

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LEVANTAMENTO DAS METODOLOGIAS APLICADAS NA CLASSIFICAÇÃO DE
CORPOS DE ÁGUA SEGUNDO PADRÕES DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

BERNARDO V. ZACOUTEGUY

PORTO ALEGRE
DEZEMBRO DE 2018

BERNARDO ZACOUTEGUY

**LEVANTAMENTO DAS METODOLOGIAS APLICADAS NA CLASSIFICAÇÃO DE
QUALIDADE DA ÁGUA SEGUNDO PADRÕES DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005**

TRABALHO DE CONCLUSÃO APRESENTADO AO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO
SUL COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA A
OBTENÇÃO DE TÍTULO DE ENGENHEIRO
AMBIENTAL

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Fernandes Marques
Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando de Abreu Cybis

Porto Alegre
Dezembro de 2018

CIP - Catalogação na Publicação

Zacouteguy, Bernardo Visnievski
Levantamento das Metodologias Aplicadas na
Classificação de Corpos de Água Segundo Padrões da
Resolução CONAMA nº 357/2005 / Bernardo Visnievski
Zacouteguy. -- 2018.

55 f.

Orientador: Guilherme Fernandes Marques.

Coorientador: Luiz Fernando de Abreu Cybis.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia
Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Resolução CONAMA nº 357/2005. 2. Classificação
de corpos de água. 3. Plano de bacia hidrográfica. 4.
Enquadramento. I. Marques, Guilherme Fernandes,
orient. II. Cybis, Luiz Fernando de Abreu, coorient.
III. Título.

BERNARDO VISNIEVSKI ZACOUTEGUY

LEVANTAMENTO DAS METODOLOGIAS APLICADAS NA CLASSIFICAÇÃO DE
QUALIDADE DA ÁGUA SEGUNDO PADRÕES DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/05

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de
Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul como parte dos requisitos para a obtenção
de título de Engenheiro Ambiental.

Aprovado em: Porto Alegre, 13 de Dezembro de 2018.

Prof. Dr. Guilherme Fernandes Marques – IPH/UFRGS
Orientador/Examinador

Prof. Dr. Antônio Domingues Benetti – IPH/UFRGS
Examinador

Eng^a. Paula Riediger – Área Profissional
Examinadora

RESUMO

A ocorrência de diferentes metodologias para classificação de corpos de água, segundo padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, pode impactar a definição de ações e investimentos na área de gestão de recursos hídricos. No processo de classificação de corpos hídricos, a análise pontual da qualidade da água é a primeira etapa a ser realizada, sendo capaz de fornecer resultados mais próximos da condição real do manancial avaliado, além de ser indispensável para a calibração de modelos matemáticos. Dessa forma, o presente trabalho visa contribuir para a redução de assimetrias nas metodologias empregadas na classificação de corpos hídricos, com foco nos dados de monitoramento de qualidade da água. Para isso, este trabalho buscou verificar a existência de um padrão nas metodologias aplicadas na classificação de parâmetros e pontos de monitoramento de água superficial, considerando os Planos de Bacia Hidrográfica já realizados no Estado do Rio Grande do Sul, além de incentivar uma padronização nas análises de séries de dados de qualidade da água. A partir dos resultados obtidos e das discussões apresentadas ao longo do trabalho, foi possível concluir que não há um padrão entre metodologias avaliadas, o que dificulta uma possível sistematização dos procedimentos para classificação de parâmetros e pontos de monitoramento. Contudo, a análise realizada se mostra útil no incentivo de novas discussões direcionadas à busca de um padrão metodológico e poderá ser consultada em trabalhos futuros.

Palavras-chave: Resolução CONAMA nº 357/05; Classificação de corpos de água; Plano de Bacia Hidrográfica; Enquadramento;

ABSTRACT

The occurrence of different methodologies for water bodies classification, according to CONAMA Resolution no 357/2005, may impact the definition of actions and investments in the area of water resources management. In the hydric bodies classification process, punctual water quality analysis is the first step to be done, to provide results closer to the actual condition of the assessed water body, besides being indispensable for the calibration of mathematical models. Thus, the present work aims at contribute to the reduction of asymmetries in the methodologies used in the classification of hydric bodies, focusing on water quality monitoring data. For this, this work sought to verify the existence of a standard in the methodologies applied in the classification of parameters and monitoring points of superficial water, considering the Watershed Management Plans carried out in the state of Rio Grande do Sul, in addition to encouraging a standardization in analyzes of water quality data series. From the results obtained from the discussions presented throughout the work, it was concluded that there is no pattern between the methodologies evaluated, which hinders a possible systematization of the procedures for classification of parameters and monitoring points. However, the analysis conducted proves to be useful in encouraging further discussions aimed at creating a methodological standard and can be consulted in future works.

Keywords: Resolution CONAMA n° 357/05; Water bodies classification; Watershed Management Plan.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - PROBLEMAS ENFRENTADOS PELOS ESTADOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO E APLICAÇÃO DO ENQUADRAMENTO. FONTE: SRH/MMA, 1999 APUD ANA, 2007.....	9
FIGURA 3.1 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO UTILIZADOS NO PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ. FONTE: PROFILL (2007).	13
FIGURA 3.2 - RELAÇÃO DOS PARÂMETROS ANALISADOS DURANTE A ELABORAÇÃO DO PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO JACUÍ. FONTE: ENGEPLUS (2015).....	14
FIGURA 3.3 - ILUSTRAÇÃO DO MÉTODO ESTATÍSTICO APLICADO NA CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO UTILIZADOS NO PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO JACUÍ. FONTE: ENGEPLUS (2015).....	15
FIGURA 3.4 - RESULTADO DA SIMULAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA O PARÂMETRO DBO NO RIO DOS SINOS. FONTE: PROFILL (2014).....	17
FIGURA 3.5 - CLASSES DE QUALIDADE DA ÁGUA E RELAÇÃO COM OS USOS, SEGUNDO RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005. FONTE: ANA (2013).....	20
FIGURA 5.1 - CLASSIFICAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS SEGUNDO GRUPOS DE METODOLOGIA.	49

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 - CLASSES E USOS A QUE SE DESTINAM AS ÁGUAS DOCES DEFINIDAS PELA RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005.	18
QUADRO 3.2 - CLASSES E USOS A QUE SE DESTINAM AS ÁGUAS SALINAS DEFINIDAS PELA RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005.	19
QUADRO 3.3 - CLASSES E USOS A QUE SE DESTINAM AS ÁGUAS SALOBRAS DEFINIDAS PELA RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005.	19
QUADRO 4.1 - IDENTIFICAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS E RESPECTIVOS RELATÓRIOS TÉCNICOS ANALISADOS.	27
QUADRO 4.2 - GRUPOS DE METODOLOGIA E RESPECTIVOS CRITÉRIOS.	29
QUADRO 5.1 - PLANOS DE BACIA HIDROGRÁFICA E CRITÉRIOS ADOTADOS NAS RESPECTIVAS METODOLOGIAS PARA CLASSIFICAÇÃO DE PARÂMETROS E PONTOS DE MONITORAMENTO.	46
QUADRO 5.2 - CLASSIFICAÇÃO DOS PLANOS DE BACIA HIDROGRÁFICA SEGUNDO GRUPOS DE METODOLOGIA.	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVO.....	10
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1 ANÁLISE DA CONDIÇÃO ATUAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS EM PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS E ENQUADRAMENTO	10
3.2 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005	17
3.3 METODOLOGIAS PARA CLASSIFICAÇÃO DE PARÂMETROS E PONTOS DE MONITORAMENTO.....	22
3.4 ANÁLISES DE RISCO PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 PLANOS DE BACIA HIDROGRÁFICA ANALISADOS	26
4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS DE METODOLOGIA	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1 ANÁLISE DE METODOLOGIAS APLICADAS NO PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO DE PARÂMETROS E PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUAS SUPERFICIAIS	30
5.1.1 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí	31
5.1.2 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos	32
5.1.3 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Caí.....	32
5.1.4 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas	33
5.1.5 Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí.....	34
5.1.6 Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí	35
5.1.7 Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba	37
5.1.8 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.....	38
5.1.9 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí	39
5.1.10 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã.....	40
5.1.11 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo.....	40
5.1.12 Plano da Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo.....	41
5.1.13 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí	42
5.1.14 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria	43
5.1.15 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí.....	44
5.1.16 Quadro de critérios por Plano de Bacia Hidrográfica	45

5.2	CLASSIFICAÇÃO DOS PLANOS DE BACIA HIDROGRÁFICA.....	47
6.	TRABALHOS FUTUROS.....	50
7.	CONCLUSÃO.....	50
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

A análise da condição atual de um corpo hídrico, através do estabelecimento de classes de qualidade, permite identificar conflitos e avaliar o grau de dificuldade que poderá ser esperado para que se atinja a qualidade requerida pelos usos preponderantes da água em uma determinada bacia hidrográfica. Entretanto, a falta de uma referência padrão para a classificação de corpos de água, segundo padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, pode estar provocando diversas assimetrias nas metodologias adotadas.

A Política Nacional de Recursos Hídricos possui dois instrumentos de planejamento: os Planos de Recursos Hídricos e o Enquadramento. Para ambos, a classificação de corpos de água é um procedimento essencial, pois torna-se possível agregar e apresentar, de forma resumida, um grande número de dados vinculados à qualidade e aos usos da água. O procedimento envolve, inicialmente, uma análise pontual da qualidade da água, seguida pela aplicação de modelos matemáticos que possibilitam a espacialização das informações geradas. A análise pontual é capaz de fornecer resultados mais próximos da realidade e deve calibrar os modelos de qualidade, evidenciando a necessidade da realização de um trabalho robusto quanto à interpretação e manipulação dos dados obtidos nesta etapa.

Devido à ausência de detalhes em relação aos procedimentos para classificação de corpos de água na legislação vigente, assim como em material de apoio técnico, a ocorrência de diferentes metodologias pode impactar a definição de ações e investimentos na área de gestão de recursos hídricos. Todavia, no intuito de sistematizar o conhecimento sobre os recursos hídricos brasileiros, a Agência Nacional de Águas (ANA) tem desenvolvido estudos temáticos que servem de apoio ao desenvolvimento dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (ANA, S/D). Entre estes estudos, para a classificação de corpos de água destacam-se: Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água e Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil (ANA, 2007); Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas do Brasil e sistema nacional de informações sobre recursos hídricos: arquitetura computacional e sistêmica (ANA, 2009) e Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento de Corpos de Água (ANA, 2013). Apesar de estes materiais orientarem a elaboração de Planos de Recursos Hídricos e Enquadramentos, nota-se que não há uma abordagem específica em relação a como realizar a classificação de corpos hídricos, resultando na falta de um padrão metodológico.

Entre as dificuldades encontradas por técnicos responsáveis pela ampliação dos enquadramentos no Brasil, contemplando os procedimentos para classificação de corpos de água, a falta de metodologia é citada como uma das principais barreiras, conforme levantamento realizado pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente (Figura 1.1).

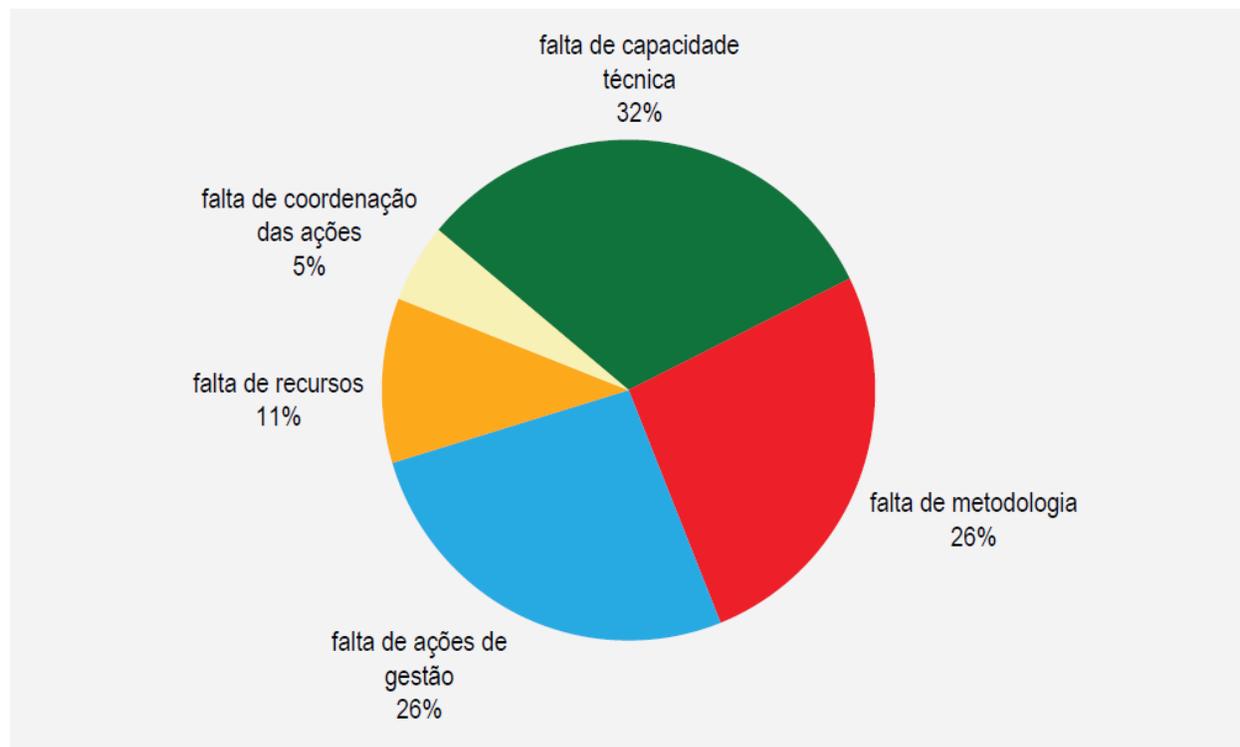


Figura 1.1 - Problemas enfrentados pelos Estados para a implementação e aplicação do enquadramento. Fonte: SRH/MMA, 1999 apud ANA, 2007.

Dessa maneira, acredita-se ser relevante a elaboração de um estudo que registre os procedimentos metodológicos já aplicados no estabelecimento das classes de qualidade atribuídas aos parâmetros e aos pontos de monitoramento de águas superficiais. Visando fornecer resultados que possam ser úteis principalmente a órgãos ambientais, além de contemplar corpos hídricos com características mais semelhantes, optou-se por realizar tal estudo em escala estadual, analisando os Planos de Bacias Hidrográficas já elaborados no estado do Rio Grande do Sul.

