ao Enquadramento mostrou-se uma ferramenta possível de ser utilizada, com resultados facilmente comunicáveis em relação ao atingimento das metas estabelecidas em 19 das 25 bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul. O índice oferece uma resposta de fácil compreensão para todos os públicos, pois apresenta uma média de diversos parâmetros retratados em um único número - sintetizado em cinco categorias - combinando unidades de medidas diferentes em uma única formulação. Essa simplificação também pode ter um viés negativo, uma vez que pode mascarar problemas pontuais de qualidade da água presentes na bacia, que podem ocorrer sazonalmente. Os dados da Rede de Monitoramento Básico da Qualidade da Água Superficial operada pela FEPAM mostraram-se suficientes para composição do cálculo do ICE, permitindo a realização de uma análise abrangente e adequada com os parâmetros vinculados à Resolução CONAMA N° 357/05.

O resultado final do ICE não apresenta de forma explícita resultados que possam ter ocorrido de forma pontal em uma data específica. Todavia, essa investigação pode ser realizada se cada trecho ou corpo hídrico for analisado individualmente, pois pode haver ocorrência em dias específicos de valores geralmente altos que podem ser investigados mais detalhadamente. Nesse sentido, o ICE não substitui uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica, mas cumpre de forma eficaz a avaliação integrada e holística, que possibilita analisar maior número de parâmetros do que o IQA, por exemplo.

De maneira geral, a avaliação integrada através do ICE foi confirmada pelos planos de recursos hídricos disponíveis nas bacias hidrográficas do Estado, o que evidencia que alguns cursos hídricos possuem problemas de qualidade de água permanente e de longa data. Portanto, tal realidade foi validada por série com períodos distintos.

A presença de cádmio e *Escherichia coli* foi constatada com frequência nas amostras, sendo os principais responsáveis pela inconformidade do resultado do ICE. Tal situação compromete seriamente a capacidade de atender aos requisitos para o enquadramento, afetando diversos pontos de amostragem. A detecção de teores elevados de cádmio, superando os limites de segurança estipulados pela legislação, implica riscos potenciais de toxicidade para os recursos hídricos. Isso, por sua vez, coloca em perigo a eficácia dos processos de tratamento da rede de abastecimento de água e do sistema de tratamento de esgoto, aumentando também a probabilidade de contaminação das águas subterrâneas. A presença recorrente de *Escherichia coli* nos resultados aponta para a descarga inadequada de esgoto doméstico sem o devido tratamento. Nesse contexto, é imperativo direcionar os investimentos futuros em saneamento para a redução da carga desses parâmetros específicos e de outros de maneira geral.

Portanto, é altamente recomendável que as ações de aprimoramento da infraestrutura de saneamento concentrem-se prioritariamente na mitigação desses fatores críticos. Somente através desses esforços direcionados será possível restaurar a qualidade desejada das águas e garantir a conformidade com as metas de enquadramento propostas pelos Comitês e Planos de Bacia e regimentadas pelas respectivas resoluções.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. (2020). *Enquadramento dos corpos d'água em classe. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019* (57 p.). Brasília: ANA.
- Amaro, C. A. (2009). *Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento* (Dissertação de mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo.
- Bortolin, T. A., Guerra, G. S., Peresin, D., Mendes, L. A., & Schneider, V. E. (2013, novembro). Avaliação do Índice de Conformidade ao Enquadramento em um trecho da bacia do Rio São Marcos. In *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Bento Gonçalves.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. (1997). *Lei n. 9.433: Política Nacional de Recursos Hídricos* (72 p.). Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos.
- Brasil. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. (2005). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Brasil. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. (2008). Resolução nº 91 de 5 de novembro de 2008. Dispõe sobre os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Cabral, L. S. L., & Mello, C. E. F. (2015). Avaliação do índice de conformidade ao enquadramento em um trecho do rio das Velhas. In *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Segurança hídrica e desenvolvimento sustentável: desafios do conhecimento e da gestão*. ABRH. Recuperado em 20 de maio de 2023, de Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/4/PAP021088.pdf>
- Canadian Council of Ministers of the Environment – CCME. (2001). *Water Quality Index: User's Manual*. In *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life*. Recuperado em 20 de março de 2023, de <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/138>
- Canadian Council of Ministers of the Environment – CCME. (2017). *Canadian Water quality guidelines for the protection of aquatic life. CCME Water Quality Index 2.0 User's Manual*. Winnipeg. Recuperado em 20 de março de 2023, de <https://ccme.ca/en/res/wqimanualen.pdf>
- Canadian Council of Ministers of the Environment – CCME. (2023). Recuperado em 20 de março de 2023, de <https://ccme.ca/en/resources#>
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. (2022). *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2021*. São Paulo: CETESB. Recuperado em 8 de agosto de 2023, de <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2022/11/RAI-2021-Relatorio-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo.pdf>

- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2005). Resolução Nº 15/2005. Aprova o Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do rio Santa Maria. Recuperado em 12 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/u070-bh-santa-maria>
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2008a). Resolução Nº 50/2008. Aprova o Enquadramento das águas das bacias hidrográficas dos rios Caí, Pardo, Tramandaí e do Lago Guaíba. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g080-bh-guaiba>
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH (2009a). Resolução CRH nº 53/2009. Aprova os prazos máximos para atingir a meta final e a meta intermediária do enquadramento das águas da bacia hidrográfica do Rio Caí. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g030-bh-cai>.
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2009c). Resolução Nº 58/2009. Aprova o Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do rio Gravataí. Junho de 2009. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g010-bh-gravatai>
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2012a). Resolução Nº 107/2012. Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/u050-bh-ibicui>
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2012b). Resolução Nº 113/2012. Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g010-bh-gravatai>
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2012c). Resolução Nº 115/2012. Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/u030-bh-turvo>
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2012d). Resolução Nº 121/2012. Aprova o Enquadramento das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g040-bh-taquari-antas>
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2012e). Resolução Nº 122/2012. Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g050-bh-alto-jacui>
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2014). Resolução Nº 149/2014. Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g020-bh-sinos>
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2015). Resolução Nº 172/2015. Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g070-bh-baixo-jacui>
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2016a). Resolução Nº 190/2016. Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/u070-bh-santa-maria>
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2016b). Resolução Nº 206/2016. Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/l030-bh-rio-camaqua>
- Conselho de Recursos Hídricos – CRH. (2016c). Resolução Nº 207/2016. Retifica e Complementa o Enquadramento e aprova as metas Metas Intermediárias para o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba. Recuperado em 10 de abril de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g080-bh-guaiba>
- Ferreira, N. C., Bonetti, C., & Seiffert, W. Q. (2011). Hydrological and Water Quality Indices as management tools in marine shrimp culture. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 318(3-4), 425-433. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.05.045>
- Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM. (2023). *Sistema de Divulgação dos Dados de Monitoramento da Qualidade da Água Superficial do RS*. Recuperado em 13 de junho de 2023, de <https://gis.fepam.rs.gov.br/RSAgua/>
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. (2015). *Relatório anual de gestão e situação dos recursos hídricos de Minas Gerais -2014*. Belo Horizonte.
- Machado, E. S., Knapik, H. G., & Bitencourt, C. C. A. (2019). Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 24(2), 261-269. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522019181252>

