

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA
NA CONTRIBUIÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE DOS USOS
MÚLTIPLOS DA ÁGUA

HIARQUE DE OLIVEIRA SOUZA

ORIENTADOR: RICARDO TEZINI MINOTI

CO-ORIENTADORA: GABRIELA GARCIA BATISTA LIMA
MORAES

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL II EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

BRASÍLIA-DF

MAIO/2021

FICHA CATALOGRÁFICA

SOUZA, HIARQUE DE OLIVEIRA

Avaliação do Enquadramento dos corpos de água como Propulsor da Sustentabilidade em Corpos Hídricos do Distrito Federal

vii, 106 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2021)

Monografia de Projeto Final II - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Enquadramento dos Corpos Hídricos | 2. Gestão dos Recursos Hídricos |
| 3. Índice de Conformidade ao Enquadramento | 4. QUAL UFMG |

I. ENC/FT/UnB

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUZA, H. O. (2021). Avaliação do enquadramento dos corpos de água como propulsor da sustentabilidade em corpos hídricos do Distrito Federal. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 106p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Hiarque de Oliveira Souza

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Avaliação do Enquadramento dos corpos de água como Propulsor da Sustentabilidade em Corpos Hídricos do Distrito Federal.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2021.

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Hiarque de Oliveira Souza

hiark.oliveira@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente aos meus pais, Reinalda e Claudiomar, que sempre me apoiaram, me incentivaram e me fortaleceram em todos os instantes da minha vida, e que mesmo nos momentos de dificuldade não mediram esforços em oferecer o melhor que podiam. São, ao mesmo tempo, meus maiores ídolos e meus maiores fãs.

Agradeço ao meu orientador, Professor Ricardo Minoti, por toda a dedicação, atenção, cuidado e incentivo para que este trabalho fosse o melhor possível. Além dos inúmeros aprendizados ao longo de toda a minha graduação.

Sou grato à minha co-orientadora, Professora Gabriela Moraes, por todos os ensinamentos, pela paciência, dedicação e pelas inúmeras oportunidades que decorreram de nossas parcerias. Mais que uma orientadora, tornou-se uma conselheira e amiga.

Agradeço aos Professores que participaram da minha banca e contribuíram para a realização e melhora deste trabalho: Professor André Ferraço, Professora Raquel Souto e o Professor Arthur Tavares.

Também agradeço a todos os professores e demais funcionários da Universidade de Brasília por todos os ensinamentos compartilhados na minha graduação, com destaque aos professores do departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

Agradeço aos meus amigos que sempre estiveram comigo, tanto nos momentos de alegria, de aflição e de tristeza, como Gabriel Rogae, Julia Sousa, Sara Janice, Letícia Ribeiro, Caio César, Miguel Borba, Marcella Martins, Rafael Monteiro, Ayalla Estephane e Nakaiama Aguiar. Vocês tornaram a graduação mais leve e divertida.

Também agradeço a ADASA, a CAESB e ao IBRAM por todos os dados e pelas respostas fornecidas que possibilitaram a realização deste trabalho.

Agradeço a todos que contribuíram para minha formação pessoal, acadêmica e profissional. Guardo cada um de vocês em meu coração. Com destaque à minha tia Ana Rosa e minha amiga Maria Aparecida.

RESUMO

A necessidade do atendimento aos usos múltiplos da água salienta a importância do cumprimento do enquadramento para uma gestão mais sustentável da água. Assim, este trabalho avaliou a contribuição promovida pelo enquadramento para a sustentabilidade dos usos múltiplos da água em dois corpos hídricos do Distrito Federal: ribeirão Sobradinho e rio Melchior. Para tanto, o índice de conformidade ao enquadramento (ICE) foi utilizado para avaliar a evolução da qualidade da água destes rios em relação ao previsto em suas respectivas classes, avaliando, assim, o cenário desde o enquadramento, de janeiro de 2015 à dezembro de 2020. O QUAL-UFMG serviu para prever possíveis cenários para o ribeirão Sobradinho e quais os impactos na capacidade de autodepuração deste rio. Por fim, uma breve análise das ações de proteção dos recursos hídricos do Distrito Federal. O ICE demonstrou o impacto do lançamento da ETE Sobradinho na qualidade da água no ribeirão Sobradinho e os efeitos da poluição difusa na bacia. Já para o rio Melchior, corpo hídrico de classe 4, o ICE apontou o perfeito atendimento ao enquadramento proposto, embora este resultado não seja compatível com a qualidade da água deste rio, apontando que a relação deste índice com a qualidade da água nem sempre é direta. Com base nos resultados obtidos com a aplicação do modelo QUAL-UFMG, foi possível observar que, para aumentos expressivos na população atendida, mesmo com o cumprimento da melhoria proposta no PDSB para a ETE Sobradinho, ela não seria capaz de tratar o afluyente ao ponto de se fazer lançamentos compatíveis com a classe 3, o que configura a não sustentabilidade dos usos múltiplos da água.

PALAVRAS-CHAVE: Enquadramento dos corpos hídricos; Índice de Conformidade ao Enquadramento; QUAL-UFMG; ribeirão Sobradinho; rio Melchior.

ABSTRACT

The need to meet the multiple uses of water highlights the importance of meeting the classification for more sustainable water management. Therefore, this work evaluates the contribution promoted by the classification for the sustainability of multiple uses of water in two water bodies in the Federal District: Sobradinho and Melchior rivers. For this purpose, the index of CCME Water Quality Index (CCME WQI) was used to assess the evolution of the water quality of these rivers in relation to that predicted in their respective classes, thus evaluating the scenario from the classification, in December 2014, until the current moment. The QUAL-UFGM served to make predictions of possible scenarios for the Sobradinho river and what are the impacts on the self-purification capacity of this river. Finally, a brief analysis of the water resources protection actions in the Federal District. The CCME WQI demonstrated the impact of the launch of the sewage treatment station (STS) Sobradinho on the water quality in the Sobradinho river and the effects of diffuse pollution in the basin. As for the Melchior river, a class 4 water body, the CCME WQI pointed out the perfect compliance with the proposed classification, although this result is not compatible with the water quality of this river. This indicates that the relationship between this index and water quality is not always direct. Based on the results obtained with the application of the QUAL-UFGM model, it was possible to observe that, for significant increases in the population served, even with the fulfillment of the proposed improvement in the PDSB for STS Sobradinho, it would not be able to treat the affluent to the point of make launches compatible with class 3, which configures the non-sustainability of multiple water uses..

Key-Words: Classification of water bodies; CCME Water Quality Index; QUAL-UFGM; Sobradinho river; Melchior river.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

°C - Graus Célsius

ADASA – Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento do Distrito Federal

ANA - Agência Nacional de Águas

Art. - Artigo

CBH - Comitê de Bacia Hidrográfica

CCME - *Canadian Council of Ministers of the Environment*

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CRH-DF - Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DF - Distrito Federal

DQO - Demanda Química de Oxigênio

e-SIC - Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão do Distrito Federal

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMATER-DF - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

GDF - Governo do Distrito Federal

HIDROWEB - Portal Hidroweb

IBRAM - Instituto Brasília Ambiental

ICE - Índice de Conformidade ao Enquadramento

K1 - Coeficiente de desoxigenação

K2 - Coeficiente de reaeração

Kd - Coeficiente de remoção de DBO efetiva no rio

m³/s - Metro Cúbico por segundo

mg/L - Miligrama por Litro

MINTER - Ministério do Interior

nº - Número

OD - Oxigênio Dissolvido

PDSB - Plano Distrital de Saneamento Básico

pH - Potencial Hidrogeniônico

PNMA - Política Nacional de Meio Ambiente

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

PRH - Plano de Recursos Hídricos

SEAGRI - Secretaria de Agricultura do Distrito Federal

SEMA - Secretaria de Meio Ambiente

SINGREH - Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

SIRH - Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Fluxograma das etapas metodológicas do desenvolvimento do trabalho.

Figura 4.2 - Localização da Bacia Hidrográfica do ribeirão Sobradinho (BHRS) no Distrito Federal.

Figura 4.3 - Mapa do ribeirão Sobradinho com a representação dos pontos monitorados pela CAESB e da ETE Sobradinho

Figura 4.4 - Localização da unidade hidrográfica do rio Melchior dentro do Distrito Federal.

Figura 4.5 - Localização da unidade hidrográfica do rio Melchior, dos pontos monitorados pela CAESB e das ETES Samambaia e Melchior.

Figura 4.6 - Fluxograma das etapas da modelagem de qualidade da água pelo modelo QUAL-UFGM

Figura 4.7: Diagrama Unifilar do trecho simulado do ribeirão Sobradinho.

Figura 5.1: Dados observados pela CAESB para qualidade da água do ponto 010 de monitoramento do ribeirão Sobradinho em relação aos limites estipulados em cada classe, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 5.2: Dados observados pela CAESB para qualidade da água do ponto 030 de monitoramento do ribeirão Sobradinho em relação aos limites estipulados em cada classe, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 5.3: Dados observados pela CAESB para qualidade da água do ponto 050 de monitoramento do ribeirão Sobradinho em relação aos limites estipulados em cada classe, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 5.4: Dados observados pela CAESB para qualidade da água do ponto 010 de monitoramento do rio Melchior em relação aos limites estipulados em cada classe, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 5.5: Dados observados pela CAESB para qualidade da água do ponto 020 de monitoramento do rio Melchior em relação aos limites estipulados em cada classe, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 5.6: Dados observados pela CAESB para qualidade da água do ponto 030 de monitoramento do rio Melchior em relação aos limites estipulados em cada classe, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 5.7: Decomposição da matéria orgânica modelada com o modelo calibrado.