Ademais, o presente trabalho pode incentivar uma padronização nas análises de séries de dados de qualidade da água, auxiliando a identificação de áreas prioritárias de ação do poder público e a aplicação da legislação ambiental vigente, constituindo-se de uma contribuição significativa para a área de gestão dos recursos hídricos.

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho consiste em contribuir para a redução de assimetrias nas metodologias empregadas na classificação de corpos hídricos. Deste modo, esse trabalho poderá servir como ferramenta de consulta para o desenvolvimento de novos Planos de Recursos Hídricos e Enquadramentos, além de incentivar uma padronização nas análises de séries de dados de qualidade da água.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Verificar a existência de um padrão nas metodologias aplicadas na classificação de parâmetros e pontos de monitoramento de água superficial segundo as classes de qualidade estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para os Planos de Bacia Hidrográfica já realizados no Estado do Rio Grande do Sul;
- b) Estabelecer grupos de metodologias com características semelhantes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ANÁLISE DA CONDIÇÃO ATUAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS EM PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS E ENQUADRAMENTO

O diagnóstico de uma bacia hidrográfica é considerado a base para um planejamento de uso dos recursos hídricos eficiente. Nesta etapa, é realizado o esforço de integração e análise dos dados existentes na região compreendida por uma bacia hidrográfica e daqueles levantados através de pesquisas de campo. Desse modo, é possível compreender como os recursos hídricos são utilizados, para então, nas etapas seguintes, estabelecer os cenários futuros e o planejamento propriamente dito, onde são definidas as ações e os investimentos a serem realizados (ANA, 2013).

Entre todos os procedimentos realizados para avaliar os diversos componentes do meio físico em um diagnóstico, a identificação da condição atual dos recursos hídricos é comum aos dois instrumentos de planejamento previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos (Plano de Recursos Hídricos e Enquadramento). No que diz respeito às águas superficiais, para os Planos, a compreensão da condição atual dos recursos hídricos em uma determinada unidade territorial,

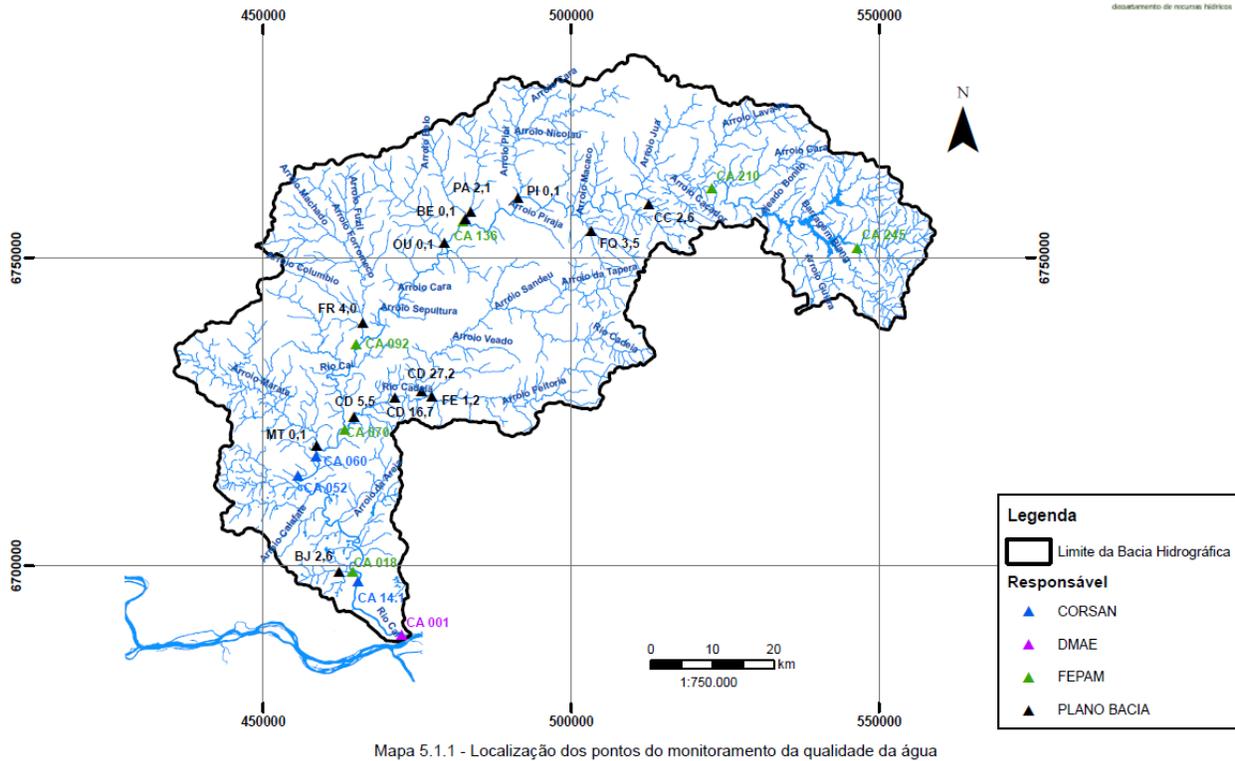
destacando-se as bacias hidrográficas, permite estabelecer os principais conflitos em relação ao uso da água e identificar potencialidades econômicas. Já para o Enquadramento, a definição da condição atual dos recursos hídricos superficiais, conduzida pela classificação dos corpos de água segundo padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, permite estabelecer o ponto de partida em relação ao “caminho” a ser percorrido para que se atinja a qualidade da água compatível com os usos pretendidos identificados em uma bacia hidrográfica.

Em algumas bacias, o processo de elaboração da proposta de enquadramento acontece em conjunto com o processo de elaboração do Plano de Bacia, sendo esta a condição ideal (ANA, 2013). Ainda, segundo ANA (2007), entre as 27 Unidades da Federação, 17 tratam do Enquadramento como instrumento da Política Estadual de recursos hídricos, sendo, em 14 delas, estabelecido que o Enquadramento fará parte do Plano de Recursos Hídricos. Em relação ao Estado do Rio Grande do Sul, apesar do Enquadramento ser um instrumento da Política Estadual de Recursos Hídricos, não consta no Plano Estadual de Recursos Hídricos uma proposta de enquadramento para os corpos de água do estado. Todavia, todos os 15 Planos de Bacia Hidrográfica já elaborados no estado foram acompanhados da elaboração da proposta de enquadramento para os seus respectivos corpos de água. Portanto, levando-se em consideração os objetivos deste trabalho, cabe abordar de maneira mais aprofundada os procedimentos vinculados ao diagnóstico da qualidade das águas superficiais para fins de Enquadramento.

A base técnica para o estabelecimento do cenário atual das águas superficiais é composta por duas fontes de informação complementares: o monitoramento e a modelagem da qualidade da água. O monitoramento apresenta uma resposta pontual, referente aos locais amostrados. Já a modelagem, partindo do resultado do monitoramento, distribui e gera informação para todos os locais de uma bacia, considerando o efeito das cargas poluidoras identificadas, e possibilitando a avaliação de possíveis situações futuras. Ainda que a modelagem seja uma ferramenta importante na definição do quadro atual de qualidade, é o monitoramento que dará suporte às ferramentas computacionais, sendo de fundamental importância para que o processo de enquadramento seja bem-sucedido.

Em relação ao monitoramento, é muito importante que os dados obtidos em campanhas estejam disponíveis em associação com os registros de vazões, de forma que se possa compreender melhor o comportamento dos poluentes na bacia hidrográfica. As campanhas de monitoramento geralmente são realizadas contemplando períodos distintos, em situações tanto de

cheias quanto de estiagens. ANA (2009) ressalta que a existência de dados históricos sobre a qualidade da água é importante para a determinação do comportamento dos parâmetros ao longo do ano ou para associá-los a outros eventos, por exemplo, a ocorrência de acidentes ambientais, tais como o lançamento pontual de grandes cargas poluentes nos cursos d'água, acima de sua capacidade de suporte. As principais fontes de dados históricos de qualidade das águas são os órgãos estaduais gestores de recursos hídricos e os órgãos estaduais de meio ambiente. No Estado do Rio Grande do Sul, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) dispõe de uma ampla rede de monitoramento, servindo como um grande auxílio aos interessados na análise da situação atual da qualidade das águas superficiais. Além destas instituições, as empresas operadoras de sistemas de abastecimento público, assim como operadores de hidroelétricas, costumam ser consultados acerca da disponibilidade de dados provenientes dos pontos de monitoramento que possuem em diferentes mananciais e reservatórios. Nas bacias em que os dados secundários sejam considerados insuficientes para estabelecer a condição atual dos corpos hídricos, é necessária a realização de campanhas de medição de vazões e de coletas e análises de qualidade da água. Os pontos de monitoramento onde serão realizadas as novas coletas buscam contemplar mananciais que não possuem monitoramento, ou fornecer uma atualização em relação à qualidade dos corpos d'água que possuem dados antigos. Para ilustrar o conjunto de informações que podem ser utilizadas no levantamento de dados de qualidade da água, a Figura 3.1 apresenta os pontos de monitoramento selecionados durante a elaboração do Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Caí (PROFILL, 2007).



Mapa 5.1.1 - Localização dos pontos do monitoramento da qualidade da água

Figura 3.1 - Localização dos pontos de monitoramento utilizados no Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Caí. Fonte: Profill (2007).

Segundo ANA (2009), quando disponíveis, mesmo com problemas de registros ou falhas na frequência das coletas, os dados de qualidade da água devem ser aproveitados, adotando-se métodos e procedimentos para sua manipulação e sua interpretação que minimizem os problemas encontrados. Neste aspecto, nota-se que não fica claro quais procedimentos devem ser utilizados, ficando a cargo de cada analista definir como irá manipular os dados, o que abre margem para o emprego de diferentes metodologias, especialmente quanto à aplicação de métodos estatísticos. Além disso, ANA (2009) ressalta que na elaboração do diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos, o uso de dados históricos deve se limitar aos últimos anos do registro. No entanto, dados mais antigos podem indicar tendências de deterioração da qualidade, assim como indicar a variabilidade natural dos parâmetros. Assim, devido à ausência de uma diretriz mais precisa, diferentes abordagens vêm sendo adotadas quanto à extensão do período de dados a serem analisados, assim como os métodos estatísticos aplicados e a variação na escolha dos parâmetros utilizados na classificação dos pontos de monitoramento.

Após a definição da extensão do período que será contemplado no diagnóstico, faz-se necessário identificar quais os parâmetros prioritários para a análise da condição atual da qualidade da água nos pontos de monitoramento selecionados e, no contexto do Enquadramento, classificá-los de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Nesta etapa, destaca-se a grande variabilidade dos parâmetros que pode ser encontrada nas amostragens dos pontos de monitoramento, tendo em vista que cada instituição tem diferentes interesses no monitoramento da qualidade da água. Desse modo, caso opte-se por utilizar todos os parâmetros disponíveis em cada ponto, ao invés de selecionar aqueles que têm maior relevância para os usos preponderantes da água na bacia, ou que forneçam mais informações acerca do uso e ocupação do solo, é possível que ocorra uma maior assimetria nos resultados obtidos a partir dos diferentes cursos da água analisados. A Figura 3.2 demonstra uma comparação feita durante a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (ENGEPLUS, 2015) a respeito dos parâmetros analisados nos diferentes pontos de monitoramento selecionados, enquanto a Figura 3.3 apresenta o método estatístico adotado na classificação desses parâmetros.

Quadro 11.5: Parâmetros de análises das águas superficiais e a relação com a fonte de dados

Parâmetros de Análise	Alumínio	Cádmio	Chumbo	Cloro	Cobre	Coliformes Termotolerantes	Cromo total	DBO	Ferro	Fósforo	Manganês	Mercurio	Nitrogênio Amoniacal	Níquel	Nitrato	Nitrito	Oxigênio Dissolvido	pH	Sólidos Dissolvidos Totais	Sulfato Total	Turbidez	Zinco
FEPAM	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	X	-	-	X	X
Fornecidos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Campanhas efetuadas	1ª	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	2ª	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	3ª	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 3.2 - Relação dos parâmetros analisados durante a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. Fonte: Engplus (2015).

Metodologia de Classificação da Qualidade da Água
Classificação dos Pontos de Monitoramento
Exemplo: Ponto de Monitoramento JA 23 – Rio Jacuí

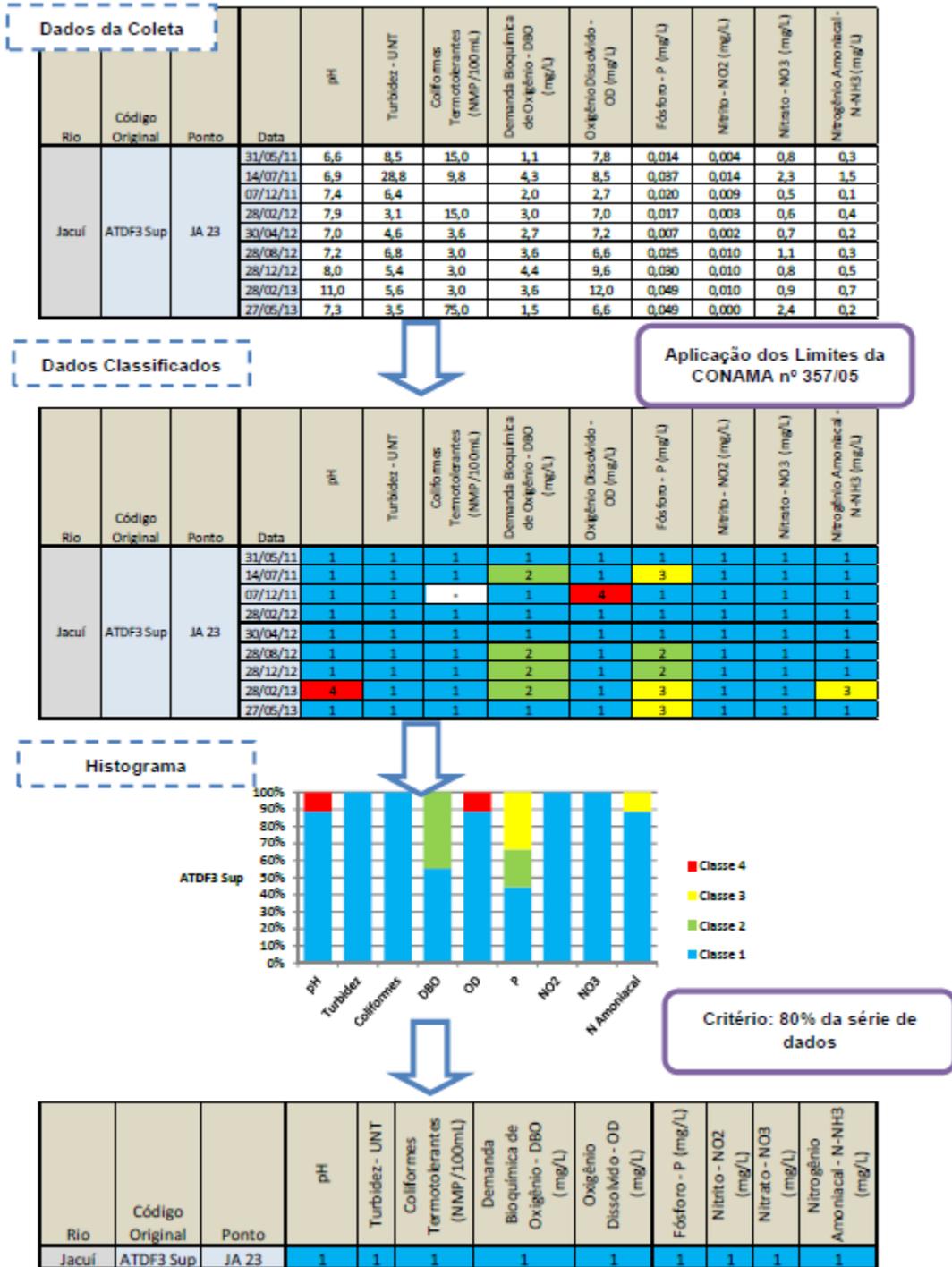


Figura 11.5: Exemplo da metodologia aplicada para a classificação dos pontos de monitoramento

Figura 3.3 - Ilustração do método estatístico aplicado na classificação dos pontos de monitoramento utilizados no Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. Fonte: Engeplus (2015).