- Oliveira, I. S., Panta, L. M., Barbosa, I. M. B. R., & Silva, S. R. (2018). Índice de Conformidade ao Enquadramento nos Reservatórios Jucazinho, Bituri, Botafogo e Pirapama, em Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(4), 1575-1584. <http://dx.doi.org/10.26848/rbfg.v11.4.p1575-1584>
- Pham, H., Sthiannopkao, S., Dang, B., & Kim, K. (2010). Development of water quality indices to identify pollutants in Vietnam's Surface Water. *Journal of Environmental Engineering*, 137(4). [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000314](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000314)
- Pinto, C. C., Soares, A. L. C., Melo, L. D. V., & Oliveira, S. M. A. (2016). Análise dos valores do Índice de Conformidade ao Enquadramento no baixo rio das Velhas, situado na bacia hidrográfica do rio São Francisco. In *Anais do I Simpósio da bacia hidrográfica do rio São Francisco: Integrando conhecimentos científicos em defesa do Velho Chico*.
- Piveli, R. P. (2004). *Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. Aula 8: ferro, manganês e metais pesados em águas*. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - PHA, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Rio Grande do Sul. (2005). *Consolidação do conhecimento sobre os recursos hídricos da bacia do rio pardo e elaboração do programa de ações da sub-bacia do Rio Pardinho*. Recuperado em 13 de junho de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g090-bh-pardo>
- Rio Grande do Sul. (2012a). *Plano de Bacia Taquari-Antas: Relatório Síntese Etapa A – REA*. Recuperado em 13 de junho de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g040-bh-taquari-antas>
- Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul - SEMA. Departamento de Recursos Hídricos - DRH. (2012b, julho). *Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí. Relatório Final*. Porto Alegre.
- Rio Grande do Sul. (2021). Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul – SEMA-RS. *Fase A - Diagnóstico do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí - Vacacaí-Mirim*. Recuperado em 13 de junho de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g060-bh-vacacai>
- Rio Grande do Sul. (2022). *Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí Vacacaí-Mirim: Fase B – Prognóstico*. Recuperado em 13 de junho de 2023, de <https://www.sema.rs.gov.br/g060-bh-vacacai>
- Rio Grande do Sul. (2023). *Sistema RS Água. Versão 1.0*. FEPAM-DIS. Recuperado em 30 de janeiro de 2023, de <https://gis.fepam.rs.gov.br/RSAgua/#>
- Rosário, G. F. M., Salvador, N., & Barros, D. (2021). Variação da qualidade das águas em um rio na região Sudeste do Brasil no longo prazo (1978-2018) segundo os índices IQA e IVA. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 12, 475-486. <http://dx.doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0041>
- The Bay Institute. (2003, 17 de outubro). *Ecological Scorecard. San Francisco Bay Water Quality Index Indicator analysis and evaluation*. Recuperado em 23 de março de 2023, de https://bayecotarium.org/wp-content/uploads/scorecard_report.pdf
- Vaughan, M. R. (2018). *Marine Water Quality Annual Report 2016. Technical Report 2017/033*. Auckland Council Research and Evaluation Unit. RIMU. Recuperado em 20 de março de 2023, de <https://knowledgeauckland.org.nz/publications/marine-water-quality-annual-report-2016>
- von Sperling, M. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos* (Vol. 1, 3. ed.), DESA, Ed. UFMG.
- Woodward, K. P., Rajan, A., Barber, M. C., Sullivan, E., Richkus, J. A. S., Everett, K. H., & Whaley, M. G. (2020). Application of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index to assess and communicate monitoring data from coastal waters in Abu Dhabi, United Arab Emirates. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 23(2), 145-153. <https://doi.org/10.1080/14634988.2020.1798144>
- World Health Organization – WHO. (1993). *Guilte for drinking-water quality* (Vol. 1 - recommendations, 2nd ed., 188 p.). Geneva: WHO.

Contribuições dos autores

Sumirê da Silva Hinata: orientação e realização da pesquisa, coleta e análise de informações, elaboração da metodologia, produção do referencial teórico, organização do banco de dados de qualidade da água, escrita e revisão do artigo.

Aline Duarte Kaliski: realização da pesquisa, coleta e análise de informações, elaboração do Sistema de Informações Geográficas (SIG), organização do banco de dados de qualidade da água, e revisão do artigo.

Cláudia Bos Wolff: realização da pesquisa, coleta e análise de informações, desenvolvimento do referencial teórico, organização do banco de dados de qualidade da água, escrita e revisão do artigo.

Fernando Comerlato Scottá: análise de informações, revisão da metodologia, escrita e revisão do artigo.

Raíza Cristóvão Schuster: análise de informações, revisão da metodologia, escrita e revisão do artigo.

Walter Lorenzo Zilio Motta de Souza: análise de informações, revisão da metodologia, escrita e revisão do artigo.

Luciano Brasileiro Cardone: análise de informações, revisão da metodologia, escrita e revisão do artigo.