Figura 5.8: Decomposição da matéria orgânica modelada com o modelo sem calibração.

Figura 5.9: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFGM de OD e DBO para o primeiro cenário.

Figura 5.10: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFGM de Fósforo e Coliformes para o primeiro cenário.

Figura 5.11: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFGM de OD e DBO para o segundo cenário.

Figura 5.12: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFGM de Fósforo e Coliformes para o segundo cenário.

Figura 5.13: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFGM de OD e DBO para o terceiro cenário.

Figura 5.14: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFGM do Fósforo e Coliformes para o terceiro cenário.

Figura 5.15: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFGM de OD e DBO para o quarto cenário.

Figura 5.16: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFGM do Fósforo e Coliformes para o quarto cenário.

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Valores típicos dos coeficientes de remoção de DBO (K1 e Kd) (base e, 20°C).

Tabela 3.2: Valores típicos de K2 (base e, 20°C).

Tabela 4.1: Dados dos corpos hídricos utilizados na aplicação do ICE e modelagem da qualidade da água com o QUAL-UFGM.

Tabela 4.2: Dados do efluente da ETE Sobradinho e consumo per capto de água utilizados na aplicação da modelagem da qualidade da água.

Tabela 4.3: Parâmetros e limites utilizados para o cálculo do ICE.

Tabela 4.4: Classificação do Índice de Conformidade ao Enquadramento.

Tabela 4.5: Dados de entrada para a qualidade da água do ribeirão Sobradinho.

Tabela 4.6: Valores dos coeficientes aplicados para a melhor calibração do modelo.

Tabela 4.7: Valores típicos dos parâmetros para os esgotos domésticos brutos.

Tabela 4.8: Descrição resumida dos cenários simulados

Tabela 4.9: Média das concentrações dos parâmetros do afluente, do efluente tratado na ETE e a eficiência de remoção no período de julho a setembro de 2020

Tabela 4.10: Valores utilizados para o cálculo da vazão e o valor da vazão obtido para uma população de 100 mil pessoas

Tabela 4.11: Valores utilizados para o cálculo da vazão e o valor da vazão obtido para uma população de 200 mil pessoas

Tabela 4.12: Média das concentrações dos parâmetros do afluente, do efluente tratado na ETE, e a eficiência de remoção projetada no PDSB

Tabela 4.13: Média das concentrações dos parâmetros do afluente, do efluente tratado na ETE e a eficiência de remoção proposta no PDSB para 2037

Tabela 5.1: Valores de ICE para o Ribeirão Sobradinho no ponto 010 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período

Tabela 5.2: Valores de ICE para o Ribeirão Sobradinho no ponto 020 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período.

Tabela 5.3: Valores de ICE para o Ribeirão Sobradinho no ponto 030 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período.

Tabela 5.4 Valores de ICE para o Ribeirão Sobradinho no ponto 040 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período.

Tabela 5.5: Valores de ICE para o Ribeirão Sobradinho no ponto 050 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período.

Tabela 5.6: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 010 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período

Tabela 5.7: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 015 entre 2018 e 2020 e para a série histórica deste período

Tabela 5.8: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 020 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período

Tabela 5.9: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 030 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período.

Tabela 5.10: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 010 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período, considerando-o como classe 3 (condição hipotética).

Tabela 5.11: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 015 entre 2018 e 2020 e para a série histórica deste período, considerando-o como classe 3 (condição hipotética).

Tabela 5.12: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 020 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período, considerando-o como classe 3 (condição hipotética).

Tabela 5.13: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 030 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período, considerando-o como classe 3 (condição hipotética).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	18
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 O papel do enquadramento dos corpos hídricos na relação entre Direito e Gestão	19
3.1.1 Evolução do enquadramento no ordenamento jurídico brasileiro e do Distrito Federal	19
3.1.2 Enquadramento dos corpos d'água como Instrumento de Gestão dos Recursos Hídricos	23
3.1.2.1 Da elaboração do Enquadramento e seu caráter participativo	24
3.1.2.2 Da importância do Enquadramento para o desenvolvimento sustentável de empreendimentos econômicos	27
3.1.2.3 Da divisão de classes de água e o atendimento aos usos múltiplos	28
3.1.2.4 Relação entre o conceito amplo de Poluição e como as classes de água são especificadas na Resolução CONAMA nº 357 de 2005	31
3.1.3 A função do Comitê de Bacia na gestão dos corpos hídricos: uma análise da relação entre direito e governança na gestão dos corpos hídricos	33
3.2 Aplicação de Indicadores e Modelos para avaliação da qualidade ambiental	35
3.2.1 O papel do enquadramento na propulsão da sustentabilidade	35
3.2.2 Utilização do Índice de Conformidade ao Enquadramento como método avaliativo do cumprimento ao enquadramento	37
3.2.3 Modelagem da qualidade da água como indicador da dinâmica de poluição no ambiente	39
3.2.3.1 Aplicação do modelo QUAL-UFGM como ferramenta de modelagem da qualidade da água	40
3.2.3.2 Parâmetros simulados pelo QUAL-UFGM e sua relação com a qualidade da água	43
3.3 Análise dos programas e políticas públicas adotados em prol da proteção ambiental	44
4. METODOLOGIA	46
4.1 Caracterização das Áreas de estudo	46
4.1.1 Caso do ribeirão Sobradinho	46
4.1.2 Caso do rio Melchior	48
4.2 Levantamento de dados	50
4.3 Análise da qualidade da água do ribeirão Sobradinho e do rio Melchior entre 2015 e 2020	52
4.4 Aplicação do Índice de Conformidade ao Enquadramento como método científico de avaliação do enquadramento dos corpos hídricos do Distrito Federal	53
4.5 Modelagem da qualidade da água pela aplicação do QUAL-UFGM	56
4.5.1 Dados de entrada utilizados na modelagem	57
4.5.2 Calibração do modelo e simulação dos cenários	58

4.6 Análise da atuação dos principais órgãos ambientais e de recursos hídricos no tratamento do esgotamento sanitário no Distrito Federal perante a proteção dos corpos hídricos	64
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5.1 Análise da Qualidade da Água	66
5.2 Aplicação e análise da evolução do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)	71
5.2.1 Ribeirão Sobradinho	71
5.2.2 Rio Melchior	76
5.3 Avaliação dos cenários previstos para 2030-2037 para o ribeirão Sobradinho através da simulação de qualidade da água com o modelo QUAL-UFGM	83
5.4 Mapeamento e análise da atuação dos principais órgãos ambientais envolvidos com o Enquadramento dos Corpos Hídricos do Distrito Federal	90
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	97
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

1. INTRODUÇÃO

O enquadramento dos corpos hídricos em classes é um importante instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), atuando tanto no gerenciamento como no planejamento deste recurso. A abordagem deste instrumento como um propulsor de sustentabilidade¹ visa avaliar as implicações da sua utilização nas esferas social, ecológica e econômica, promovendo um melhor entendimento dos conflitos que envolvem a definição das classes e os usos múltiplos da água, bem como a sua influência sobre a sociedade e a proteção dos cursos d'água. Desta forma, torna-se relevante analisar o papel do enquadramento enquanto instrumento de proteção de corpos hídricos. Para uma melhor compreensão, esclarece-se primeiro alguns aspectos legais envolvendo este instrumento e sua relação dentro das políticas de recursos hídricos e política ambiental, para em seguida avaliar a aplicação do enquadramento no Distrito Federal.

A principal norma jurídica que rege os recursos hídricos no Brasil é a PNRH. Promulgada pela Lei Federal nº 9.433 de 1997, apresenta em seu art. 5º, uma série de instrumentos: os Planos de Recursos Hídricos (PRH), o Enquadramento dos corpos d'água, a Outorga, a Cobrança pelo uso e o Sistema de Informação sobre recursos hídricos. Esses instrumentos são as ferramentas pelas quais a gestão dos recursos hídricos se faz viável.

Embora os instrumentos da PNRH sejam independentes, é necessário que haja uma articulação entre eles para que a gestão dos recursos hídricos ocorra de forma eficaz. O enquadramento está interligado a todos estes instrumentos: deve ser elaborado em conformidade com o PRH (art. 3º da Resolução nº 91 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH), pois fornece uma série de informações essenciais a um bom planejamento dos recursos hídricos, tal como a demanda em termos de disponibilidade quantitativa e de qualidade em cada bacia; em relação à outorga, esta deve respeitar a classe de enquadramento do corpo hídrico (art. 13 da PNRH). Ademais, a ligação com a cobrança ocorre de duas formas: quando os usos sujeitos à outorga são cobrados e que, portanto, devem respeitar o enquadramento; e quando os recursos arrecadados pela cobrança são aplicados em programas

¹ Entende-se por sustentabilidade a harmonização entre metas que, por meio do planejamento estratégico, visam compatibilizar os enfoques ambientais, sociais e econômicos (SACHS, 2004).

definidos pelo plano de recursos hídricos da bacia, e ao se considerar as classes na cobrança, como, por exemplo, taxas maiores nas classes mais restritivas (SOUTO, 2008).

O enquadramento não é referência apenas dentro da PNRH, mas também para a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), uma vez que representa padrões de qualidade da água e, portanto, de qualidade ambiental², que devem ser respeitados nas ações de licenciamento, monitoramento e zoneamento ambiental. Estes padrões atuam na manutenção da qualidade do meio ambiente ao estabelecerem limites toleráveis que não causem danos incompatíveis com a capacidade de recuperação de cada ambiente, promovendo, assim, o uso racional dos recursos naturais. Cabe ao uso desses limites, sabendo a nocividade de uma determinada atividade, prevenir o acontecimento do dano, estando compreendido, portanto, pelo princípio da prevenção³. Nesse sentido, o enquadramento dos corpos hídricos é um elo entre a política dos recursos hídricos e a política ambiental, ou seja, entre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Meio Ambiente (ANA, 2007).