Buscando-se não perder de vista a transição entre a situação atual dos recursos hídricos e a qualidade da água a ser alcançada, Enderlein et al. (1997 apud ANA, 2007) mencionam que é essencial manter o foco do problema em um número pequeno de variáveis de qualidade da água, possibilitando uma definição mais simples das metas de qualidade, o que resultará em uma maior eficiência na aplicação do instrumento de Enquadramento e irá auxiliar a adoção de soluções com maior eficiência econômica.

Visando espacializar as informações coletadas, ao término da análise dos dados de monitoramento, procede-se à etapa de modelagem da qualidade da água. Os procedimentos atuais de modelagem da qualidade da água permitem simular o comportamento de diversas substâncias e processos, de acordo com as condições de escoamento, e inserir o efeito de fontes externas (FERREIRA, 2015). Um dos modelos mais famosos, o QUAL2E, apresentado pela agência USEPA (United States Environmental Protection Agency) em 1985, permite caracterizar a qualidade da água para vários parâmetros simultaneamente. As simulações podem ser feitas para o rio principal e para os tributários, com a inclusão de fontes pontuais e difusas. Deste modo, o modelo pode ser empregado na elaboração dos planos de bacia, bem como na implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos (KNAPIK, 2009 apud KAYSER et al., 2017a). Além deste, novos modelos que possibilitam a integração com modelos hidrológicos para aquisição de dados de vazão em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) vêm sendo desenvolvidos, como é o caso do WARM-GIS Tools (KAYSER, 2017b). Um maior detalhamento dos aspectos conceituais da aplicação de modelos de qualidade da água foge do objetivo deste trabalho, entretanto, cabe ressaltar que a calibração dos modelos deve ser feita a partir dos dados de monitoramento, reforçando a importância da análise pontual da qualidade da água para obtenção de resultados consistentes quanto à condição atual dos recursos hídricos. A seguir, a Figura 3.4 demonstra um exemplo dos resultados obtidos na simulação da qualidade da água para o Rio dos Sinos, desenvolvida no âmbito do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (PROFILL, 2014).

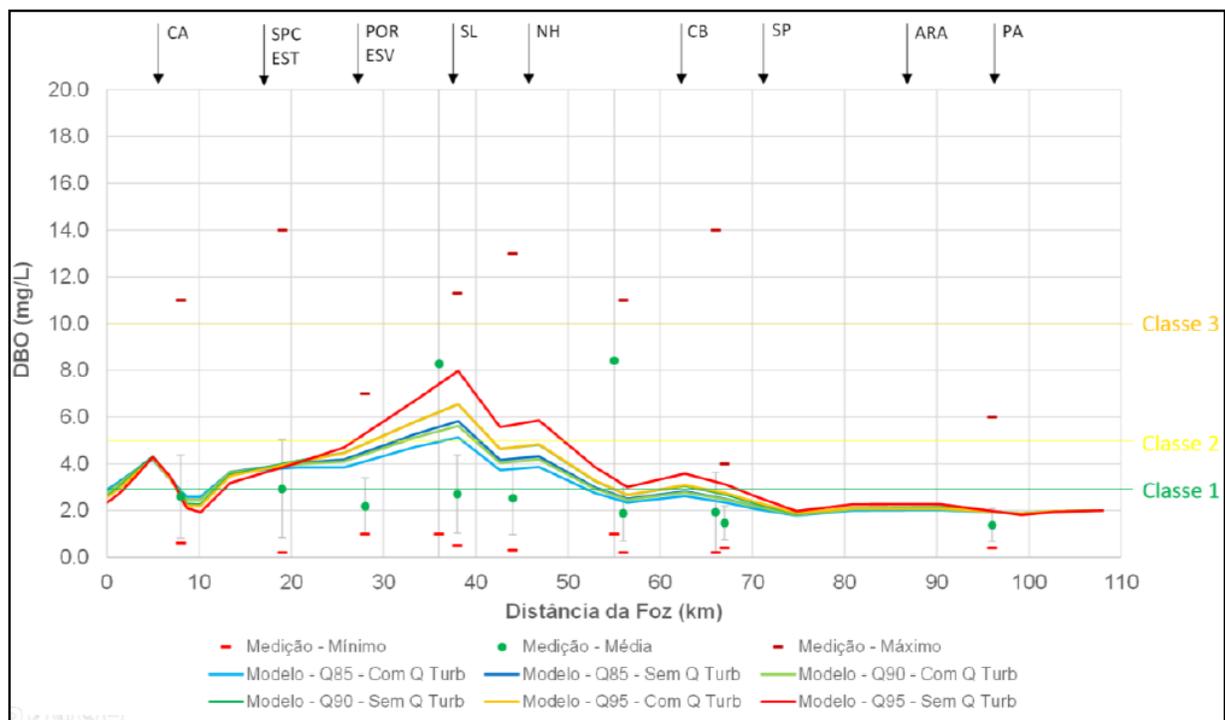


Figura 3.12 – Perfis longitudinais de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) – Simulado x Observado. As setas indicam as cargas municipais (CA-Canoas, SPC-Sapucaia, POR-Portão, ESV-Estância Velhas, SL-São Leopoldo, NH-Novo Hamburgo, CB-Campo Bom, SP-Sapiranga, ARA-Araricá, PA-Parobé).

Figura 3.4 - Resultado da simulação de qualidade da água para o parâmetro DBO no Rio dos Sinos. Fonte: Profill (2014).

3.2 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005

A Resolução CONAMA nº 357/2005 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (Art. 1º). Essa Resolução é a principal ferramenta utilizada na classificação de corpos hídricos, servindo como referência não apenas para a definição da qualidade da água a ser atingida, mas também como referência para caracterização da situação atual dos mananciais analisados.

Em seu Art. 2º, são descritas as definições adotadas ao longo do texto da Resolução, enquanto no Art. 3º, define-se que as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade, ressaltando-se que as águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em usos

menos exigentes, desde que estes não prejudiquem a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Do Art. 4º ao Art. 6º são apresentadas as classes e os usos a que se destinam as águas doces, salobras e salgadas. O Quadro 3.1 apresenta as classes e os usos preponderantes a que as águas doces se destinam, enquanto no Quadro 3.2 e no Quadro 3.3 são apresentadas as classes e os usos preponderantes a que as águas salinas e águas salobras se destinam, respectivamente.

Quadro 3.1 - Classes e usos a que se destinam as águas doces definidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Classe	Usos
Classe Especial	a) abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; c) a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	a) abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; d) irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e) proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; d) irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) aquicultura e atividade de pesca.
Classe 3	a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) pesca amadora; d) recreação de contato secundário; e) dessedentação de animais.
Classe 4	a) navegação; b) harmonia paisagística.

Quadro 3.2 - Classes e usos a que se destinam as águas salinas definidas pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

Classe	Usos
Classe Especial	a) a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	a) recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA n° 274/2000; b) proteção das comunidades aquáticas; c) aquicultura e atividade de pesca.
Classe 2	a) pesca amadora; b) recreação de contato secundário.
Classe 3	a) navegação; b) harmonia paisagística.

Quadro 3.3 - Classes e usos a que se destinam as águas salobras definidas pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

Classe	Usos
Classe Especial	a) a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	a) recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA n° 274/2000; b) proteção das comunidades aquáticas; c) aquicultura e atividade de pesca; d) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; e) irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
Classe 2	a) pesca amadora; b) recreação de contato secundário.
Classe 3	a) navegação; b) harmonia paisagística.

De acordo com as premissas estabelecidas pela legislação vigente, quanto maior o número da classe, menos nobres são os usos destinados para a água, e conseqüentemente os padrões ambientais de qualidade da água serão menos exigentes, conforme demonstrado na Figura 3.5.



Figura 3.5 - Classes de qualidade da água e relação com os usos, segundo Resolução CONAMA n° 357/2005. Fonte: ANA (2013)

Além da relação entre qualidade da água e usos mais ou menos exigentes, cabe ressaltar que um uso é mais restritivo quando requer uma maior qualidade da água. No que diz respeito aos valores dos parâmetros, concentrações maiores representam menor qualidade da água, com exceção do parâmetro oxigênio dissolvido, o qual representa maior qualidade da água quanto mais elevada for sua concentração, limitada pela concentração de saturação do corpo hídrico.

Ainda de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, o Art. 8° dispõe que o conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.

O Art. 9° determina que a análise e a avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata a Resolução serão realizadas pelo Poder Público, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

O Art. 10° estabelece que os valores máximos dos parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência. Cabe destacar que, segundo as definições previstas no Art. 2° da Resolução CONAMA n° 357/2005, vazão de referência é a vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGRH.

No Art. 13° é mencionado que em águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

Do Art. 14º ao Art. 17º, são estabelecidas as condições e os padrões para enquadramento das águas doces. As condições e os padrões para enquadramento das águas salinas são estabelecidas no Art. 18º ao Art. 20º, enquanto do Art. 21º ao Art. 23º, são estabelecidas as condições e os padrões para enquadramento das águas salobras.

As diretrizes ambientais para o enquadramento são estabelecidas no Art. 38º, o qual define que o enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos. Entre essas diretrizes, vale salientar a necessidade do estabelecimento de metas obrigatórias, intermediárias e final, de melhoria da qualidade da água para efetivação dos enquadramentos, conforme disposto no parágrafo 2 (dois).

Verifica-se que o conteúdo apresentado na Resolução CONAMA nº 357/05 deixa margem a diferentes interpretações técnicas quanto ao processo de classificação das águas. Neste aspecto, Engeplus (2012a) e Profill (2011a) ressaltam a existência de diferentes possibilidades quanto aos procedimentos para a classificação de determinado ponto de amostragem, já que a Resolução CONAMA nº 357/05 não define uma metodologia única, evidenciando uma dificuldade recorrente encontrada por técnicos durante a elaboração de diagnósticos de bacias hidrográficas.

Analisando o conteúdo disposto do Art 14º ao Art. 23º, nota-se que Resolução faz menção a apenas três procedimentos que devem ser seguidos, sendo estes referentes a critérios estatísticos para a avaliação de séries históricas dos parâmetros coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido. Em relação ao parâmetro coliformes termotolerantes, tratando-se de águas doces, a Resolução estabelece que, para os usos diferentes de recreação de contato primário, não deverá ser excedido o limite de “x” coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral, sendo “x” um valor que varia para cada classe. Para as águas salinas de classe 1, assim como para as águas salobras de classe 1, há mais um critério a ser seguido, o qual estabelece que, para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Já em relação ao parâmetro oxigênio dissolvido, a Resolução estabelece que qualquer amostra analisada não deve possuir concentração de oxigênio

dissolvido inferior a um determinado valor para que o corpo hídrico seja classificado como determinada classe, sendo que esse valor varia de acordo com a classe e o tipo de água.

A ausência de detalhes na Resolução CONAMA nº 357/2005, em relação aos procedimentos de classificação das águas, reforça a necessidade da verificação das diferentes interpretações que vem sendo realizadas durante a elaboração de Planos de Recursos Hídricos e aplicação do instrumento de Enquadramento. Acredita-se que essas diferentes interpretações possam gerar grande variações na classificação das águas, impactando o estabelecimento das metas intermediárias e finais dos enquadramentos, o que pode influenciar a alocação de recursos a serem investidos em uma bacia hidrográfica.

3.3 METODOLOGIAS PARA CLASSIFICAÇÃO DE PARÂMETROS E PONTOS DE MONITORAMENTO

Expressar através de classes, a qualidade da água e os usos a que é destinada, conforme preconizado na Resolução CONAMA nº 357/2005, é uma ferramenta que permite condensar um conjunto amplo de informações e facilitar a tomada de decisão na área de gestão de recursos hídricos. A classificação segundo os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 pode ser realizada de maneira pontual, por meio da análise de dados de amostragem, ou espacializada, por meio de modelos matemáticos, sendo que estas informações devem ser complementares.

No que diz respeito à classificação pontual, análises que classificam apenas cada parâmetro analisado, de maneira isolada, são recorrentes (BINOTTO, 2012; COBRAPE, 2012; BOURSCHEID, 2012; ENGEPLUS, 2012b; ENGEPLUS, 2015). No entanto, outros trabalhos têm buscado analisar o conjunto das classes atribuídas aos parâmetros, visando estabelecer a classificação do ponto de monitoramento em que foram realizadas as amostragens (LEITE, 1998; PROFILL, 2007, 2013; STE, 2012). Já os dois principais materiais produzidos pela Agência Nacional das Águas para orientar os processos de enquadramento (ANA, 2009, 2013) não trazem uma abordagem quanto a relevância de se realizar a classificação apenas dos parâmetros analisados ou definir a classificação do ponto de monitoramento. Em síntese, verifica-se que as metodologias de classificação buscam definir, inicialmente, a extensão do período de dados que serão analisados, seguido dos parâmetros a serem classificados e, por fim, qual a estatística descritiva aplicada na classificação dos parâmetros e pontos de monitoramento.