Embora todas as bacias hidrográficas brasileiras estejam enquadradas, seja por um ato normativo específico ou automaticamente enquadradas em classe 2 (art. 42. Resolução CONAMA nº 357/2005), este instrumento ainda é pouco conhecido pela população. Ademais, sua efetiva aplicação também enfrenta lacunas como as variáveis que devem ser utilizadas na análise ou como lidar com a poluição difusa (MACHADO et al., 2019).

A utilização de ferramentas de avaliação do enquadramento é uma forma de encontrar as lacunas existentes para que os esforços sejam aplicados justamente nos pontos frágeis deste instrumento, poupando, assim, esforços desnecessários e ampliando as chances de sucesso deste processo. Uma das ferramentas para essa avaliação é o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE). Esse índice foi desenvolvido pelo Canadian Council of Ministers of the Environment, em 1997, com o intuito de avaliar qualidade da água, onde é medida a distância entre o estado atual da água e a meta de qualidade estabelecida pela classificação do enquadramento (CCME, 2001). Por meio da aplicação do ICE, o presente trabalho se propõe a avaliar a qualidade da água e a situação do enquadramento do ribeirão Sobradinho e do rio

² Para a PNMA, o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental é tanto um dos seus objetivos (III, art. 3º, Lei nº 6.938/81), como um dos seus instrumentos (I, art. 9º, Lei nº 6.938/81).

³ O princípio da prevenção é aplicado para empreendimentos ou atividades que são efetivamente poluidoras, visando impedir danos ambientais, previamente comprovados, através da imposição de medidas preventivas antes da implantação da atividade (MILARÉ, 2007).

Melchior. Os dois corpos hídricos selecionados enfrentam problemas envolvendo desconformidades com os usos múltiplos pelos quais a população local os tem utilizado, ou estão sendo submetidos a demasiada poluição em função do enquadramento recebido.

Como forma de aprofundar a análise de qualidade ambiental, será utilizado o modelo QUAL-UFMG como ferramenta de simulação de possíveis cenários futuros para a qualidade da água, estimando a capacidade de autodepuração e de diluição de efluentes do ribeirão Sobradinho, corpo hídrico escolhido para esta análise.

A recente crise hídrica⁴, que ocorreu entre 2017 e 2018, bem como os conflitos envolvendo demanda⁵ e os usos múltiplos da água⁶ no Distrito Federal chamam atenção para a necessidade de se identificar, no campo do direito e da gestão dos Recursos Hídricos, quais medidas legais de proteção estão sendo tomadas para não apenas solucionar o problema atual, mas garantir a proteção ambiental dos ecossistemas aquáticos e do acesso à água de qualidade. Esta pesquisa contribui, nesse sentido, para a análise de algumas das medidas adotadas pelos principais órgãos ambientais em torno da gestão e recuperação dos corpos hídricos, tendo como plano de fundo, o enquadramento. Para tanto, será feita uma avaliação sobre o enquadramento existente no Distrito Federal e as políticas públicas⁷ e programas orientados à recuperação dos corpos hídricos vulneráveis.

Os órgãos analisados foram: a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), por ser o órgão regulador dos recursos hídricos; o Instituto Brasília Ambiental (IBRAM), sendo o responsável pelo licenciamento de empreendimentos potencialmente poluidores; e a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), por ser a principal usuária (captação de água e lançamento de efluentes).

⁴ A crise hídrica que ocorreu no Distrito Federal entre 2017 e 2018 se deu em função do acúmulo de diversos fatores: a destruição de nascentes; impermeabilização do solo; sedimentação de canais; consumo elevado; mudanças climáticas. A soma destes fatores acarretou em um baixo nível dos dois principais reservatórios do Distrito Federal, os reservatórios do Descoberto e Santa Maria (GDF, 2018).

⁵ Sobradinho e Planaltina, no DF, poderão enfrentar rodízio no abastecimento de água. [G1 DF](#). Acesso em: 03 de Dezembro de 2020.

⁶ Como exemplo é possível citar os conflitos de uso envolvendo o Ribeirão Sobradinho, corpo hídrico da bacia hidrográfica do São Bartolomeu - DF. Este corpo hídrico, enquadrado como classe 3, ainda é utilizado pela população local para recreação de contato primário e para irrigação de hortaliças, sendo ambos os usos comportados apenas pelas classes 1 e 2 (BARBOSA et al., 2021).

⁷ Dallari Bucci conceitua Política Pública como um conjunto de ações ou programas governamentais que tenham o objetivo de dar suporte ao governo no que tange o cumprimento de um direito em prol da ordem pública. (BUCCI, 2006).

Portanto, o presente estudo insere-se como uma contribuição a uma melhor utilização do instrumento de enquadramento dos corpos hídricos, proporcionando, assim, elementos para uma continuidade do aprimoramento da gestão de recursos hídricos no Distrito Federal.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a efetividade do enquadramento dos corpos hídricos, com base na aplicação do índice de conformidade e da modelagem de qualidade da água.

Como objetivos específicos, propõe-se:

- Analisar a evolução do Índice de Conformidade ao Enquadramento no período entre 2015 e 2020, nas bacias hidrográficas do ribeirão Sobradinho e do rio Melchior.
- Analisar as dificuldades existentes na manutenção da qualidade da água de acordo com o enquadramento de corpos hídricos em classes nas duas bacias de estudo.
- Avaliar os cenários previstos para 2030 para o ribeirão Sobradinho através da simulação de qualidade da água pelo modelo QUAL-UFGM.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o intuito de reunir conhecimentos anteriormente formulados e construir uma fundamentação teórica que capacite o pleno entendimento dos assuntos aqui abordados, este capítulo propõe-se a fazer uma fundamentação dos temas importantes e pertinentes ao desenvolvimento deste trabalho.

3.1. O papel do enquadramento dos corpos hídricos na relação entre Direito e Gestão

O conceito de gestão é aqui associado ao conjunto de ações em prol da regulação do uso, do controle e da proteção do que se pretende gerir, devendo estar em conformidade com a legislação e as normas pertinentes (LIRA e CÂNDIDO, 2013). Já o Direito é um instrumento essencial para conduzir a gestão dos recursos naturais. É, pois, instrumento de ordenamento na condução do comportamento humano por meio de medidas como a coerção e o incentivo na gestão dos recursos hídricos. Trata-se de mecanismos próprios para a composição de medidas de mitigação, adaptação e compensação como formas de gestão preventiva dos danos ambientais (CARVALHO, 2013).

Nesse sentido, o enquadramento deve atuar tanto como um instrumento do direito dos recursos hídricos que regula quais os usos devem existir para cada classe, como de um instrumento de gestão e planejamento que determina, pensando em uma projeção futura, como deve ser a qualidade de cada corpo hídrico em função dos usos que se espera ter deste ambiente aquático no futuro.

A fim de se ter uma melhor compreensão do enquadramento, será feita uma breve análise da sua evolução no ordenamento jurídico brasileiro (3.1.1) e do seu papel como um Instrumento de Gestão dos Recursos Hídricos (3.1.2).

3.1.1. Evolução do enquadramento no ordenamento jurídico brasileiro e do Distrito Federal

Tanto na esfera normativa federal quanto estadual, o enquadramento manifesta-se como um dos principais instrumentos de gestão e planejamento dos recursos hídricos, sendo utilizado como ferramenta essencial na tomada de decisão governamental para efetivação do

desenvolvimento sustentável⁸. A gestão dos recursos hídricos também está intrinsecamente relacionada a três Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS): o ODS 6 - Água potável e saneamento; o ODS 13 - Ação contra a mudança global do clima e o ODS 14 - vida na água. Nesse sentido, este capítulo se propõe a trazer uma breve evolução do enquadramento no ordenamento jurídico brasileiro e do Distrito Federal.

Na esfera nacional⁹, a primeira política de enquadramento se deu por meio da Portaria n° 13 do Ministério do Interior (MINTER) de 15 de janeiro de 1976. Essa portaria propõe o enquadramento em classes para os usos preponderantes, mas leva em consideração apenas atender aos padrões de balneabilidade e recreação (ANA, 2007). Logo após a publicação desta Portaria, alguns estados também realizaram o enquadramento dos seus corpos hídricos: São Paulo (1977)¹⁰, Alagoas (1978)¹¹, Santa Catarina (1979)¹², Rio Grande do Norte (1984)¹³ (ANA, 2007).

De maneira a fundamentar ainda mais o enquadramento dos corpos hídricos, a Resolução CONAMA n° 20 de 1986 conceituou, pela primeira vez na legislação brasileira, o que seriam os padrões e condições de qualidade da água para cada classe¹⁴ (SOUTO, 2008). Através desta Resolução, houve a ampliação dos padrões e do número de classes, a classificação também se estendeu para as águas costeiras e os conceitos e nomenclaturas pertinentes foram fixados (CETESB, 1989).

⁸ O conceito de desenvolvimento sustentável aqui adotado é o apresentado no Relatório *Brundtland*, em 1987, como o desenvolvimento que atende as necessidades atuais, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem suas próprias necessidades. (UN Documents, Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, 1987, <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>).

⁹ É válido ressaltar que o estado de São Paulo foi o primeiro a ter uma política de enquadramento, antes mesmo da federação, tendo enquadrado alguns dos rios do estado por meio do decreto estadual n° 24.806 em 1955 (CETESB, 1989).