Buscando sugerir uma proposta de enquadramento dos corpos de água para a bacia hidrográfica do arroio Jacutinga, no município de Ivorá-RS, Binotto (2012) lançou mão de dados obtidos em 6 campanhas de amostragem realizadas em 8 (oito) pontos de monitoramento no intervalo de 2 (dois) anos. Foram analisados 6 (seis) parâmetros: Turbidez, pH, OD, Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), DBO e *E. coli*. Para estabelecer a situação atual em que os corpos de água se encontravam, o autor utilizou a média aritmética dos valores de cada parâmetro para definir as respectivas classes de qualidade em que se encontram, com exceção do parâmetro *E. coli*, o qual teve sua classe definida a partir da média geométrica de suas concentrações. Neste caso, não foi atribuída uma classe final aos pontos de monitoramento.

Leite et al. (1998) apresentaram uma proposta de classificação da qualidade atual das águas superficiais dos rios Gravataí, Sinos, Caí e Taquari-Antas através da comparação dos resultados obtidos para diferentes métodos estatísticos. Foram avaliados entre 5 (cinco) e 17 (dezesete) pontos de monitoramento por manancial, considerando uma série histórica de dados que variou de 4 (quatro) a 7 (sete) anos, com frequência de coletas mensais ou trimestrais, por ponto de monitoramento. Os parâmetros analisados e considerados na classificação dos pontos foram: OD, DBO e coliformes fecais. Para a análise de estatística descritiva, os autores utilizaram 5 (cinco) métodos: Frequência de ocorrência das classes (moda) para cada parâmetro; Percentil 80 das concentrações medidas para cada parâmetro; Média aritmética das concentrações medidas para OD e DBO; Média geométrica das concentrações medidas para Coliformes Fecais; Média aritmética no período de estiagem para OD e DBO. A estatística percentil 80 apresentou a situação mais crítica para os três parâmetros, seguida pela média de estiagem no caso do oxigênio dissolvido e DBO, e pela média geométrica no caso dos coliformes fecais. Os autores ressaltam que, teoricamente, a média de estiagem deveria apresentar uma situação mais crítica do que o percentil 80, entretanto, isto não ocorreu porque o período de estiagem foi adotado com base em uma série histórica, uma vez que não foram realizadas medidas de vazão no período analisado. Depois de estabelecidas as classificações por parâmetro, foi determinada a classificação final do ponto de monitoramento, adotando-se o parâmetro coliformes fecais como parâmetro prioritário. Nos casos em que o OD e a DBO apresentaram a mesma classe e os coliformes, uma classe diferente, foi observada a proximidade do valor da estatística em relação aos limites da classe. Cabe ressaltar que no ano em que este estudo foi publicado, ainda estava em vigor a Resolução CONAMA nº 20/1986, a qual estabelecia valores

limites para as classes de qualidade diferentes da legislação vigente (Resolução CONAMA nº 357/2005).

Durante a elaboração do Caderno da Região Hidrográfica do Uruguai (MMA, 2006) foram classificados um total de 93 pontos de monitoramento com base nos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para o parâmetro OD. Os dados históricos analisados compreendem o período de 1978 a 2003, mas o número de amostras por ponto de monitoramento não é informado. Cada um dos pontos foi classificado conforme a classe do percentil 80 da série histórica disponível. Em seguida, os pontos de monitoramento foram separados por Sub-bacia, e mais uma vez aplicou-se o percentil 80 para identificar a classificação de cada unidade. Por fim, a Bacia do Uruguai também foi classificada, pelo mesmo critério.

Como exemplo de metodologia aplicada em uma bacia hidrográfica interestadual, verificou-se que, na etapa de diagnóstico do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (COBRAPE, 2012), foi realizada apenas a classificação dos parâmetros analisados, não sendo atribuída uma classe final a cada ponto de monitoramento. Os parâmetros classificados em todos os pontos de monitoramento foram: OD, DBO, Fósforo, Nitrogênio Amoniacal, Coliformes Termotolerantes e Turbidez. A série histórica avaliada considerou os anos de 2008 e 2009, com um número de coletas variando entre duas e dezenove vezes ao ano, por ponto de monitoramento. Em relação à estatística aplicada na análise, cada parâmetro foi classificado de acordo com a média de suas concentrações para os anos considerado, além de também terem sido classificados nos períodos seco e chuvoso desses mesmos anos.

3.4 ANÁLISES DE RISCO PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Visando suprir a carência metodológica para auxiliar o processo de gestão de recursos hídricos, principalmente no que diz respeito ao enquadramento de corpos de água superficiais, Brites (2010) desenvolveu um modelo que integra a probabilidade de ocorrência da qualidade da água aos custos de despoluição hídrica. Com esta ferramenta, é possível verificar que o risco do não atendimento a uma determinada classe de qualidade deve diminuir à medida que ações e programas são implementados. Apesar de não tratar da classificação de parâmetros e pontos de monitoramento, a abordagem adotada neste estudo mostra-se como uma alternativa interessante às metodologias para classificação de corpos hídricos que relacionam concentrações à apenas uma vazão de referência.

As rotinas do modelo incluem a simulação da quantidade e qualidade de água, nos módulos de quantidade e qualidade, atendendo o processo de calibração da modelagem matemática. O modelo fornece, automaticamente, a probabilidade de ocorrência da qualidade da água para cada trecho do rio simulado, caso esta probabilidade não seja satisfatória, a próxima etapa será a definição de cenários de remoção de carga e, novamente, a qualidade da água será simulada para obtenção de novas probabilidades de ocorrência. Uma vez satisfeito este critério, o modelo calcula o custo das medidas selecionadas e uma análise da disponibilidade econômica será realizada, se esta não estiver de acordo com a capacidade de investimento da comunidade, novos cenários de remoção de carga deverão ser selecionados até que sejam satisfeitos, simultaneamente, os dois critérios inseridos, probabilidade de atendimento e custo. Após estes critérios serem atendidos, as medidas propostas no cenário de remoção de carga escolhido deverão ser realizadas para efetivação do enquadramento do corpo hídrico, estando estas de acordo com as expectativas da sociedade em relação à qualidade da água desejada e as condições a pagar (BRITES, 2010).

Brites (2010) destaca que a ideia central de se utilizar a probabilidade de ocorrência é associar a distribuição da probabilidade dos parâmetros de qualidade da água com as frequências de vazão e, desta forma, estabelecer estratégias de enquadramento para as classes associando seu potencial de risco de não atender aos requisitos dentro de cada classe.

Em relação a aplicação desta metodologia na análise da condição atual da qualidade da água, tem-se como exemplo a Revisão do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2010 (PROFILL e RHAMA, 2018). Durante a etapa de diagnóstico das bacias, foram traçadas as curvas de permanência de qualidade da água para cinco parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal e Coliformes Termotolerantes. Como base para a identificação de pontos com má qualidade de água, foi utilizado como critério de escolha, os pontos com permanência maior do que 70% na Classe 4 para o parâmetro Fósforo Total. Além disso, foram identificados os pontos de monitoramento com a pior qualidade da água, utilizando-se como critério, o tempo de permanência na Classe 4. Em alguns casos, a Classe 4 para o parâmetro Oxigênio Dissolvido obteve permanência de 90%, em outros, o parâmetro DBO obteve permanência entre 80% e 90%.

Nota-se que a limitação desta metodologia está relacionada à extensão da série de dados históricos disponível, pois séries curtas devem fornecer resultados não consistentes quanto à permanência da qualidade da água. Além disso, há a necessidade das campanhas de amostragem serem realizadas junto à medição de vazão.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PLANOS DE BACIA HIDROGRÁFICA ANALISADOS

Visando verificar a existência de um padrão nas metodologias aplicadas na classificação de parâmetros e pontos de monitoramento de água superficial, foram consultados os 15 Planos de Bacia Hidrográfica já realizados no Rio Grande do Sul. Para obtenção dos documentos necessários à análise, realizou-se acesso ao website da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA-RS)¹. Neste website, nas páginas vinculadas ao Departamento de Recursos Hídricos, é possível obter informações referentes à cada uma das 25 bacias hidrográficas inseridas no estado. Para as bacias que já possuem Plano, a SEMA-RS disponibiliza a maior parte dos Relatórios Técnicos aprovados durante suas elaborações.

Levando-se em consideração os objetivos deste trabalho, buscou-se analisar os relatórios que apresentam procedimentos relacionados à análise da condição atual da qualidade das águas superficiais, assim como as metodologias relacionadas à classificação dos corpos de água segundo os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Neste aspecto, conforme abordado no referencial teórico desta pesquisa, procurou-se identificar, em cada Plano, os três critérios considerados como principais subsídios para a classificação de parâmetros e de pontos de amostragem: extensão do período de dados utilizados, parâmetros analisados e estatística descritiva aplicada. Além disso, ao longo das análises, notou-se a ocorrência de outros critérios relevantes à representatividade das metodologias. A esses critérios, designou-se o nome “critérios qualitativos”. A partir deste conjunto de informações, foram gerados resumos que caracterizam as metodologias aplicadas em cada Plano de Bacia Hidrográfica.

Verificou-se que, na maioria dos casos, essas informações podem ser obtidas nos

¹ <http://www.sema.rs.gov.br>

relatórios referentes à etapa de diagnóstico dos Planos. Entretanto, para alguns Planos, foi necessário analisar os relatórios que tratam especificamente do processo de enquadramento, como é o caso do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã. O Quadro 4.1 apresenta o código, os nomes das bacias hidrográficas e os respectivos Relatórios Técnicos técnicos analisados.

Quadro 4.1 - Identificação das bacias hidrográficas e respectivos relatórios técnicos analisados.

Código*	Nome	Relatórios Técnicos
G010	Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí	Relatório Técnico 2 – Obtenção de Informações Complementares (BOURSCHEID, 2011); Relatório da Etapa A – Diagnóstico dos Recursos Hídricos (BOURSCHEID, 2012)
G020	Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos	Relatório Técnico 1 – Atividades Preliminares e Consolidação da Base Técnica (PROFILL, 2013);
G030	Bacia Hidrográfica do Rio Caí	Relatório Temático A.2 – Diagnóstico da Disponibilidade Hídrica (PROFILL, 2007)
G040	Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas	Relatório Técnico 3 – Atividade A.3 – Consolidação do Diagnóstico – Tomo II (STE, 2012)
G050	Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí	Relatório Técnico 3 – Consolidação do Diagnóstico (ENGEPLUS, 2012b)
G070	Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí	Relatório Técnico 3 – Consolidação do Diagnóstico – Tomo II (ENGEPLUS, 2015)
G080	Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba	Relatório Técnico 1 – Atividades Preliminares e Consolidação da Base Técnica (ECOPLAN, 2016a); Relatório Técnico 2 – Complementação da Fase B – Estabelecimento das metas intermediárias do enquadramento e vazão de referência (ECOPLAN, 2016b);
G090	Bacia Hidrográfica do Rio Pardo	Relatório da Etapa A – Relatório de Diagnóstico (ECOPLAN, 2005)
L010	Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí	Relatório Temático A.2 – Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas (PROFILL, 2005a); Relatório Temático B.2 – Alternativas de compatibilização das disponibilidades qualitativas e demandas hídricas e Enquadramento dos Recursos Hídricos Superficiais (PROFILL, 2005b);
L030	Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã	Relatório Técnico 3 – Diagnóstico da Bacia (GAMA,

Código*	Nome	Relatórios Técnicos
		2015); Relatório Técnico 5 – Enquadramento (GAMA, 2016);
U020	Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo	Relatório da Etapa A (INFRA-GEO, 2012)
U030	Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo	Relatório Técnico 3 – Consolidação do Diagnóstico – Tomo III (ENGEPLUS, 2012a)
U050	Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí	Relatório Técnico 3 – Consolidação do Diagnóstico (PROFILL, 2011a); Relatório Técnico 4 – Definição do Processo de Enquadramento (PROFILL, 2011b);
U070	Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria	Relatório Técnico 3 – Consolidação do Diagnóstico (PROFILL, 2015);
U090	Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí	Relatório da Etapa A – Diagnóstico e Prognóstico (PROFILL, 2011c);

* Segundo SEMA-RS.

Ressalta-se que o Plano da Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê-Inhandava se encontrava em elaboração durante o período de realização do presente trabalho, por isso não foi inserido no material desta análise.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS DE METODOLOGIA

A criação de Grupos de Metodologia tem como objetivo simplificar a apresentação dos resultados deste trabalho e, ainda, sugerir um padrão de análise quanto às metodologias para classificação de parâmetros e pontos de monitoramento de água superficial.

Para a definição das características representativas de cada Grupo de Metodologia, foram consideradas as seguintes classes de critérios:

- Diferença de anos entre o dado de monitoramento mais antigo considerado e o ano de aprovação do Relatório Técnico analisado (Extensão dos dados);
- Parâmetros classificados;
- Estatística descritiva (parâmetros e pontos de monitoramento);
- Critério qualitativo (ponto de monitoramento).

Em relação à estatística descritiva, devido a diversas metodologias citarem o uso da

ferramenta estatística “percentil 80”, mas possuem diferentes interpretações, para este trabalho, definiu-se que:

- a) Quando a análise foi aplicada considerando os dados brutos de amostragem, o método foi chamado de “percentil 80”;
- b) Quando a análise foi aplicada depois da classificação dos parâmetros analisados em cada amostragem, o método foi chamado de “percentil 80”;
- c) Visando a simplificação da presente análise, as metodologias que citaram o método “frequência acumulada de 80%” também foram chamadas de “percentil 80”. Justifica-se esta escolha tendo em vista que a adoção de ambos os métodos pressupõem a ordenação de melhor (Classe 1) a pior (Classe 4), isto é, adota-se a um parâmetro ou a um ponto de monitoramento, a última classe a perfazer o percentil 80.