¹⁰ Normatizado pelo Decreto n° 10.755, de 22 de novembro de 1977, que dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água receptores e suas respectivas bacias ou sub-bacias do território do Estado de São Paulo.

¹¹ O Decreto n° 3.766 de 30 de outubro de 1978, enquadra os cursos d'água do estado de Alagoas na classificação estabelecida pela Portaria n° 13, de 15 de janeiro de 1976, do Ministério do Interior.

¹² A Portaria estadual n° 24, de 19 de setembro de 1979, enquadra os cursos d'água de Santa Catarina, a seguir especificados, na classificação estabelecida pela Portaria GM n° 013, de 15.01.76 do Ministério do Interior.

¹³ O Decreto n° 9.100, de 22 de outubro de 1984, enquadra os cursos e reservatórios d'água do Estado do Rio Grande do Norte na classificação estabelecida na Portaria n° 13, de 15 de janeiro de 1976.

¹⁴ “Art. 12. Os padrões de qualidade das águas estabelecidos nesta Resolução constituem-se em limites individuais para cada substância. Considerando eventuais ações sinérgicas entre as mesmas, estas ou outras não especificadas, não poderão conferir às águas características capazes de causarem efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida.” Resolução CONAMA n° 20/1986.

Posteriormente, em 1997, com a promulgação da PNRH, o enquadramento passou a ser um dos principais instrumentos necessários ao alcance de seus objetivos. A relação entre o enquadramento e o primeiro objetivo da PNRH, a garantia de água em quantidade e qualidade para a atual e as futuras gerações (inciso I, art. 2º da Lei nº 9433 de 1997), decorre do papel do enquadramento na garantia dos usos múltiplos da água não somente para a atualidade, mas pensando também nas necessidades das futuras gerações, uma vez que é um instrumento de planejamento e sua aplicação pressupõe seu atendimento após certo horizonte temporal. A elaboração do enquadramento leva em conta os usos atuais e os usos pretendidos para determinada bacia, de modo que seja promovida a sustentabilidade na disponibilidade de água para a população, para o abastecimento de empreendimentos econômicos, como o emprego da água para a agricultura, e para a manutenção das comunidades e do ecossistema aquático.

O segundo objetivo, que visa a utilização da água de forma racional com vistas ao desenvolvimento sustentável (inciso II, art. 2º da Lei nº 9433 de 1997), também está intrinsecamente ligado ao enquadramento. Uma vez que este instrumento é responsável por compatibilizar todos os usos múltiplos da água na bacia ao corpo hídrico. Por exemplo: a água de um rio de classe 2 é utilizada para irrigação de hortaliças em um ponto a montante da bacia, enquanto em um ponto mais a jusante há a captação de água para abastecimento público. Portanto, a manutenção da classe 2 deste rio significa o atendimento de todos estes usos. Se a captação de água para irrigação for demasiadamente elevada, o abastecimento público pode ser prejudicado, por exemplo. Desta forma, atender ao enquadramento também significa utilizar a água de forma racional para que todos os usos sejam assegurados.

A Resolução do CNRH nº 12 de 2000 determina as competências e o conteúdo mínimo necessário para a aprovação do enquadramento. Em que este instrumento deve ser elaborado em conformidade com os Planos de Recursos Hídricos¹⁵ e, em sua ausência ou em casos de Planos insuficientes, o conteúdo mínimo exigido é a elaboração de um diagnóstico¹⁶,

¹⁵ Os planos de Recursos Hídricos devem ser elaborados pelas Agências de Água ou entidades delegatárias (art. 4º, Resolução nº 145/2012 do CNRH).

¹⁶ Na etapa de diagnóstico são abordados assuntos como a caracterização geral da bacia; os aspectos jurídicos, institucionais e sócio-econômicos; o uso e ocupação do solo (inciso II, art. 4º, Resolução CNRH nº 12 de 2000);

prognóstico¹⁷, proposta de enquadramento e sua aprovação (art. 4º, Resolução CNRH nº 12 de 2000).

Em 2005, a Resolução CONAMA nº 20, de 1986, foi substituída pela Resolução CONAMA nº 357, de 2005. Essa nova resolução atualiza alguns limites e conceitos, como a concentração de fósforo e a definição de enquadramento, por exemplo. Esta nova Resolução também traz novas delimitações como o efeito tóxico crônico a organismos, a concentração de clorofila a e densidade de cianobactérias nos corpos hídricos. De modo a diminuir tolerâncias e ampliar a abrangência envolvida no processo de análise da qualidade da água e compatibilização com os usos preponderantes mais exigentes.

Com o intuito de dispor os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos, foi elaborada a Resolução CONAMA nº 91 de 2008. Esta resolução regulamenta a necessidade da ampla participação social no processo de enquadramento (§ 2º, art. 3º, Resolução CONAMA nº 91 de 2008), bem como as etapas necessárias a sua implantação e efetivação (art. 4º, art. 5º, art. 6º e art. 7º da Resolução CONAMA nº 91 de 2008).

Na esfera Distrital, o enquadramento aparece como um dos instrumentos da Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal, a Lei nº 2.725 de 2001. Seu papel no âmbito do DF está em assegurar que a qualidade da água seja compatível com o uso mais restritivo a qual esteja sujeita, a diminuir os custos envolvidos na gestão da água e assegurar a disponibilidade perene da água em quantidade e qualidade (Art. 9º, Lei nº 2.725 de 2001).

Em 2014, os corpos de água superficiais do Distrito Federal foram enquadrados com a aprovação da Resolução nº 2 do Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal (CRH-DF). Essa resolução aprova o enquadramento dos corpos hídricos do Distrito Federal como um instrumento de planejamento e gestão dos corpos d'água e estabelece o prazo máximo de efetivação do enquadramento para 2030 (Art. 1º, Resolução do CNRH-DF nº 2 de 2014).

¹⁷ Na etapa de prognóstico são abordados assuntos como a evolução dos usos e da ocupação do solo; evolução da disponibilidade e da demanda de água; e os usos desejados para os recursos hídricos da bacia (inciso II, art. 4º, Resolução CNRH nº 12 de 2000);

Conforme exposto, o enquadramento vem sendo moldado no ordenamento jurídico brasileiro e nos estados até o instrumento que é hoje: de gestão e de planejamento dos recursos hídricos.

3.1.2. Enquadramento dos corpos d'água como Instrumento de Gestão dos Recursos Hídricos

O enquadramento dos corpos hídricos em classes, conforme já mencionado, é um dos Instrumentos da PNRH (art. 5º, II, da Lei 9433 de 1997) que visa compatibilizar a qualidade dos corpos d'água com os usos pertinentes e diminuir os custos referentes ao combate à poluição (art. 9º da Lei 9433 de 1997). Trata-se de um instrumento de planejamento que proporciona a integridade futura daquele corpo d'água compatível aos usos desejados.

É possível, ainda, assimilar algumas manifestações do desenvolvimento sustentável no enquadramento: o aspecto econômico garantido pelas atividades econômicas dos usuários da bacia; o aspecto social pela participação na elaboração das propostas de enquadramentos; e o aspecto ambiental pela preservação dos ambientes e das comunidades aquáticas.

Os corpos hídricos devem estar sujeitos aos mais diferentes empregos, tais como irrigação, abastecimento humano, preservação dos ecossistemas aquáticos, navegação, recreação e diluição de efluentes. Entretanto, utilizar um corpo hídrico que tenha uma ótima qualidade para servir como diluidor de efluentes não seria o mais indicado, da mesma forma que utilizar um corpo hídrico demasiadamente poluído para abastecimento público de água. As classes mais restritivas atendem aos usos que exigem água de maior qualidade, como o abastecimento humano e a preservação de comunidades aquáticas. Enquanto as classes menos restritivas atendem aos exercícios de menor exigência de qualidade, como navegação e harmonia paisagística.

O enquadramento deve ser visto como um instrumento de planejamento, já que configura, através do estabelecimento de metas, um nível de qualidade da água a ser mantido ou alcançado num período posterior (ANA, 2007). Desta forma, importa observar a necessária efetividade do caráter participativo do enquadramento (3.1.2.1), levando em conta, também, a importância do enquadramento no desenvolvimento sustentável de empreendimentos

econômicos (3.1.2.2), o atendimento aos usos múltiplos (3.1.2.3) e sua relação com o conceito amplo de poluição (3.1.2.4).

3.1.2.1. Da elaboração do Enquadramento e seu caráter participativo

O enquadramento é um instrumento de planejamento que foi pensado para corresponder aos usos pretendidos para o corpo hídrico no futuro. Para tanto, a população que reside na bacia hidrográfica, bem como os demais usuários, deve colaborar no processo de elaboração da proposta para implementação deste instrumento. Em que se analisa, aqui, o caráter participativo¹⁸ a ser efetivado nas etapas de elaboração e aprovação do enquadramento.

Antes da criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o processo de enquadramento era realizado pelo poder público com pouca ou nenhuma participação popular. Após a publicação da PNRH, em 1997, esse processo passou a ser participativo (ANA, 2007).

Os órgãos estaduais ambientais e de recursos hídricos, juntamente com os municípios, usuários e sociedade civil têm direito à voz e ao voto nas decisões referentes aos recursos hídricos no Comitê de Bacia Hidrográfica (art. 39 da Lei nº 9.433/1997). Desta forma, a competência para implementação do enquadramento é de caráter local, uma vez que deve ser tomada no âmbito da bacia hidrográfica para atender as expectativas e exigências da sua própria comunidade. No entanto, deve haver a clareza do nível de recursos necessários para que a qualidade da água desejada seja alcançada, já que objetivos muito distantes exigem pesados recursos financeiros (ANA, 2007).

A proposta de enquadramento deve ser feita pela agência de água ou entidades delegatárias em parceria com o órgão gestor dos recursos hídricos e o órgão ambiental. Essa proposta deve ser discutida e aceita no comitê de bacia para que em seguida seja enviada ao respectivo conselho de recursos hídricos (art. 8º, Resolução nº 91/2008 do CNRH). A elaboração das propostas de enquadramento deve ser feita pela agência de bacia por necessitar de estudos específicos e de um aporte técnico. O comitê de bacia deve escolher a melhor alternativa

¹⁸ O conceito de participação no quesito ambiental, encontrado no Princípio 10 da Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, fomenta o acesso adequado à informação sobre o ambiente, incluindo as informações sobre os materiais e as atividades que oferecem perigo a suas comunidades, assim como a oportunidade de participar dos processos de adoção de decisões.

tendo em vista as condições atuais, os usos futuros pretendidos, a capacidade técnica e a viabilidade financeira de investimentos para implementação de melhorias. Em seguida a proposta escolhida pelo comitê deve ser aprovada pelo respectivo Conselho para que seja publicada.

Para se chegar na definição de uma classe de água o primeiro passo é definir os rios que serão enquadrados. É preferível que a elaboração das propostas de enquadramento seja desenvolvida concomitantemente à elaboração do Plano de Recursos Hídricos da bacia, devendo contar com as seguintes etapas: I - diagnóstico; II - prognóstico; III - metas relativas às alternativas de enquadramento; e IV - programa para efetivação (art. 3º, Resolução nº 91/2008 do CNRH).

A etapa de diagnóstico deve apresentar, dentre outras coisas, uma análise geral da bacia hidrográfica e do uso e ocupação do solo, identificação dos usos que interferem na quantidade e qualidade da água, quantificação de todas as cargas poluidoras difusas e pontuais, caracterização socioeconômica da bacia hidrográfica e capacidade de investimento (Art. 4º, Resolução nº 91/2008 do CNRH). Tal etapa está encarregada de identificar a influência das fontes poluidoras e dos usos preponderantes na qualidade da água, de forma que a condição atual do corpo hídrico e sua capacidade de assimilação de cargas sejam conhecidas. Fazer análise da qualidade da água no início do processo de enquadramento faz com que os pontos críticos sejam conhecidos e levados em consideração na proposta de enquadramento.

Na etapa de prognóstico é avaliada a eficiência e os impactos das medidas adotadas nos corpos hídricos, devendo ser consideradas as especificidades de cada região e os horizontes temporais. Para tanto é preciso realizar estudos de simulação como a disponibilidade e demanda de água, das cargas poluidoras e os usos pretensos (art. 5º, Resolução nº 91/2008 do CNRH). Com base em dados como a vazão de referência e o crescimento da demanda por água, essa etapa possibilita, através de modelagens matemáticas, a construção de cenários futuros para a condição dos corpos hídricos.

A proposta de elaboração do enquadramento deve levar em conta a qualidade exigida pelo uso pretendido, e não pela qualidade atual do corpo hídrico. Desta forma, deve-se estar atento a incompatibilidades entre a qualidade baseada nos usos futuros e a qualidade real do corpo

hídrico. Para tanto, deve existir um cadastro ou banco de dados que contenham o máximo possível de informações acerca dos pontos de captação de água e despejo de efluentes (MACHADO et. al, 2019).

As metas relativas às alternativas de enquadramento devem ser feitas com foco em preservar ou alcançar as classes pretendidas de curto, médio e longo prazo (Art. 6º, Resolução nº 91/2008 do CNRH). A participação pública nesta etapa é de grande importância, já que as visões futuras devem se adequar a realidade dos usos múltiplos pretendidos pelos usuários da bacia.

O programa para efetivação, quando existir, deve apresentar medidas de gestão, prazos e planos de investimentos, além de conter outras informações como ações educativas, recomendações aos agentes envolvidos e subsídios técnicos para o comitê de bacia (Art. 7º, Resolução nº 91/2008 do CNRH). Esse programa deve ser elaborado de forma coerente com a realidade local para que futuramente não venha a ser uma ferramenta inutilizável, seja pela falta de recursos, mão de obra qualificada ou pelo baixo engajamento das prefeituras e do meio rural (MACHADO et al., 2019).

O processo de enquadramento ainda enfrenta diversas dúvidas, dentre elas estão: os parâmetros que devem ser utilizados, a vazão de referência, como lidar com a poluição difusa e com a falta de recursos para o cumprimento das metas do enquadramento. Essas dúvidas são alguns dos impasses que contribuem para o fato de que, embora o enquadramento esteja presente em várias bacias brasileiras, não há registros de acompanhamentos e de planos de efetivação realmente eficazes (MACHADO, 2019)

Para que haja uma efetiva proteção dos recursos hídricos e da qualidade da água é necessário que as autoridades e organizações responsáveis pela gestão da água cumpram as normas em favor do interesse coletivo. Portanto, assim como a sociedade, empreendimentos econômicos também devem estar articulados com as questões envolvidas aos recursos hídricos e devem usufruir do enquadramento como uma base para um desenvolvimento sustentável.

3.1.2.2. Da importância do Enquadramento para o desenvolvimento sustentável de empreendimentos econômicos

A sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos é tratada como um objetivo direto da PNRS, seja através da garantia da disponibilidade de água para as atuais e futuras gerações (I, art. 2º da Lei nº 9.433/1997) ou por meio da utilização racional e integrada dos recursos hídricos em prol do desenvolvimento sustentável (II, art. 2º da Lei nº 9.433/1997). Dessa forma, é essencial que os empreendimentos econômicos se alinhem ao enquadramento de forma a garantir seu desenvolvimento sem gerar impactos sócio-ambientais.

A gestão dos recursos hídricos visa garantir a sustentabilidade dos usos múltiplos, enquanto o enquadramento atua como uma ferramenta de garantia da sustentabilidade hídrica, tanto para os aspectos quantitativos como qualitativos (AMARO, 2009). Desta forma, ao garantir água em quantidade e qualidade apropriadas aos usos estabelecidos, nenhum dos usuários será prejudicado pela falta de água ou pela água com qualidade incompatível à destinação pretendida.

Uma crise hídrica proporcionada, entre outros fatores, por uma gestão ineficiente dos recursos hídricos afeta drasticamente as atividades econômicas que dependem diretamente da água para funcionar, como restaurantes, lavanderias e pet shops, etc. No Distrito Federal, por exemplo, os mais afetados pelo racionamento em função da crise hídrica que ocorreu entre 2016 e 2018 foram os prestadores de serviços que necessitam do uso intensivo de água e os pequenos comerciantes que não dispõem de capacidade de armazená-la (GDF, 2018). O que torna extremamente necessário investir no fortalecimento das ferramentas de gestão dos recursos hídricos.

A região administrativa de Sobradinho, rica em agroindústrias e cachoeiras, possui uma vasta quantidade de fazendas, chácaras, hotéis-fazendas e restaurantes rurais e a principal atividade econômica da região é o comércio (PDSB, 2017b). Com base nos comércios da região, melhorar a classe deste Ribeirão para classe 2, que permite a recreação de contato primário, poderia fornecer um incremento à atividade econômica da região, pois atrairia um público ainda maior, além de gerar mais empregos e aumentar a preservação deste corpo hídrico.

A bacia do Descoberto, ao qual faz parte o rio Melchior, tem a agricultura como seu principal uso do solo (PDSB, 2017b). Uma melhora em sua classe, atualmente enquadrado como classe 4, também proporciona ganhos econômicos, já que a classe 4 não permite o uso da água em atividades agrícolas (V, art. 4º, Resolução CONAMA nº 357/2005). Além de, novamente, também aumentar a geração de empregos e de recuperar a qualidade deste corpo hídrico.

Ao controlar os lançamentos de efluentes (tratados ou não) nos corpos hídricos com base no enquadramento, por exemplo, está-se promovendo a manutenção da classe para que os usos múltiplos não sejam prejudicados, incluindo as atividades econômicas presentes na bacia. De forma análoga, quando a emissão de outorgas é feita de maneira a atender ao enquadramento, conforme expresso no art. 13º da PNRS, é estabelecida uma conexão entre os aspectos quantitativos e qualitativos da água, o que promoverá uma utilização deste recurso de forma justa entre todos os usuários da bacia sem prejudicar o ecossistema aquático, garantindo, assim, o atendimento aos usos múltiplos da água.

3.1.2.3. Da divisão de classes de água e o atendimento aos usos múltiplos

As classes representam as condições e padrões de qualidade da água a qual o corpo hídrico precisará atender para garantir a aptidão dos usos mais restritivos estabelecidos no processo de enquadramento. As classes estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para as águas doces superficiais, partem da classe especial à classe 4, da mais restritiva a menos restritiva, respectivamente.

A princípio é necessário definir os usos ao qual o corpo hídrico deverá atender num período futuro, como o abastecimento humano, recreação de contato primário, irrigação e navegação. Assim, o uso mais restritivo, ou seja, o que exige maior qualidade da água, irá ditar as condições que o corpo hídrico precisará atender. Cada nível de qualidade é representado por uma classe, onde cada classe é determinada por uma série de parâmetros físicos, químicos e biológicos que são responsáveis por garantir que a qualidade da água seja suficiente para atender de maneira efetiva todos os usos em que o corpo hídrico será destinado.