Os critérios que caracterizam cada Grupo de Metodologia foram selecionados de maneira a possibilitar a aproximação das metodologias avaliadas. Portanto, destaca-se que esta relação entre os Grupos de Metodologia e os seus respectivos critérios foi elaborada para o presente Trabalho de Conclusão de Curso, levando em consideração apenas os 15 Planos de Bacia Hidrográfica já realizados no estado Rio Grande do Sul. Para a classificação de outros planos de bacia, tanto o número de grupos, quanto os critérios que os caracterizam, devem ser adaptados.

O Quadro 4.2 apresenta os Grupos de Metodologia e os seus respectivos critérios representativos.

Quadro 4.2 - Grupos de metodologia e respectivos critérios.

Grupo de Metodologia	Extensão dos dados	Parâmetros classificados	Estatística descritiva		Critério qualitativo (ponto de monitoramento)
			Parâmetros	Ponto de Monitoramento	
Grupo 1	2 a 13 anos	Mínimo: Coliformes termotolerantes, DBO, OD e P	Percentil 80 ou Moda ou Classificação por campanha	-	Não classificado
Grupo 2	1 a 13 anos	Mínimo: Coliformes termotolerantes e DBO	Percentil 80 ou Classificação por campanha	Frequência de 85% de uma classe	i) Análise dos parâmetros prioritários e/ou ii) Desconsideração do parâmetro P e/ou iii) Verificação da classe de qualidade mais restritiva e/ou iv) Classificação

Grupo de Metodologia	Extensão dos dados	Parâmetros classificados	Estatística descritiva		Critério qualitativo (ponto de monitoramento)
			Parâmetros	Ponto de Monitoramento	
					em dois períodos distintos
Grupo 3	1 a 5 anos	Mínimo: Coliformes termotolerantes, DBO, OD e P	Moda	Moda	-
Grupo 4	5 a 12 anos	Mínimo: Coliformes termotolerantes	Percentil 80	Percentil 80	-
Grupo 5	Mais de 20 anos	Mínimo: Coliformes termotolerantes, DBO, OD e P	Percentil 80	Moda	-
Grupo 6	1 ano	Mínimo: Coliformes termotolerantes, DBO, OD e P	Média	Percentil 80	-

Para os fins deste trabalho, considerou-se que um Plano de Bacia Hidrográfica pertence a um determinado Grupo de Metodologia quando apresenta no mínimo 4 dos 5 critérios que caracterizam o respectivo grupo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE DE METODOLOGIAS APLICADAS NO PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO DE PARÂMETROS E PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

A seguir, são apresentados os resumos das metodologias aplicadas em cada Plano de Bacia Hidrográfica analisado, destacando-se a extensão do período de dados utilizados, os parâmetros classificados, os métodos estatísticos aplicados e os critérios qualitativos considerados. Além disso, buscou-se discutir a existência de um padrão em cada análise e demais implicações dos métodos. O Quadro 5.1, presente no item 5.1.16, apresenta a sistematização das informações abordadas no item 5.1.1 ao item 5.1.15.

5.1.1 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí

Em relação aos dados secundários utilizados na análise, foram avaliados os pontos de monitoramento sob responsabilidade da FEPAM e da Companhia Riograndense de Saneamento CORSAN. Os dados da FEPAM compõe uma série histórica de 1992 a 2010, com coletas não regulares. Já os dados da CORSAN incluem coletas mensais regulares, correspondente ao período de janeiro de 2010 a maio de 2011. Em relação aos dados primários, foram realizadas duas campanhas de amostragens nos afluentes do Rio Gravataí, uma no verão (março de 2011) e outra no inverno (julho de 2011).

Para os pontos monitorados pela CORSAN, bem como nas campanhas realizadas no âmbito deste Plano, não foi aplicado nenhum procedimento estatístico considerando todos os dados coletados em cada ponto para definir a classificação final dos parâmetros analisados. Realizou-se apenas, para cada data de amostragem, a classificação desses parâmetros de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Em relação aos dados da FEPAM, de acordo com Bourscheid (2011a), para avaliar as condições de qualidade da água e, assim realizar a classificação atual das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, foram considerados apenas os parâmetros OD, DBO, coliformes termotolerantes e fósforo total. Inicialmente, calculou-se a média anual desses parâmetros. Em seguida, visando estabelecer a classificação final dos parâmetros, foi calculado o percentil 80 sobre as médias anuais dos parâmetros, considerando os últimos três anos amostrados. Destaca-se que neste Plano não foi realizada a classificação dos pontos de monitoramento.

Verifica-se que, devido à variação da extensão dos dados provenientes de cada fonte considerada, não houve um padrão na aplicação da metodologia de classificação dos parâmetros. Ainda, cabe discutir a opção por não estabelecer uma classificação final aos parâmetros analisados nos pontos da CORSAN. Por um lado, torna-se mais simples identificar os meses em que ocorrem as piores condições de qualidade da água, o que pode favorecer a elaboração de um plano de ações com programas mais intensos em determinadas épocas do ano. Entretanto, o não estabelecimento de uma classificação final, tanto para os parâmetros, quanto para os pontos de monitoramento, pode dificultar a compreensão da condição atual de um corpo hídrico para grande parte da população, visto que é apresentado um conjunto extenso de informações, ao invés de um resumo expressado por meio de uma classe de qualidade.

5.1.2 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

Os dados de qualidade da água utilizados na metodologia descrita em Profill (2013) foram fornecidos exclusivamente pela FEPAM. O período contemplado por esses dados começa em 1990 e se estende até 2012, sendo que de 1990 até 2005 as amostragens foram realizadas com frequência mensal, passando para bimestral em meados de 2005.

Para cada campanha de amostragem, foram determinadas as classes de qualidade previstas na Resolução CONAMA nº 357/2005 para os seguintes parâmetros: nitrogênio amoniacal, fósforo total, coliformes termotolerantes, DBO e OD. Em seguida, para cada parâmetro, foram determinadas as piores classes que ocorriam considerando a frequência acumulada de 80% do total de amostras analisadas, partindo-se da classe de melhor qualidade para as de menor qualidade (Classe 1 em direção à Classe 4). Por fim, a classe de qualidade atribuída à cada ponto de monitoramento foi definida a partir da classe que apresentou predominância na classificação dos parâmetros (moda). Entretanto, observa-se que não foi atribuída uma classificação final aos pontos que não apresentaram a predominância nítida de uma classe ou que apresentaram diferenças significativas quanto às classes atribuídas aos parâmetros.

Verifica-se que a metodologia de classificação foi aplicada de forma padrão a todos os pontos de monitoramento. Além disso, a grande extensão dos dados históricos utilizados nesta metodologia pode indicar tendências de deterioração da qualidade da água, assim como indicar a variabilidade natural de alguns parâmetros. Todavia, o resultado da análise não pode ser considerado representativo da condição atual da qualidade das águas superficiais, tendo em vista que, ao longo de 23 anos, o uso e ocupação do solo, bem como a dinâmica populacional da bacia, podem sofrer notáveis alterações, impactando diretamente a qualidade e o uso dos recursos hídricos.

5.1.3 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Caí

Para avaliação da qualidade da água, foram considerados os dados de qualidade do programa PRÓ-GUAÍBA (duas campanhas realizadas nos anos de 2005 e 2006), bem como os dados de quatro campanhas de análises realizadas durante a elaboração do Plano. Segundo Profill (2007), para cada conjunto de dados (entidade monitoradora) foram classificados todos os

parâmetros monitorados cuja Resolução CONAMA nº 357/2005 apresenta padrões de classificação, como: DBO, OD, coliformes termotolerantes, nitrogênio amoniacal, turbidez, metais pesados (níquel, zinco, chumbo e outros), nitrato, nitrito, entre outros.

A metodologia apresentada no Plano propôs, inicialmente, a classificação dos pontos como Classe 1 caso 85% ou mais dos parâmetros monitorados atendessem aos padrões da Classe 1. Atendido este primeiro critério, realizou-se a verificação dos parâmetros diferenciadores entre as Classes 1 e 2. Segundo Profill (2007), estes parâmetros são: cor, DBO, OD, fósforo total e coliformes termotolerantes. Quando o primeiro critério não foi atendido, procedeu-se diretamente com a avaliação dos parâmetros que diferenciam as Classes 1 e 2, enfatizando-se os parâmetros DBO e coliformes termotolerantes. Além disso, vale destacar que o parâmetro fósforo total, apesar de ter sido apresentado na análise inicial, foi desconsiderado para a classificação final dos pontos de monitoramento, devido a sua ocorrência natural nas águas da bacia.

Nota-se que a aplicação do critério inicial, referente a 85% ou mais dos parâmetros atenderem aos padrões da Classe 1, na verdade é dispensável, tendo em vista que independentemente do atendimento a esse critério, a classificação dos pontos acaba por se basear na análise dos parâmetros referidos como “diferenciadores entre as Classes 1 e 2”. Além disso, verifica-se que não há um padrão quanto a avaliação dos parâmetros diferenciadores. Tal afirmação é reforçada pelo seguinte exemplo: o ponto “CA 14,1”, localizado no Rio Caí, foi classificado como Classe 2 devido ao parâmetro OD apresentar resultados que o classificam como Classe 2 em quatro das seis campanhas consideradas, apesar de todos os outros parâmetros diferenciadores apresentarem resultados que os classificam como Classe 1. Já para o ponto “CA018”, Profill (2007) indica apenas que a classificação foi definida como Classe 3 devido aos parâmetros OD, turbidez e fósforo total, sem apresentar uma frequência de ocorrência dessa classe.

5.1.4 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas

Os dados secundários foram fornecidos por entidades do setor de abastecimento público e de geração de energia, além da FEPAM. Foram utilizados os dados dos pontos de monitoramento disponíveis entre dezembro de 2009 e dezembro de 2011, com o número de campanhas de

amostragem variando entre uma e sete, por ponto monitorado. Em relação aos dados primários, foram realizadas duas campanhas no ano de 2011, uma em junho e outra em dezembro.

Inicialmente, a classificação dos pontos de monitoramento considerou a análise de dez parâmetros, entre eles DBO, OD, coliformes termotolerantes, mercúrio e fósforo total. Entretanto, posteriormente, optou-se por classificar os pontos de monitoramento sem considerarmos o parâmetro fósforo. Para cada campanha de amostragem, foram determinadas as classes de qualidade para cada parâmetro conforme os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005. Em seguida, para cada parâmetro, foram determinadas as piores classes que ocorriam considerando a frequência acumulada de 80% do total de amostras analisadas. A verificação da frequência acumulada de 80% pressupõe a ordenação de melhor (Classe 1) a pior (Classe 4). Em outras palavras, a classe atribuída a determinado parâmetro foi a última classe a perfazer a frequência acumulada de 80%. Por fim, a classe de qualidade atribuída a cada ponto de monitoramento foi definida a partir do parâmetro que apresentou as piores condições, isto é, a classe de qualidade mais restritiva.

Considerando o procedimento apresentado em STE (2012) e os resultados obtidos, constata-se um padrão na metodologia aplicada a todos os pontos monitorados. Destaca-se que foram identificadas altas concentrações de DQO em alguns pontos de monitoramento, entretanto a Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece padrões para este parâmetro, o qual, portanto, não foi considerado na classificação dos pontos. Além disso, novamente, nota-se a exclusão do parâmetro fósforo para classificação final dos pontos de monitoramento. Conforme apresentado em STE (2012), a inclusão desse parâmetro resultaria na maioria dos pontos de monitoramento classificados como Classe 4. Entretanto, o fósforo presente na água tem origem múltipla, podendo estar associado a diferentes processos de poluição na bacia, assim como sua ocorrência natural no solo. Dessa maneira, os custos envolvidos na redução de fósforo na água podem ser muito elevados, além de algumas ações mitigadoras serem ineficazes, o que pode acabar por comprometer o alcance das metas de enquadramento.

5.1.5 Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí

Os dados secundário de qualidade da água foram fornecidos por órgãos públicos e entidades privadas. Conforme Engeplus (2012b), de forma a proporcionar uma melhor representatividade para o cenário do período de elaboração do Plano, foram considerados dados

temporais dos últimos dois anos disponíveis ou, para o caso de inexistência de dados contínuos, foram considerados os últimos quatro dados mais recentes, resultando no período de agosto de 2005 a novembro de 2010, além do número de campanhas consideradas variar entre uma e seis, por ponto de monitoramento. Em relação aos dados primários, foi realizada campanha única no mês de junho do ano de 2011.

Na metodologia adotada, buscou-se definir, de maneira isolada, a classificação de cada parâmetro analisado nos respectivos pontos de monitoramento, ou seja, não foi atribuída uma classificação final ao ponto de monitoramento. Tendo em vista a diversidade das fontes de dados, nota-se grande variação na quantidade de parâmetros analisados em cada ponto de monitoramento. Visando representar a qualidade atual das águas superficiais, foram classificados entre 3 e 16 parâmetros nos pontos de monitoramento considerados, destacando-se os metais pesados zinco, chumbo e cobre com maior frequência de análise e classificação, além do parâmetro DBO, o qual foi analisado e classificado em todas as amostras.

Para cada data de amostragem dos pontos de monitoramento foi realizada a classificação de cada parâmetro analisado, de acordo com os limites da Resolução nº CONAMA 357/2005. Na prática, para a classificação final de cada parâmetro, em cada ponto de monitoramento, adotou-se a moda das classes.

A grande variabilidade de dados considerados em cada ponto de monitoramento, como o número de parâmetros analisados e a quantidade de campanhas realizadas, gera um caráter de assimetria na representatividade pontual da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí. Contudo, neste caso, a escolha por classificar apenas os parâmetros analisados, e não atribuir uma classe final ao ponto de monitoramento, representa uma alternativa interessante para expressar a qualidade pontual das águas superficiais. Além disso, verifica-se que apesar da metodologia fazer referência a frequência de 80% de uma classe, essa informação é irrelevante, tendo em vista que no caso de nenhuma classe atingir 80% de frequência, classifica-se o parâmetro de acordo com a classe mais frequente (moda).

5.1.6 Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí

Os dados secundários de qualidade da água foram fornecidos por órgãos públicos e entidades privadas, sendo que há uma notável variação no período de análise considerado para cada ponto de monitoramento, assim como a quantidade de campanhas de amostragem realizadas

em cada ponto. Para os dados fornecidos pela FEPAM, o período considerado tem início em maio de 2002 e fim em julho de 2012. Já para os demais dados secundários, de maneira geral, considerou-se o período entre fevereiro de 2011 e março de 2014. O número de campanhas de amostragem variou entre 3 e mais de 50, dado que para alguns pontos as coletas foram realizadas com frequência mensal ou menor. Em relação aos dados primários, foram realizadas 3 campanhas de amostragem nos meses de fevereiro, julho e setembro do ano de 2014.