A classe especial deve manter as condições naturais do corpo hídrico (art. 13º, CONAMA 357) e pode ser destinada ao abastecimento público (após desinfecção), ao equilíbrio natural

dos ecossistemas aquáticos e à preservação de unidades de conservação de proteção integral (I, art. 4º, CONAMA 357/2005). Já a classe 1 permite o abastecimento público (após tratamento simplificado), proteção dos ambientes aquáticos, recreação de contato primário¹⁹, irrigação de hortaliças e árvores frutíferas que são consumidas cruas e à proteção de comunidades aquáticas presentes em Terras Indígenas (II, art. 4º, CONAMA 357/2005).

As atividades que estão de acordo com a classe 2 são: o abastecimento público (após tratamento convencional), proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, árvores frutíferas e parques em que o usuário tem contato direto, aquicultura e à atividade pesqueira (III, art. 4º, CONAMA 357/2005).

A classe 3 possibilita o abastecimento público (após tratamento convencional ou avançado), irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageira, pesca amadora, recreação de contato secundário (contato esporádico ou acidental, com pouca possibilidade de ingestão da água) e a dessedentação de animais (IV, art. 4º, CONAMA 357/2005). Enquanto a classe 4 permite apenas a navegação e a harmonização paisagística (V, art. 4º, CONAMA 357/2005).

O mesmo rio pode ter diferentes classes em diferentes trechos. Por exemplo: as áreas de nascentes, cabeceiras e trechos preservados devem ser preferencialmente tidas como classe especial ou classe 1, de forma que haja proteção desses ambientes. Enquanto pontos mais à jusante onde há a presença de atividades agrícolas e/ou recreação é razoável que sejam enquadrados como classe 2 ou 3. Já o trecho mais voltado à diluição de efluentes poderia ser classificado como classe 4 (ANA, 2012). Desta forma, um mesmo rio pode atender aos mais diversos usos e continuar garantindo a qualidade da água necessária a cada um deles, sem comprometer a disponibilidade dos recursos hídricos às futuras gerações.

As classes não devem ser elaboradas de forma muito ambiciosa, uma vez que os recursos disponíveis podem não ser suficientes. Em contrapartida, não podem ser muito modestas de forma que prejudiquem a qualidade do corpo hídrico e os usos múltiplos desejados. Para tanto, as ações de gestão dos recursos hídricos devem garantir os usos múltiplos da água (IV, art. 1º, Lei nº 9.433 de 1997) e a definição das classes deve auxiliar a geração de políticas públicas, uma vez que os usos múltiplos garantidos pelo enquadramento estão ligados a

¹⁹ Para os casos em que há o contato direto do usuário com o corpo hídrico (art. 1º, CONAMA nº 274 de 2000).

diversos direitos sociais, como acesso ao saneamento básico, segurança hídrica e ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

O enquadramento se relaciona diretamente com o saneamento básico, principalmente no que tange o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário e a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Com exceção da classe 4, as outras permitem o uso da água para o abastecimento público, onde a classe dita, inclusive, o tipo de tratamento que a água deve ter. Como exemplo: a classe 1 prevê o uso para abastecimento após tratamento simplificado (II, art. 4º Resolução CONAMA nº 357/2005) e a classe 2, por sua vez, após tratamento convencional (III, art. 4º Resolução CONAMA nº 357/2005). Os corpos hídricos também atuam como receptores das águas pluviais e dos efluentes das estações de tratamento de esgoto, onde, classes mais restritivas exigem que os efluentes lançados possuem menor carga poluidora, a fim de não inviabilizar os usos que a determinada classe prevê.

Um dos objetivos do enquadramento é o de assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas (I, art. 9º, Lei nº 9.433/1997), ao qual se relaciona com o conceito de segurança hídrica definido pelas Organizações das Nações Unidas (ONU), que o define como a disponibilidade de água em quantidade e qualidade para manter, de forma sustentável, os usos em prol do bem-estar humano, o desenvolvimento socioeconômico e a preservação dos ecossistemas (UN-Water, 2013). O direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, por sua vez, se relaciona com as classes de água: as classes especial, 1 e 2 prevêem a preservação dos ambientes e/ou das comunidades aquáticas, o que corrobora com a ideia de um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

A delimitação das classes de água se respalda no princípio da prevenção ao fornecer a previsibilidade do impacto em caso do não atendimento. Ao conhecer a qualidade da água que cada corpo hídrico deve apresentar, em função dos limites impostos aos parâmetros de cada classe, é possível prever os danos decorrentes da inconformidade do uso. Respeitar as classes de água é, portanto, uma medida de prevenção, uma vez que desrespeitar os usos permitidos pode até colocar em risco a saúde da população local. Por exemplo: lançar efluentes domésticos não tratados ou com tratamento insuficiente em um corpo hídrico de classe 1, onde a recreação de contato primário é permitida, pode ocasionar na contaminação da população local que utiliza este corpo hídrico para esta finalidade. Portanto, deve existir

um bom planejamento que atenda aos usos múltiplos pretendidos na bacia hidrográfica e que não ocasione na poluição dos corpos hídricos.

3.1.2.4. Relação entre o conceito amplo de Poluição e como as classes de água são especificadas na Resolução CONAMA nº 357 de 2005

Cada classe de água, estabelecida em função dos usos pretendidos, é traduzida por uma série de parâmetros de qualidade da água. Portanto, relacionar o conceito de meio ambiente ao conceito amplo de poluição e às classes é de suma importância para uma efetiva aplicação do enquadramento.

A PNMA define o conceito de meio ambiente como o conjunto de condições, legislações, influências e interações físico-químicas e biológicas que viabiliza, abriga e rege todas as formas de vida (I, art. 3º, Lei nº 6938 de 1981). O conceito de degradação, por sua vez, é conceituado como todas as alterações adversas das características do meio ambiente (II, art. 3º, Lei nº 6938 de 1981).

O conceito de poluição é abordado na PNMA como a degradação da qualidade de um ambiente, seja através de atividades diretas ou indiretas (III, art. 3º, Lei nº 6938 de 1981). Trata-se de conceito demasiado amplo, que necessita de ser interpretado com normas infralegais determinantes de quais os limites de impacto ambiental são aceitáveis, como é o caso das classes de água. Já o agente responsável, seja ele pessoa física ou jurídica, de forma direta ou indireta, por determinada atividade que tenha causado degradação do ambiente é tido como poluidor (VII, art. 4º, Lei nº 6938 de 1981). E a ele é imposto o dever de recuperar e/ou indenizar os danos causados (IV, art. 3º, Lei nº 6938 de 1981).

Ao trazer o conceito de poluição para fins de classe de água, se vista de forma anacrônica e singular – sem observar o enquadramento e as metas de qualidade ambiental estabelecidas para determinado corpo hídrico, tem-se que o desrespeito ao enquadramento de um corpo hídrico automaticamente configuraria poluição, já que o descumprimento dos padrões exigidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 a cada classe corrobora não somente na perda de qualidade do corpo hídrico como também dos usos preponderantes que são

prejudicados ou inviabilizados. Contudo, o enquadramento é também visto de forma contínua, com metas e etapas para o alcance da qualidade do corpo hídrico.

Os objetivos estabelecidos pelo enquadramento, em função dos limites de cada classe, devem ser alcançados através de metas progressivas intermediárias e final de qualidade de água (§1º, art. 2º Resolução CNRH nº 91/2008). Assim, o enquadramento atua como um instrumento de planejamento na esfera da gestão dos recursos hídricos.

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 atua como um dispositivo de interpretação e aplicação da PNRH. Ao se definir as classes e, por consequência, os limites toleráveis dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, todos os lançamentos que não estiverem de acordo com esta classe serão caracterizados como poluidores (SOUTO, 2008).

Para explicar melhor, o enquadramento, como instrumento de gestão que se aplica tanto ao direito dos recursos hídricos como ao direito ambiental, e não pode ser interpretado de forma isolada para caracterização de dano ambiental, devendo ser observado juntamente com a delimitação de metas e etapas para o alcance de determinado patamar de qualidade. Em outras palavras, é preciso cautela ao se interpretar a configuração de dano ambiental por meio da análise da qualidade da água em relação ao seu enquadramento, uma vez que toda a composição do instrumento, inclusive as metas e etapas, devem ser considerados na análise da presença de poluição ou não, tornando demasiada complexa essa relação entre enquadramento e poluição, e demonstrando uma maior adequação do instrumento para fins de gestão e limites da sua utilização para fins de responsabilização por dano ambiental.

A Resolução CONAMA nº 430 de 2008 normatiza as condições e os padrões para o lançamento de efluentes nos corpos hídricos. O efluente para ser lançado diretamente no ambiente aquático deve passar por tratamento e atender aos limites dispostos nesta resolução (art. 3º da Resolução CONAMA nº 430 de 2008). De modo que o lançamento do efluente não pode conferir características de qualidade da água em desconformidade com o enquadramento do corpo hídrico (art. 5º da Resolução CONAMA nº 430 de 2008).

Por isto a importância de se fazer estudos de autodepuração do corpo hídrico antes do lançamento de efluentes, de modo que seja conhecida a quantidade de carga que o rio suporta

sem alterar sua classe ou sem causar danos extremos ao ecossistema aquático, provando, assim, ao órgão ambiental que o impacto do lançamento não gerará poluição.

A operação de empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores, incluindo os que lançam efluentes em corpos hídricos, necessitam de licenciamento (art. 10, Lei nº 6.938 de 1981). Estes empreendimentos também devem ser fiscalizados pelos órgãos ambientais estaduais e municipais (art. 6º, parágrafos V e VI da Lei nº 6.938 de 1981). Desta forma, é necessário que a atuação dos órgãos ligados aos recursos hídricos, como os comitês de bacia, seja efetiva e ocorra de maneira participativa.

3.1.3. A função do Comitê de Bacia na gestão dos corpos hídricos: uma análise da relação entre direito e governança na gestão dos corpos hídricos

Os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) são os responsáveis por discutir a proposta de enquadramento elaborada pela Agência de Água, aprovação (podendo, inclusive, aprovar uma proposta diferente da sugerida pela Agência de Água) e encaminhar ao respectivo Conselho de Recursos Hídricos para deliberação (art. 8º, Resolução do CNRH nº 91 de 2008). A sua função é, portanto, articular a determinação dos usos da água com as pretensões dos usuários, recursos disponíveis e a proteção dos corpos hídricos.

A atuação do Estado pelo direito, embora extremamente importante, é insuficiente quando se trata de uma gestão integrada dos recursos hídricos, sendo necessário articular arranjos jurídicos e econômicos em parceria com todos os setores usuários da bacia. Enquanto o direito determina o uso da água, a governança pública²⁰ auxilia na contenção de crises, na racionalização e introduzindo incentivos para garantir o atendimento aos usos múltiplos da água, ante o incentivo ao reúso, pagamentos por serviços ambientais na proteção das nascentes, entre outros.

Os Comitês de Bacias são regulamentados pela PNRH e atuam para promover debates sobre questões relacionadas aos recursos hídricos, articular a atuação das entidades participantes, aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia, estabelecer os mecanismos de cobrança pelo

²⁰ Entende-se como governança pública “conjunto de mecanismos de liderança, estratégia e controle postos em prática para avaliar, direcionar e monitorar a gestão, com vistas à condução de políticas públicas e à prestação de serviços de interesse da sociedade” (I, art. 2º, Decreto Federal nº 9.203 de 2017).

uso da água e sugerir como estes recursos serão aplicados, e arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos (art. 38 da PNRH). Desta forma, devem servir como forma de participação popular em prol do cumprimento de direitos difusos e coletivos por parte do Estado, diminuindo a influência de grupos organizados que lutam por direitos privados que, muitas vezes, causam prejuízos ao público em geral (SILVA, 2018).

A Resolução do CNRH nº 5 de 2000 impõe que as reuniões dos CBHs devem ser públicas, bem como o envio das informações prévias pertinentes, além de ampla divulgação. Não obstante, é preciso garantir que a participação popular não seja ilusória, onde há o convite de participação, mas há também um ensino e direcionamento dos participantes para concordarem com certas decisões que podem não ser democráticas ou convenientes a estes (SILVA, 2018).

Dentre os desafios a uma efetiva participação social nos CBH é possível citar: a falta de incentivos financeiros e de apoio administrativos; vagas ociosas; falhas de comunicação entre os membros do comitê e a comunidade local e o predomínio de interesses individuais (MESQUITA, 2018).

O enquadramento aprovado pelo Comitê deve atender às perspectivas de qualidade da água almejadas pela população local. Entretanto, é preciso estar ciente quanto ao nível financeiro de investimento no combate à poluição necessário para alcançar o nível de qualidade desejado. Se a prioridade for realmente investir na qualidade da água, então os níveis de poluição devem ser fortemente combatidos. Entretanto, caso também haja o interesse em investir em outras variáveis como no controle de cheias ou em formas de ampliar a disponibilidade de água tratada, esse investimento deve ser dividido entre as prioridades escolhidas, o que resultaria em uma menor aplicação de recursos para o controle da poluição.

O CBH é um grande aliado para uma efetiva gestão integrada dos recursos hídricos, seja por promover a participação dos diversos setores envolvidos, por auxiliar no cumprimento das normas e para fortalecer e garantir o atendimento aos usos múltiplos, garantir o tratamento dos efluentes e água em quantidade e de qualidade para todos.

Uma forma de fortalecer a participação nos CBH é por meio da ampla divulgação de informações pertinentes aos recursos hídricos da bacia, de modo que a população compreenda as problemáticas e se engaje. Para tanto, é necessário investir em formas acessíveis de divulgar estas informações, muitas vezes, complexas e técnicas demais. Uma alternativa é a utilização de indicadores de qualidade ambiental (3.2).

3.2. Aplicação de Indicadores e Modelos para avaliação da qualidade ambiental

Os indicadores e os modelos ambientais quantificam os fenômenos que alteram ou preservam o meio ambiente e os efeitos sobre os seres vivos. Portanto, conhecer como a temperatura da água varia em décimos de graus célsius ou quantas partes por milhão de um gás tóxico existe em determinado ambiente pode ser vital para garantir a sobrevivência ou não de espécies (MAIA, 2002).

A utilização de indicadores ambientais auxilia a dimensionar impactos ambientais e entender os limites de uso dos ambientes naturais, sendo possível com isso, subsidiar políticas públicas, na sua avaliação e melhoria das medidas a serem tomadas. Os indicadores devem ser de simples entendimento, de modo que sejam facilmente compreendidos pela academia, população e gestores, atuando também como uma ferramenta de educação cidadã. Ou seja, através dos indicadores a população entenderá melhor os problemas ambientais, pode auxiliar no monitoramento e cobrar medidas dos gestores.

Desta forma, o enquadramento dos corpos d'água é utilizado neste trabalho como um propulsor da sustentabilidade por incorporar não somente a vertente ambiental, mas também a social e a econômica (3.2.1), e sua avaliação ocorreu por meio da aplicação do índice de conformidade ao enquadramento como método avaliativo deste instrumento (3.2.2); e como forma de reforçar esta análise, também foi feita uma modelagem da evolução da qualidade da água (3.2.3).

3.2.1. O papel do enquadramento na propulsão da sustentabilidade

As metas de qualidade estabelecidas pelo enquadramento devem levar em conta os fatores sociais, econômicos e ambientais (ANA, 2007). Desta forma, o enquadramento se alinha com a sustentabilidade ao garantir o atendimento aos usos múltiplos da água, destinada tanto para a conservação dos ecossistemas e das comunidades aquáticas, como para o abastecimento

público da sociedade e o fornecimento da água para empreendimentos econômicos e para a agricultura.

Quando se emprega a expectativa futura para o uso da água na elaboração do enquadramento, tem-se como um dos objetivos, a propulsão da sustentabilidade. Como exemplo: regiões preservadas e áreas de nascente devem ser enquadradas em classes mais restritivas, a fim de garantir a proteção e a disponibilidade da água no futuro; e regiões agrícolas devem ter seus corpos hídricos enquadrados em classes que comportam o tipo de cultura cultivada, como classe 2 para hortaliças e classe 3 para culturas arbóreas. Ou seja, o enquadramento deve ser elaborado pensando na garantia da sustentabilidade dos usos múltiplos pretendidos para a bacia.

Conforme o princípio nº 4 da Declaração de Princípios da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - RIO 92, o desenvolvimento sustentável só é obtido quando a proteção do meio ambiente estiver integrada ao processo de desenvolvimento. De modo que, ao se utilizar o enquadramento de forma efetiva para a proteção do meio ambiente, por meio das classes que visam a proteção dos ambientes e das comunidades aquáticas, e para garantia dos usos múltiplos da água, incluindo os usos econômicos, está se garantindo o desenvolvimento sustentável.

O fator social está intrinsecamente interligado a este instrumento, uma vez que a proposta de enquadramento é elaborada de acordo com as expectativas de usos futuros que a população pretende usufruir do corpo hídrico em questão, como recreação e abastecimento público de água. O pilar econômico está inserido na garantia dos usos múltiplos que o enquadramento assegura, uma vez que os empreendimentos econômicos, agrícolas e empresas de saneamento, por exemplo, estão inseridos dentre os setores usuários e possuem voz dentro dos comitês de bacia. Já o pilar ecológico é assegurado pelo estabelecimento de classes que, dentre outros usos, visam a preservação dos ambientes aquáticos, pertencentes a unidades de conservação de proteção integral (classe especial) ou não (classe 1 e classe 2).

Quando se atende à qualidade da água pelo enquadramento de um corpo hídrico, não somente o viés ambiental é assegurado, como também a regularidade das questões sociais e econômicas em decorrência da manutenção dos usos previstos para aquele corpo hídrico. Ao não cumprir com a meta de qualidade para determinada classe, tanto o ecossistema aquático

será prejudicado, como também os usuários da bacia que podem ter seu uso privado. Como exemplo: ao não atender o enquadramento de um rio de classe 2 e o enquadrar novamente em classe 3, os usuários que utilizavam este corpo hídrico para irrigação de hortaliças seriam impossibilitados de tal uso, pois a classe 3 não comporta o emprego da água para esta finalidade.

Os indicadores e modelos apresentam dados ambientais que são analisados em cotejo com os parâmetros e metas do enquadramento. Havendo congruência entre a qualidade ambiental e a classe do corpo hídrico, pode-se dizer que as dimensões sociais e econômicas que se manifestam na elaboração e nos impactos do enquadramento estão sendo respeitadas. Então, pode-se afirmar que, a partir de um dado/indicador ambiental, pode-se verificar o cumprimento dos objetivos sustentáveis a que se propõe o enquadramento, pois este também comporta questões sociais e econômicas que são mensuráveis em termos ambientais.

Como método avaliativo do enquadramento, foi utilizado um índice numérico para medir a distância entre a qualidade da água atual do corpo hídrico e a qualidade prevista pelo enquadramento proposto.

3.2.2. Utilização do Índice de Conformidade ao Enquadramento como método avaliativo do cumprimento ao enquadramento

A definição da violação ao enquadramento é uma dificuldade frequente na gestão dos recursos hídricos, assim como identificar a amplitude entre a qualidade da água atual do corpo hídrico e a qualidade prevista na classe em que foi enquadrado, e o acompanhamento da eficácia das ações e os resultados dos investimentos (AMARO, 2009). Desta forma, é de suma importância investir em ferramentas e metodologias que visem identificar lacunas e violações ao enquadramento, de modo a possibilitar uma atuação mais pontual e precisa nos pontos frágeis da implementação deste instrumento. Uma ótima ferramenta para essa tarefa é o Índice de Conformidade ao Enquadramento.