Assim como no Plano da bacia Hidrográfica do Alto Jacuí (item 5.1.5), nesta metodologia, buscou-se definir a classificação de cada parâmetro analisado nos respectivos pontos de monitoramento, ou seja, não foi atribuída uma classificação final ao ponto de monitoramento. Tendo em vista a diversidade das fontes de dados, nota-se grande variação na quantidade de parâmetros analisados em cada ponto de monitoramento. Visando representar a qualidade atual das águas superficiais, foram classificados entre 4 e 22 parâmetros nos pontos de monitoramento considerados, com destaque para alguns metais pesados como alumínio, ferro e manganês, além de parâmetros frequentemente analisados, como DBO e coliformes termotolerantes. O parâmetro OD não foi classificado nos pontos monitorados pela empresa executora do Plano, visto que apresentaram concentrações muito baixas durante a primeira e segunda campanha, descaracterizando a situação atual dos corpos hídricos em que foram coletadas as amostras. Além disso, destaca-se que também foram classificados os princípios ativos de agrotóxicos analisados em alguns pontos de monitoramento, variando entre 2 e 8 princípios ativos por ponto (ENGEPLUS, 2015).

Inicialmente, para cada data de amostragem dos pontos de monitoramento, foi realizada a classificação dos parâmetros analisados de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005. Em seguida, para a classificação final de cada parâmetro, em cada ponto de amostragem, adotou-se a classe de qualidade mais frequente (moda). Ainda, para os casos em que duas classes obtiveram a mesma porcentagem de frequência, atribuiu-se ao ponto a classe com maior frequência nos pontos de monitoramento mais próximos.

Da mesma maneira como o observado no Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, a grande variabilidade de dados considerados em cada ponto de monitoramento, como o número de parâmetros analisados e a quantidade de campanhas realizadas, gera um caráter de assimetria na representatividade pontual da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. Contudo, neste caso, a escolha por classificar apenas os parâmetros analisados, e não

atribuir uma classe final ao ponto de monitoramento, representa uma alternativa interessante para expressar a qualidade pontual das águas superficiais e verificar sua possível deterioração ao longo dos anos.

5.1.7 Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba

Os dados de qualidade da água utilizados neste Plano foram fornecidos pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre (DMAE) e pela CORSAN, e se referem a pontos de monitoramento localizados apenas no Lago Guaíba, não contemplando seus afluentes. Apesar da longa série de dados disponíveis, optou-se por trabalhar com os últimos três anos de monitoramento, preferencialmente o período de 2011 a 2013 (ECOPLAN, 2016a). As coletas foram realizadas, em sua maioria, com frequências trimestrais.

O Plano não define a classificação de cada ponto de monitoramento, mas sim a classificação dos segmentos do Lago Guaíba, a partir da avaliação do conjunto de pontos inseridos em cada segmento. Para cada campanha de amostragem, nos respectivos pontos de monitoramento, foram determinadas as classes de qualidade para cada parâmetro analisado conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Os parâmetros analisados foram: clorofila a, coliformes termotolerantes, DBO, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, turbidez, sólidos dissolvidos totais, OD, fósforo e pH. Entretanto, a classificação final da qualidade da água nos segmentos do Lago Guaíba foi baseada apenas no percentil 80 dos resultados atribuídos ao parâmetro coliformes termotolerantes, considerando os pontos de monitoramento inseridos em cada segmento.

A adoção de apenas um parâmetro para a classificação dos segmentos do Lago Guaíba é devidamente justificada na descrição da metodologia aplicada. Segundo Ecoplan (2016a), se fosse utilizado o percentil 80 de todos os parâmetros (simultaneamente), devido a maior frequência de parâmetros em classes menos restritivas de uso (principalmente a classe 1), o Lago Guaíba seria classificado somente nas classes 1 e 2, o que favoreceria as metas de enquadramento. Contudo, os resultados acabariam mascarando o impacto dos parâmetros que não se enquadram nesta classificação. Cabe destacar que o uso do parâmetro fósforo para a classificação dos segmentos também foi considerado inadequado, visto que suas elevadas concentrações poderiam ser provenientes de características naturais do Lago Guaíba.

Apesar do plano não explicitar a classificação dos pontos monitorados, mas sim dos segmentos do Lago Guaíba, para os fins deste trabalho, considerou-se que a metodologia também se aplica à classificação dos pontos de monitoramento.

5.1.8 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Em relação aos dados secundários utilizados na análise, foram avaliados pontos de monitoramento sob responsabilidade da FEPAM e da CORSAN. Entretanto, não foi possível identificar a data de realização das coletas. Na descrição desses dados é apenas informado que foram consideradas duas campanhas, uma em período seco e outra em período úmido. Já em relação aos dados primários, foram considerados os resultados das campanhas de amostragens realizadas em dois períodos, também característicos de épocas úmida (outubro de 2004) e seca (fevereiro de 2005).

Na metodologia apresentada em Ecoplan (2005), buscou-se determinar a classificação dos pontos de monitoramento por campanha realizada. Dessa maneira, em cada ponto, obteve-se duas classificações: uma referente ao período úmido e outra referente ao período seco. A análise de classificação segundo os padrões previstos na Resolução CONAMA nº 357/05 considerou dezenove parâmetros, entre eles: DBO, OD, fósforo total, coliformes termotolerantes, turbidez, metais pesados e os principais agrotóxicos utilizados na região. A classe de qualidade atribuída a cada ponto de monitoramento, para cada campanha realizada, foi definida a partir do parâmetro que apresentou as piores condições, isto é, a classe de qualidade mais restritiva.

Verifica-se que a metodologia de classificação foi aplicada de forma padrão a todos os pontos de monitoramento. Uma característica importante verificada neste Plano é que sua elaboração ocorreu no mesmo período em que entrava em vigor a Resolução CONAMA nº 357/05, substituindo a Resolução CONAMA nº 20/86. Assim, para fins de comparação, na sequência da descrição da metodologia aplicada, os pontos de monitoramento também foram classificados de acordo com os padrões da Resolução CONAMA nº 20/86. Ecoplan (2005) destaca que a diferença nos resultados ocorreu principalmente devido aos padrões do parâmetro fósforo, os quais eram mais restritivos na antiga legislação. Além disso, a classificação de pontos de monitoramento em dois períodos distintos permite, entre outros, identificar a influência de fatores climáticos e da variação das contribuições difusas sobre a qualidade das águas superficiais.

5.1.9 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí

De acordo com Profill (2005a), a determinação da qualidade das águas superficiais foi realizada através da avaliação dos dados do monitoramento realizado pela FEPAM no período de 1992 a 2004. A seleção dessa fonte de dados é justificada pelo longo período de monitoramento existente (série histórica) e porque, idealmente, análises realizadas em um mesmo laboratório tendem a minimizar potenciais interferências ocorrentes durante o processo de análise.

Os parâmetros classificados nesta metodologia foram: DBO, coliformes termotolerantes, cobre, chumbo, mercúrio, níquel e zinco. Destaca-se que, durante a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, ainda estava em vigor a Resolução CONAMA nº 20/86. Assim, para a classificação final de cada parâmetro, utilizou-se o percentil 80 dos dados brutos, isto é, diretamente sobre suas concentrações verificadas em cada amostra, resultando em um valor que então foi classificado de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 20/86. Em relação à classificação dos pontos de monitoramento, conforme Profill (2005a), foi adotado o seguinte procedimento: *(i)* o parâmetro coliformes termotolerantes foi o mais crítico nos pontos amostrados, de modo que se optou por considerá-lo prioritário na classificação final; *(ii)* quando houve concordância de classe entre o parâmetro coliformes fecais e o parâmetro DBO e/ou o parâmetro metais pesados, esta foi considerada a classificação final; *(iii)* quando os parâmetros DBO e metais pesados apresentaram classes inferiores à dos coliformes fecais, foi observada a proximidade do valor da estatística em relação aos limites da classe previstos na Resolução CONAMA nº 20/86; *(iv)* em caso de dúvidas, foi realizada uma análise qualitativa dos efeitos destes parâmetros conforme os valores apresentados, confrontando esta análise com os usos preponderantes estipulados pelo na Resolução CONAMA nº 20/86.

Além dos procedimentos descritos acima, também foi realizada a classificação da qualidade das águas superficiais nos pontos de monitoramento para os dois períodos distintos do ano (inverno e verão) separadamente. O objetivo dessa avaliação foi verificar a influência do incremento populacional que ocorre no verão sobre a qualidade das águas superficiais. Nesta análise, foram considerados os mesmo parâmetros e os mesmos critérios utilizados na classificação geral.

Verifica-se que a classificação dos pontos de monitoramento seguiu a rigor a metodologia descrita em Profill (2005a). Contudo, assim como em outras metodologias analisadas no presente

trabalho, a opção por utilizar uma série extensa de dados, neste caso, 13 anos, pode ser considerada inadequada para representar a condição atual da qualidade dos recursos hídricos superficiais.

5.1.10 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã

Foram utilizados os dados históricos dos pontos de monitoramento da FEPAM, coletados em épocas de estiagem e de chuva no período compreendido entre 2004 e 2013. No ano de 2015, durante a elaboração do plano, foram realizadas duas campanhas de amostragem, as quais também tiveram seus resultados avaliados na metodologia para classificação da qualidade da água.

A classificação dos pontos de monitoramento considerou a análise de quatro parâmetros: DBO, OD, Fósforo e Escherichia coli. Para cada campanha de amostragem, foram determinadas as classes de qualidade para cada parâmetro conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Em seguida, para cada um dos quatro parâmetros, foram determinadas as piores classes que ocorriam considerando o percentil 80% do total de amostras analisadas. A adoção do percentil 80% pressupôs a ordenação de melhor (Classe 1) a pior (Classe 4). Dessa maneira, segundo Gama (2016), foi adotada a frequência acumulada maior ou igual a 80%, resultando na classe adotada a pior classe, última a perfazer o percentil 80%. Na última etapa do procedimento metodológico descrito, novamente, para determinação da classificação final de cada ponto de monitoramento avaliado, foi adotada a última classe a perfazer o percentil 80% considerando as classes atribuídas aos quatro parâmetros já classificados.

Considerando o procedimento apresentado no Plano e os resultados obtidos, constata-se um padrão na metodologia aplicada a todos os pontos monitorados. Em relação à estatística descritiva, a utilização do percentil 80 na avaliação da qualidade de águas superficiais visa minimizar a representatividade de um valor isolado em relação aos demais resultados e priorizar valores que se caracterizam pela permanência ao longo do tempo, mostrando-se uma boa alternativa para a análise de longas séries de dados de qualidade.

5.1.11 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo

Para a análise da condição atual da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo, optou-se por trabalhar com todos os dados de qualidade

disponíveis. Os dados históricos foram disponibilizados pela FEPAM e outras entidades, porém as datas de amostragem não foram identificadas no plano. Além dos dados históricos, trabalhou-se com os dados gerados nas três campanhas de coleta de amostras de água superficial, realizadas durante o período de elaboração do Plano em questão, conforme Infra-Geo (2012).

Na primeira etapa da metodologia aplicada, segundo Infra-Geo (2012), à cada parâmetro analisado, buscou-se atribuir a classe que obteve frequência igual ou superior à 80% entre as amostras consideradas. Quando este percentual não foi atingido, a definição da classe de qualidade foi baseada na situação que apresentou maior frequência (moda). Dessa maneira, nota-se que, na prática, a classificação final de cada parâmetro se baseou apenas na moda das classes.

A partir da definição da classe de cada parâmetro das amostras consideradas, procedeu-se com a classificação de cada ponto monitorado, na qual foi considerado o percentual de parâmetros que atende aos padrões de cada classe da Resolução CONAMA nº 357/2005. Quando 80% ou mais dos parâmetros do ponto monitorado atenderam aos padrões da Classe 1, por exemplo, então esse ponto foi classificado como Classe 1. No caso de menos de 80% dos parâmetros não atenderem à referida classe, buscou-se observar a classe que apresentou a maior frequência (moda) entre os parâmetros diferenciadores das classes, sendo estes: DBO, OD, fósforo total e coliformes fecais.

Verifica-se que, apesar da metodologia fazer referência a frequência de 80% de uma classe para os parâmetros, essa informação é irrelevante, tendo em vista que no caso de nenhuma classe atingir 80% de frequência, classifica-se o parâmetro de acordo com a classe mais frequente (moda). Além dos procedimentos apresentados acima, ressalta-se que para aqueles parâmetros que apresentaram o mesmo valor padrão entre as classes de qualidade, adotou-se a classe que representa a melhor situação, pois, segundo Infra-Geo (2012), tal medida evitaria a subestimativa da qualidade. O Plano também destaca que nessa etapa não foram avaliados os pontos localizados nos reservatórios da bacia, por estes caracterizarem a mudança de um ambiente lótico para um ambiente lântico, sendo sua situação discutida em capítulos posteriores.

5.1.12 Plano da Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo

Em relação aos dados secundários utilizados na análise, foram avaliados os pontos de monitoramento sob responsabilidade da FEPAM, considerando a série de dados adquiridos no período entre junho de 2009 a março de 2011, com coleta trimestrais.

Segundo Engeplus (2012a), os parâmetros classificados para avaliar a condição atual das águas superficiais foram: cloreto, coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total, manganês, nitrato, nitrito, OD, turbidez e zinco. Cada parâmetro, em cada ponto de amostragem, foi então avaliado e classificado, conforme os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, para cada data de amostragem. A classe final do parâmetro foi então definida considerando a classe verificada em 80% da série de dados (do número de amostras). Nos casos em que o percentil de 80% não foi verificado em nenhuma classe, efetuou-se nova análise dos dados brutos adotando-se o parâmetro estatístico moda (valor que detém o maior número de observações, ou seja, o valor ou valores mais frequentes) para definição da classe final do parâmetro. Assim, verifica-se que, na prática, para a classificação final de cada parâmetro, em cada ponto de monitoramento, adotou-se a moda das classes. O mesmo procedimento foi repetido para classificação final do ponto de monitoramento.

Engeplus (2012a) também realizou uma metodologia adicional que não foi identificada em nenhum dos outros Planos de Bacia Hidrográfica avaliados. Visando estabelecer a classificação dos pontos de monitoramento na vazão de referência (Q_{90}), para a condição atual, foi desenvolvida uma metodologia de classificação que relaciona não apenas a classe de cada parâmetro, mas também as principais atividades poluidoras da bacia, sua magnitude de ocorrência e os parâmetros mais representativos de cada atividade considerada. Devido à complexidade e particularidade da análise, assim como para evitar a divulgação de uma interpretação incorreta, não serão discutidos maiores detalhes acerca dos procedimentos adotados nessa metodologia. Contudo, ressalta-se que, nessa metodologia, foi possível identificar diversos aspectos sugeridos nos Cadernos de Recursos Hídricos (ANA, 2009; ANA, 2013) que devem ser considerados na análise da condição atual dos recursos hídricos superficiais, demonstrando seu grande potencial de aplicação.

5.1.13 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí

Apesar da existência de dados fornecidos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), referentes a campanhas de amostragem realizadas em 2004 e 2005, optou-se por definir a situação atual da qualidade da água superficial na bacia do Rio Ibicuí analisando apenas os dados das duas campanhas de amostragens realizadas durante a elaboração do Plano em questão,

sendo a primeira em dezembro de 2010 e a segunda em abril de 2011. Os dados da UFSM foram descartados face às discrepâncias dos resultados se comparados aos dados mais recentes.

Inicialmente, segundo a metodologia descrita em Profill (2011a), para cada ponto amostrado em cada campanha, os parâmetros analisados foram classificados em termos de classes de qualidade, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Posteriormente, a partir das médias das concentrações de cada parâmetro, definiu-se a classe de cada parâmetro por ponto amostrado. Os parâmetros classificados foram: coliformes termotolerantes, DBO, OD, fósforo total, turbidez, metais pesados (zinco e manganês), sulfatos, cloretos, nitrito, nitrato e SDT. Por fim, para classificação final de cada ponto, utilizou-se o percentil 80 das classes atribuídas aos parâmetros considerados.

Embora o procedimento metodológico seja descrito de maneira muito breve e não tenham sido apresentados maiores detalhes para os resultados em cada ponto, é possível dizer que foi aplicada uma análise padrão a todos os pontos monitorados. Além disso, cabe discutir a utilização da média das concentrações para a classificação dos parâmetros. Por um lado, a média pode refletir a influência na qualidade da água que o aumento das contribuições difusas exerce em épocas de chuva, assim como a influência da menor capacidade de diluição de efluentes nos corpos hídricos, que ocorre em épocas de estiagem. Contudo, este resultado pode mascarar situações mais críticas, as quais costumam ocorrer durante época de menores vazões dos mananciais, o que justifica a determinação da vazão de referência, prevista na Resolução CONAMA nº 357/2005.

5.1.14 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria

Em relação aos dados secundários utilizados na análise, foram avaliados pontos de monitoramento sob responsabilidade da FEPAM, considerando a série de dados adquiridos no período entre fevereiro de 2010 a agosto de 2013. Já em relação aos dados primários, foram considerados os resultados de duas campanhas de amostragem, realizadas em agosto e dezembro de 2014.

Os parâmetros selecionados para classificação foram: DBO, OD, coliformes termotolerantes, fósforo total e turbidez. Profill (2015) destaca que, mesmo não tendo sido considerados na classificação final de qualidade da água, os demais parâmetros analisados nas campanhas de monitoramento foram avaliados de forma a verificar incompatibilidades ou

resultados de qualidade discrepantes em relação ao conjunto de parâmetros selecionado para caracterização. Cada parâmetro, em cada ponto de amostragem, foi avaliado e classificado conforme os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para cada data de amostragem. A classe final do parâmetro foi então definida considerando a classe verificada em 80% da série de dados (do número de amostras). Nos casos em que o percentil de 80% não foi verificado em nenhuma classe, efetuou-se nova análise dos dados brutos adotando-se a ferramenta estatística moda para definição da classe final do parâmetro. Assim, verifica-se que, na prática, para a classificação final de cada parâmetro, em cada ponto de monitoramento, adotou-se a moda das classes. Da mesma maneira, conforme Profill (2015), a classe final atribuída ao ponto de monitoramento foi aquela que se apresentou em, no mínimo, 80% do total de parâmetros. Caso o percentil de 80% não tenha sido verificado, foram considerados os dados brutos e aplicada a ferramenta estatística moda, destacando os parâmetros que ficaram distintos da classe final. Portanto, novamente, nota-se que apesar da metodologia fazer referência ao percentil 80, na prática, a classe dos parâmetros e dos pontos de monitoramento foi definida pela ferramenta estatística moda.

Apesar da descrição da metodologia não ser condizente com os resultados obtidos, é possível dizer que foi aplicada uma análise padrão a todos os pontos de monitoramento. Destaca-se que a utilização da moda como critério estatístico para definir as classes de pontos de monitoramento, por vezes, pode ser inadequada. Caso sejam considerados diversos parâmetros cujos padrões são os mesmos para todas as classes de qualidade previstas na Resolução CONAMA nº 357/2005 (ex: nitrito, nitrato e cloretos) e, por consequência, costumam ser classificados em Classe 1, é possível que a situação de outros parâmetros mais significantes, como OD e DBO, seja mascarada.

5.1.15 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí

Os dados primários de qualidade da água foram obtidos em duas campanhas de monitoramento realizadas em junho e setembro de 2011. Os dados secundários foram fornecidos por entidades do setor de abastecimento público e de geração de energia, além de uma prefeitura municipal. A maioria dos dados secundários foi coletada entre os anos de 2008 e 2011, com exceção dos dados fornecidos por uma das entidades do setor de geração de energia, cuja campanha de amostragem foi realizada em 2002.

De acordo com Profill (2011c), na metodologia adotada, não foi realizada classificação dos pontos de monitoramento, assim como não foi aplicado nenhum procedimento estatístico considerando todos os dados coletados em cada ponto para definir a classificação final dos parâmetros analisados. Realizou-se apenas, para cada data de amostragem, a classificação desses parâmetros de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005. Destaca-se a grande diferença no número de campanhas de amostragem consideradas em cada ponto de monitoramento, variando entre uma a 25 (vinte e cinco) campanhas, dado que em alguns pontos foram realizadas campanhas com frequência mensal. Foram classificados entre 4 e 18 parâmetros por ponto de monitoramento, sendo os parâmetros de maior frequência DBO e OD. Além disso, para os pontos monitorados pela empresa executora do Plano, foram classificados 4 (quatro) princípios ativos de agrotóxicos analisados durante as duas campanhas realizadas.

A abordagem metodológica para avaliação da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí não objetivou definir a classificação do pontos de monitoramento. Neste caso, optou-se apenas pela classificação dos parâmetros analisados em cada campanha de acordo com os padrões das classes de qualidade previstas na Resolução CONAMA n° 357/2005. Posteriormente, assim como nos outros Planos discutidos neste trabalho, os resultados dos parâmetros analisados foram utilizados na etapa de calibração do modelo matemático aplicado à simulação de qualidade das águas da bacia do rio Ijuí. Além disso, assim como discutido no item 5.1.1, o não estabelecimento de uma classificação final, tanto para os parâmetros, quanto para os pontos de monitoramento, pode dificultar a compreensão da condição atual de um corpo hídrico para grande parte da população, visto que é apresentado um conjunto extenso de informações, ao invés de um resumo expressado por meio de uma classe de qualidade.

5.1.16 Quadro de critérios por Plano de Bacia Hidrográfica

Visando simplificar a classificação das metodologias apresentadas em cada Plano de Bacia Hidrográfica, segundo os Grupos de Metodologia apresentados no item 4.2, elaborou-se o Quadro 5.1, apresentada a seguir.

Quadro 5.1 - Planos de Bacia Hidrográfica e critérios adotados nas respectivas metodologias para classificação de parâmetros e pontos de monitoramento.

Plano de Bacia Hidrográfica	Extensão dos dados	Parâmetros classificados	Estatística descritiva		Critério qualitativo (ponto de monitoramento)
			Parâmetros	Ponto de Monitoramento	
Rio Gravataí	2 anos	Coliformes termotolerantes, DBO, OD e P	Percentil 80	-	Não classificado
Rio dos Sinos	23 anos	Coliformes termotolerantes, DBO, OD, P e N-NH ₃	Percentil 80	Moda	-
Rio Caí	2 anos	Coliformes termotolerantes, DBO e OD	Classificação por campanha	Frequência de 85% de uma classe	i) Análise dos parâmetros prioritários ii) Desconsideração do parâmetro P
Rio Taquari-Antas	3 anos	Coliformes termotolerantes, DBO, OD, N-NH ₃ , pH, turbidez e metais pesados	Percentil 80	-	i) Verificação da classe de qualidade mais restritiva ii) Desconsideração do parâmetro P
Alto Jacuí	7 anos	Coliformes termotolerantes, DBO, OD, P, N-NH ₃ , pH, turbidez, metais pesados, sulfetos, cloretos, NO ₂ , NO ₃ ⁻ , fenóis e clorofila	Moda	-	Não classificado
Baixo Jacuí	13 anos	Coliformes termotolerantes, DBO, OD, P, N-NH ₃ , pH, turbidez, metais pesados, sulfatos, cloretos, NO ₂ , NO ₃ ⁻ , SDT e agrotóxicos	Moda	-	Não classificado
Lago Guaíba	5 anos	Coliformes termotolerantes	Percentil 80	Percentil 80	i) Parâmetro único
Rio Pardo	1 ano*	Coliformes termotolerantes, DBO, OD, P, N-NH ₃ , pH, turbidez, metais pesados, sulfatos, cloretos, NO ₂ , NO ₃ ⁻ , SDT e agrotóxicos	Classificação por campanha	-	i) Verificação da classe de qualidade mais restritiva ii) Classificação em dois períodos distintos
Rio Tramandaí	13 anos	Coliformes termotolerantes, DBO e metais pesados	Percentil 80	-	i) Análise dos parâmetros prioritários ii) Classificação em dois períodos distintos iii)

Plano de Bacia Hidrográfica	Extensão dos dados	Parâmetros classificados	Estatística descritiva		Critério qualitativo (ponto de monitoramento)
			Parâmetros	Ponto de Monitoramento	
					Desconsideração do parâmetro P
Rio Camaquã	12 anos	Coliformes termotolerantes, DBO, OD e P	Percentil 80	Percentil 80	-
Rio Passo Fundo	1 ano*	Coliformes termotolerantes, DBO, OD e P	Moda	Moda	-
Rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo	3 anos	Coliformes termotolerantes, DBO, OD, P, turbidez, metais pesados, cloretos, NO ₂ e NO ₃ ⁻	Moda	Moda	i) Classificação pontual na vazão de referência
Rio Ibicuí	1 ano	Coliformes termotolerantes, DBO, OD, P, turbidez, metais pesados, sulfatos, cloretos, NO ₂ , NO ₃ ⁻ e SDT	Média	Percentil 80	-
Rio Santa Maria	5 anos	Coliformes termotolerantes, DBO, OD, P e turbidez	Moda	Moda	-
Rio Ijuí	3 anos	Coliformes termotolerantes, DBO, OD, P, N-NH ₃ , pH, turbidez, metais pesados, sulfatos, cloretos, NO ₂ , NO ₃ ⁻ , SDT e agrotóxicos	Classificação por campanha	-	Não classificado

P: fósforo total; N-NH₃: nitrogênio amoniacal; NO₂: nitrito; NO₃⁻: nitrato; SDT: sólidos dissolvidos totais

* Considerando apenas os dados primários

Apesar de nenhum dos Planos ter analisado a probabilidade de ocorrência da qualidade da água, conforme metodologia apresentada no item 3.4, destaca-se que em alguns casos seria possível aplicar este método, como no Rio dos Sinos, no Baixo Jacuí e no Rio Tramandaí. As metodologias adotadas nestes Planos consideraram uma série de dados longa, o que poderia resultar em uma análise robusta quanto à permanência das classes de qualidade.

5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PLANOS DE BACIA HIDROGRÁFICA

A seguir, o Quadro 5.2 apresenta a classificação dos Planos de Bacia Hidrográfica segundo os Grupos de Metodologia, conforme procedimentos descritos no item 4.2.

Quadro 5.2 - Classificação dos Planos de Bacia Hidrográfica segundo Grupos de Metodologia

Grupo de Metodologia	Plano de Bacia Hidrográfica
Grupo 1	Rio Gravataí Alto Jacuí Baixo Jacuí Rio Ijuí
Grupo 2	Rio Caí Rio Taquari-Antas Rio Pardo Rio Tramandaí
Grupo 3	Rio Passo Fundo Rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo Rio Santa Maria
Grupo 4	Lago Guaíba Rio Camaquã
Grupo 5	Rio dos Sinos
Grupo 6	Rio Ibicuí

Nota-se que a não classificação dos pontos de monitoramento é o principal critério representativo do Grupo 1, tendo em vista que os quatro Planos classificados como Grupo 1 apresentam grande variedade quanto às demais classes de critérios.

Apesar de outros quatro Planos terem sido classificados como Grupo 2, devido aos diferentes Critérios Qualitativos que caracterizam esse grupo e a diversidade de parâmetros classificados, acredita-se que as metodologias adotadas não podem ser consideradas semelhantes. Contudo, o Grupo 2 pode ser entendido como o Grupo de Metodologia de maior assimetria, representando um fator que contribui para a falta de um padrão na aplicação das metodologias de classificação de corpos hídricos.

Em relação ao Grupo 3, acredita-se que haja uma relação entre a adoção da ferramenta estatística Moda e a curta extensão do período de dados analisados. Entretanto, conforme descrito anteriormente, não foi possível identificar as datas de amostragem dos dados secundários considerados em Infra-Geo (2012), portanto, é possível que a metodologia no Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo não tenha sido classificada de forma adequada.

Conforme análises apresentadas nos itens anteriores, verificou-se que a adoção do percentil 80 para a classificação final de parâmetros é bastante recorrente. Para o Grupo 4, embora o percentil 80 caracterize a classificação dos pontos de monitoramento, destaca-se a assimetria quanto aos parâmetros sobre os quais a estatística descritiva foi aplicada. Neste aspecto, em relação à metodologia adotada no Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, a classificação do ponto de monitoramento segundo apenas o parâmetro coliformes

termotolerantes poderia representar um novo Grupo de Metodologia. Todavia, optou-se por manter esse Plano classificado como Grupo 4 para evitar o excesso de Grupos de Metodologia.

Os Grupos 5 e 6 representam duas metodologias muito particulares, uma pela longa extensão dos dados (Rio dos Sinos) e outra pela classificação dos parâmetros segundo a média das suas concentrações (Rio Ibicuí). Dessa maneira, não foi possível vincular outros Planos a esses grupos, assim como também não foi possível classificar os Planos do Rio dos Sinos e do Rio Ibicuí em outros grupos.

Os resultados apresentados no Quadro 5.2 foram espacializados e podem ser verificados na Figura 5.1, a seguir.

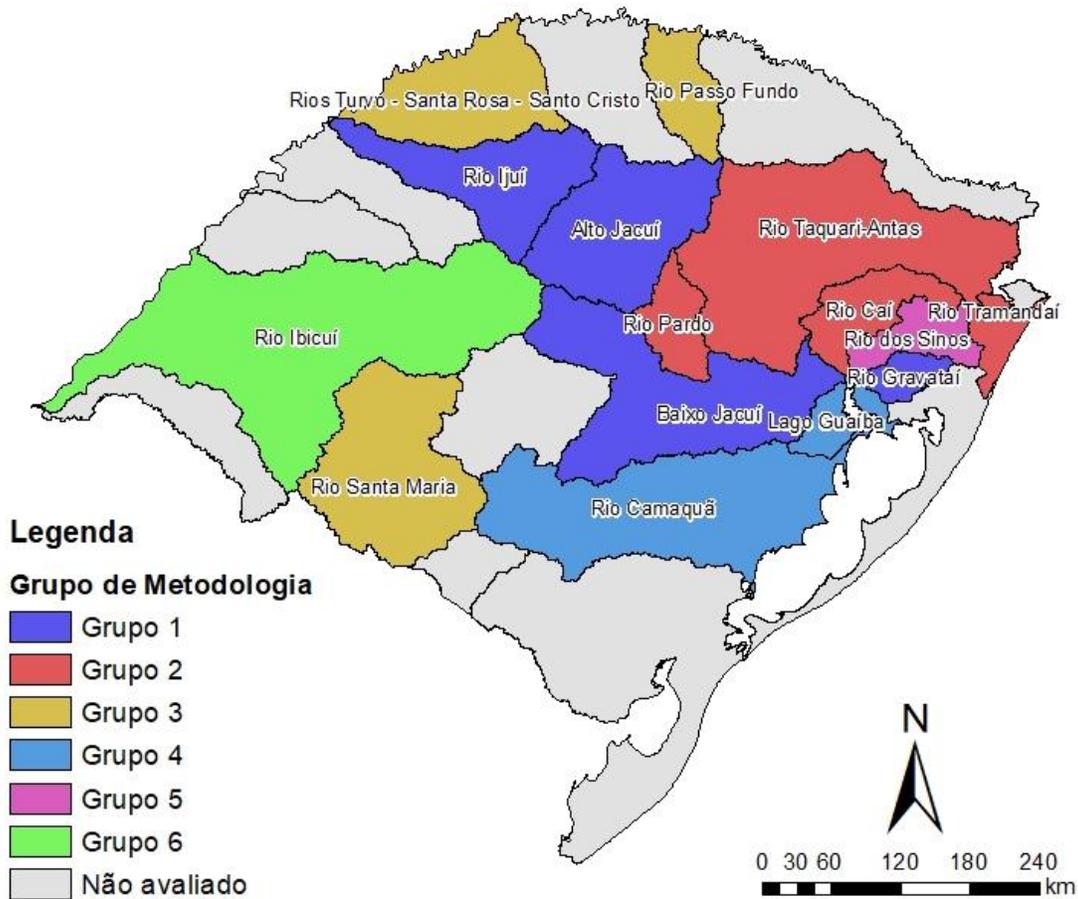


Figura 5.1 - Classificação das Bacias Hidrográficas segundo Grupos de Metodologia.

6. TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento deste trabalho poderá servir como subsídio para a elaboração de novos estudos que avaliem a relação entre a metodologia de classificação aplicada e as características de cada bacia hidrográfica. Neste aspecto, acredita-se que seja relevante avaliar:

- i. Relação entre metodologia de classificação e vocação da bacia hidrográfica;
- ii. Relação entre metodologia de classificação e uso e ocupação do solo;
- iii. Relação entre metodologia de classificação e conflitos pelo uso da água;

A partir destas novas análises, espera-se obter resultados que permitam discutir se existe uma metodologia de classificação mais adequada para cada situação. Dessa maneira, estes novos estudos, em conjunto com o presente trabalho, poderão ser consultados para a elaboração de novos planos de bacia hidrográfica e enquadramento.

7. CONCLUSÃO

Considerando apenas os Planos de Bacia Hidrográfica já realizados no Estado do Rio Grande do Sul, a partir dos resultados e das discussões apresentadas neste trabalho, conclui-se que não há um padrão nas metodologias aplicadas na classificação de parâmetros e pontos de monitoramento de água superficial. Além disso, a grande variedade de critérios adotados nas metodologias analisadas dificultou a criação de Grupos de Metodologia que representassem, de forma consistente, os procedimentos empregados nos Planos.

No que diz respeito à estatística descritiva, foi possível identificar que há uma tendência em utilizar o percentil 80 como critério para a classificação de parâmetros e pontos de monitoramento. Portanto, acredita-se que haja algum documento (portaria ou resolução) vinculado à ANA em que é sugerida a aplicação dessa ferramenta. Entretanto, na bibliografia consultada, não foram encontradas referências a um documento deste tipo, o que também leva a acreditar que a orientação para aplicação do percentil 80 nunca tenha sido formalizada pela agência ou pelo órgão ambiental do estado, sendo apenas discutida em workshops e outros encontros técnicos.

Devido às diferentes vocações de cada bacia hidrográfica, bem como a diversidade de uso e ocupação do solo, verificou-se uma grande assimetria na escolha dos parâmetros a serem classificados segundo os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. É

notório que, quanto maior o número de parâmetros monitorados, maiores são as chances de se identificar contaminações dos recursos hídricos. Todavia, quando a análise é destinada à classificação de corpos de água, a escolha por trabalhar com um grande número de parâmetros gera uma tendência na obtenção de resultados não condizentes com condição real da qualidade da água. Tal situação ocorre devido a alguns parâmetros não possuírem limites diferenciadores entre as classes de qualidade presentes na Resolução CONAMA nº 357/2005, os quais acabam sendo classificados em Classe 1, como é o do nitrato e do nitrito. Desse modo, caso a classificação de um ponto de monitoramento seja estabelecida segundo a moda das classes atribuídas aos parâmetros, é provável que o ponto de monitoramento seja classificado em Classe 1, apesar de alguns parâmetros mais significantes, como OD e DBO, apresentarem valores que resultem em Classe 4.

Outra questão envolvendo a escolha dos parâmetros a serem classificados está relacionada à menor eficiência dos investimentos para alcance das metas de enquadramento. Caso muitos parâmetros sejam classificados, é possível que as ações voltadas ao alcance das metas sejam pouco específicas, não sendo suficientes para controlar os níveis dos principais parâmetros causadores da qualidade ruim. Assim, levando-se em consideração que as metas finais de enquadramento são o reflexo dos usos da água pretendidos na bacia, acredita-se que os investimentos em uma bacia possam ser otimizados se a escolha dos parâmetros a serem classificados estiver sempre alinhada aos usos da água pretendidos.

Apesar de os Grupos de Metodologia apresentados neste trabalho não representarem de forma consistente os procedimentos empregados nos Planos avaliados, ressalta-se que esta abordagem pode orientar o poder público em processos decisórios, principalmente por condensar um nível interessante de dados, o que deve contribuir para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos do estado e, ainda, favorecer a divulgação de informações para a sociedade.

Ainda que a análise de probabilidade de ocorrência de concentrações não tenha sido utilizada nos Planos de Bacia Hidrográfica já realizados no Estado do Rio Grande do Sul, foi possível compreender o grande potencial e aplicabilidade desta abordagem metodológica. Ao considerar a probabilidade de ocorrência, é definida uma probabilidade mínima desejada, o que pode tornar as medidas de remoção de carga poluidora mais eficientes em termos de custos. Acredita-se que esta metodologia deva ser mais explorada, pois trata-se de uma ferramenta que

estabelece critérios seguros e condizentes com a realidade das bacias hidrográficas, contribuindo para a otimização da gestão de recursos hídricos.

Por fim, cabe refletir acerca da indagação inicial que motivou o desenvolvimento deste trabalho. Em um primeiro momento, imaginou-se ser possível incentivar uma espécie de automatização do processo de classificação dos corpos de água, identificando as etapas e os critérios que devem ser seguidos. Contudo, devido à complexidade e assimetrias de cada caso, verificou-se não ser possível sugerir um procedimento rígido e padronizado para a classificação de parâmetros e pontos de monitoramento. Acredita-se que, embora este trabalho sirva para incentivar novas discussões direcionadas à redução de assimetrias nas metodologias adotadas, sempre será necessário uma visão ampla sobre a temática da gestão de recursos hídricos, levando-se em consideração as particularidades de cada bacia hidrográfica e a disponibilidade de dados.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água e Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. Brasília, 2007. (Cadernos de Recursos Hídricos, n. 5).

ANA. Agência Nacional de Águas. Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas do Brasil e sistema nacional de informações sobre recursos hídricos: arquitetura computacional e sistêmica. Brasília, 2009. (Cadernos de Recursos Hídricos, n. 6).

ANA. Agência Nacional de Águas. Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento de Corpos de Água. Brasília, 2013. (Caderno de Capacitação em Recursos Hídricos, Vol 5.).

ANA. Agência Nacional de Águas. Cadernos de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/estudos/cadernoderecursos.aspx>. Acesso em 10 de novembro de 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria Recursos Hídricos. Caderno da Região Hidrográfica do Uruguai. Brasília: SRH/MMA, 2006. 132 p.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 25 jun 2018.

BRITES, A. P. Z. Enquadramento dos corpos de água através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica. 205p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BINOTTO, D. Proposta de enquadramento para a bacia hidrográfica do arroio Jacutinga, município de Ivorá - RS. 2012. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

BOURSCHEID. Relatório Técnico 2 – Obtenção de Informações Complementares. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. Porto Alegre, 2011.

BOURSCHEID. Relatório da Etapa A – Diagnóstico dos Recursos Hídricos. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. Porto Alegre, 2012.

COBRAPE. Proposta de Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais da Bacia do Rio Paranaíba. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. Brasília, 2012.

ECOPLAN. Relatório da Etapa A – Relatório de Diagnóstico. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. Porto Alegre, 2005.

ECOPLAN. Relatório Técnico 1 – Atividades Preliminares e Consolidação da Base Técnica. Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba. Porto Alegre, 2016a.

ECOPLAN. Relatório Técnico 2 – Complementação da Fase B – Estabelecimento das metas intermediárias do enquadramento e vazão de referência. Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba. Porto Alegre, 2016b.

ENGEPLUS. Relatório Técnico 3 – Consolidação do Diagnóstico – Tomo III. Plano da Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo. Porto Alegre, 2012a.

ENGEPLUS. Relatório Técnico 3 – Consolidação do Diagnóstico. Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí. Porto Alegre, 2012b.

ENGEPLUS. Relatório Técnico 3 – Consolidação do Diagnóstico – Tomo II. Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. Porto Alegre, 2015.

ENDERLEIN, U. S.; ENDERLEIN, R. E.; WILLIAMS, W. P. Water Quality Requirements. In: Helmer, R., Hespanhol, I., eds., Water Pollution Control. E&FN Spon. Londres, Inglaterra. 1997.

FERREIRA, D. M. Simulação hidrodinâmica e de qualidade da água em rios: impacto para os instrumentos de gestão de recursos hídricos. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

GAMA. Relatório Técnico 3 – Diagnóstico da Bacia. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã. Porto Alegre, 2015

GAMA. Relatório Técnico 5 – Enquadramento. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã. Porto Alegre, 2016.

INFRA-GEO. Relatório da Etapa A. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo. Porto Alegre, 2012.

KAYSER, R. H. B.; TSCHIEDEL, A. F.; CYBIS, L. F. A.; COLLISCHONN, W. Comparativo entre o modelo QUAL2K e uma metodologia simplificada de modelagem de qualidade da água integrada a um ambiente de sistemas de informações geográficas: estudo de caso na acia do rio Macaé. In: XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2017, Florianópolis. Anais do XXII SBSR. Porto Alegre: ABRH, 2017a.

KAYSER, R. H. B.; COLLISCHONN, W. Manual teórico-prático da ferramenta WARM-GIS Tools: Exemplo de aplicação na Bacia do Rio das Almas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

KNAPIK, H. G.; FRANÇA, M. S.; MASINI, L. S.; et al. Análise crítica da calibração do modelo de qualidade de água QUAL2E – estudo de caso da bacia do Alto Iguaçu. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 5, n. 2, p. 25–37, 2008.

LEITE, E. H.; HAASE, J.; PINEDA, M. D.; SILVA, M. L. C.; COBALCHINI, M. S. Qualidade dos recursos hídricos superficiais da bacia do Guaíba – subsídios para o processo de enquadramento. Fundação Estadual de Proteção Ambiental – Fepam. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Gramado, 1998.

PROFILL. Relatório Temático A.2 – Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Porto Alegre, 2005a.

PROFILL. Relatório Temático B.2 – Alternativas de compatibilização das disponibilidades qualitativas e demandas hídricas e Enquadramento dos Recursos Hídricos Superficiais. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Porto Alegre, 2005b.

PROFILL. Relatório Técnico 3 – Consolidação do Diagnóstico. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí. Porto Alegre, 2011a.

PROFILL. Relatório Técnico 4 – Definição do Processo de Enquadramento. Plano da bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí. Porto Alegre, 2011b.

PROFILL. Relatório da Etapa A – Diagnóstico e Prognóstico. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí. Porto Alegre, 2011c.

PROFILL. Relatório Temático A.2 – Diagnóstico da Disponibilidade Hídrica. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Caí. Porto Alegre, 2007.

PROFILL. Relatório Técnico 1 – Atividades Preliminares e Consolidação da Base Técnica. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Porto Alegre, 2013.

PROFILL. Relatório Técnico 2 – Complementação do Enquadramento. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Porto Alegre, 2014.

PROFILL. Relatório Técnico 3 – Consolidação do Diagnóstico. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria. Porto Alegre, 2015.

PROFILL; RHAMA. Relatório Final – Diagnóstico – Tomo II. Primeira Revisão do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2020. Piracicaba, 2018.

SRH/MMA. Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente. Enquadramento de corpos de água em classes – experiências brasileiras. Brasília, 1999.

STE. Relatório Técnico 3 – Atividade A.3 – Consolidação do Diagnóstico – Tomo II. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. Porto Alegre, 2012.