O ICE é uma ferramenta de fácil entendimento e ótima para avaliar dados de qualidade da água através da utilização de parâmetros convenientes a cada instituição (BORTOLIN, 2013).

Sendo, assim, o instrumento ideal para avaliação do enquadramento, bem como para a divulgação desta informação de forma clara e acessível.

É de extrema importância identificar os principais usos do solo e os principais poluidores locais para subsidiar a definição das variáveis que indiquem factualmente a contaminação pelas atividades desenvolvidas na região. Desta forma, este índice será capaz de mostrar efetivamente a realidade local, uma vez que a utilização demasiada de parâmetros sem uma ponderação pode mascarar a realidade (MENEZES, 2013).

O ICE vem sendo utilizado desde 2012 pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para avaliar as águas salinas e salobras, e pela Agência Nacional de Águas (ANA) em estações de monitoramento em todo o Brasil (SILVEIRA, 2018). Mais recentemente, em 2020, a ADASA também passou a utilizar o ICE para monitorar a situação dos corpos hídricos no Distrito Federal²¹.

Como exemplos de alguns estudos em corpos hídricos brasileiros que utilizaram o ICE como método de avaliação do cumprimento dos padrões de qualidade da água estabelecidos para as classes de uso é possível citar: trecho da bacia hidrográfica do rio São Marcos, no Rio Grande do Sul (BORTOLIN et al., 2013); em aquíferos presentes em dezesseis municípios do Estado do Rio de Janeiro (MENEZES et al., 2013); nos Reservatórios Jucazinho, Bituri, Botafogo e Pirapama, em Pernambuco (OLIVEIRA et al., 2018); e no Açude da Macela, localizado em Itabaiana, Sergipe (BARBOSA et al., 2019).

A partir dos resultados obtidos com a aplicação deste índice é possível mensurar a distância entre a qualidade da água atual do corpo hídrico e a qualidade prevista pelo enquadramento proposto. O que serve para demonstrar se os usos múltiplos da água de determinado rio estão em conformidade com a qualidade necessária. O que é importante principalmente pelo fato do enquadramento ser um instrumento de planejamento e que, portanto, deve ser atendido somente nos anos indicados para as metas previstas (intermediárias e final). Ou seja, ao se trabalhar com longos horizontes temporais, é preciso do auxílio de ferramentas que monitorem o cumprimento dessas metas ao longo do tempo.

²¹ O mapa com os valores obtidos com a aplicação do ICE para os corpos hídricos do DF foi disponibilizado no Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Distrito Federal (SIRH-DF). Disponível em: <<http://gis.adasa.df.gov.br/portal/home/>>. Acesso em 30 de Novembro de 2020.

Acompanhar a evolução da qualidade da água com base na aplicação deste índice pode subsidiar a adoção de medidas mais precisas em corpos hídricos sensíveis, visando a garantia do atendimento aos usos múltiplos. Usos estes que garantem a disponibilidade de água para a população, para os empreendimentos econômicos e para a manutenção dos ecossistemas aquáticos.

O ICE, como uma ferramenta de acompanhamento, pode ser aplicado nos pontos dos corpos hídricos já monitorados pelos órgãos e empresas responsáveis. Como resposta a este acompanhamento, poder-se-á obter os pontos e os corpos hídricos com a qualidade da água mais prejudicada em relação ao padrão estabelecido para sua classe e usos previstos, o que subsidia uma tomada de decisão mais precisa. Por exemplo: em função de recursos escassos, pretende-se escolher qual trecho de um determinado rio deve usufruir de um programa de plantio de árvores nativas em prol da proteção deste corpo hídrico contra o assoreamento. Para tanto, ao aplicar o ICE nos pontos monitorados deste rio, é possível determinar qual o ponto mais distante da meta a ser atingida pelo enquadramento e que, portanto, seria a melhor alternativa.

O ICE é utilizado neste trabalho como instrumento de análise do atendimento ao enquadramento de alguns corpos hídricos do Distrito Federal que atuarão como estudos de caso, sendo eles o ribeirão Sobradinho e o rio Melchior. E como forma de aprofundar esta análise, também foi feito neste trabalho a modelagem matemática da qualidade da água do ribeirão Sobradinho.

3.2.3. Modelagem da qualidade da água como indicador da dinâmica de poluição no ambiente

A modelagem da qualidade da água em rios tem como função apresentar simplificadamente as interações que ocorrem em um dado ambiente aquático. Em que é realizada por meio de dois componentes principais: equações que representam o escoamento, e equações de transporte de massa, que descrevem a forma como as variáveis de qualidade da água variam. O que torna a modelagem um ótimo indicador para se entender a dinâmica da poluição no ambiente aquático (KNAPIK et. al, 2011).

Conhecer o comportamento das concentrações de uma substância ao longo do corpo hídrico fornece uma excelente ferramenta para prevenir a sua contaminação. Em rios, as mudanças na concentração de determinada substância ao longo do tempo variam em função da advecção (transporte do constituinte no campo de velocidades do meio fluido), da difusão (espalhamento das partículas do constituinte devido à agitação) e devido aos processos de conversão (fatores biológicos, físicos e químicos) (VON SPERLING (b), 2014).

Dentre os principais modelos para modelagem da qualidade da água em rios é possível citar o QUAL2E (BROWN e BARNWELL, 1987), QUAL2K (CHAPRA, 1997) e o QUAL-UFMG (VON SPERLING, 2007). Este último foi desenvolvido com base no modelo QUAL2E por Marcos Von Sperling. O QUAL-UFMG é um modelo brasileiro, possui uma interface simples e é adequado para rios com vazões relativamente baixas, que é o caso do corpo hídrico utilizado como estudo de caso neste trabalho, o ribeirão Sobradinho. Deste modo, o modelo QUAL-UFMG foi o escolhido como ferramenta de modelagem da qualidade da água deste trabalho.

3.2.3.1. Aplicação do modelo QUAL-UFMG como ferramenta de modelagem da qualidade da água

O modelo QUAL-UFMG se configura como um programa desenvolvido em planilhas do Excel que possibilita a simulação da qualidade da água em corpos hídricos superficiais. Este modelo pode ser utilizado pelos gestores como uma ferramenta de prevenção e para subsidiar medidas corretivas de proteção aos problemas ambientais nos ambientes aquáticos (COSTA e TEIXEIRA, 2010).

Desenvolvido a partir do modelo QUAL2E, o modelo QUAL-UFMG possui algumas simplificações, como a não inclusão das algas (fator complexo e com coeficientes difíceis de serem determinados), e a não consideração da dispersão longitudinal. A primeira simplificação foi feita em função da presença de algas não ser tão representativa em ambientes lóticos. Em relação a dispersão longitudinal, esta simplificação se deu em função de que vazões relativamente baixas não favorecem este fenômeno (PERIN, 2013).

A modelagem de qualidade da água por meio do QUAL-UFMG é feita através da inserção dos dados, limnológicos e hidrológicos, e da alteração dos parâmetros de desoxigenação, de

decomposição da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) no rio e do parâmetro de reaeração.

O coeficiente de desoxigenação (K_1) varia em função do tipo de matéria orgânica, da temperatura e da presença de substâncias inibidoras, como os efluentes tratados que possuem uma taxa de degradação lenta, uma vez que a fração facilmente assimilável já foi removida, restando apenas a fração de degradabilidade mais vagarosa (VON SPERLING, 2014a).

O coeficiente de remoção de DBO efetiva no rio (K_d) incorpora a decomposição da matéria orgânica pela biomassa suspensa na massa líquida e pela biomassa no lodo de fundo, e seus valores são superiores ao desenvolvido em laboratório (K_1) (VON SPERLING, 2014b). Os valores típicos de K_1 e K_d são mostrados na tabela 3.1.

Tabela 3.1: Valores típicos dos coeficientes de remoção de DBO (K_1 e K_d) (base e, 20°C).

Fonte: (VON SPERLING, 2014b).

Origem	K_1 (laboratório)	K_d (rio)	
		Rios rasos	Rios profundos
Curso d'água recebendo esgoto bruto concentrado	0,35-0,45	0,50-1,00	0,35-0,50
Curso d'água recebendo esgoto bruto de baixa concentração	0,30-0,40	0,40-0,80	0,30-0,45
Curso d'água recebendo efluente primário	0,30-0,40	0,40-0,80	0,30-0,45
Curso d'água recebendo efluente secundário	0,12-0,24	0,12-0,24	0,12-0,24
Curso d'água com águas limpas	0,08-0,20	0,08-0,20	0,08-0,20

O coeficiente de reaeração (K_2) pode ser estimado para a simulação do oxigênio dissolvido no rio de três formas: através dos valores médios tabelados; em função das características hidráulicas do corpo d'água; ou pelos valores correlacionados com a vazão do curso d'água (VON SPERLING, 2014b). A tabela 3.2 mostra os valores médios tabelados de K_2 .

Tabela 3.2: Valores típicos de K_2 (base e, 20°C). Fonte (VON SPERLING, 2014b).

Corpo d'água	K_2 (d ⁻¹)	
	Profundo	Raso
Pequenas lagoas	0,12	0,23
Rios vagarosos, grandes lagos	0,23	0,37
Grandes rios com baixa velocidade	0,37	0,46
Grandes rios com velocidade normal	0,46	0,69
Rios rápidos	0,69	1,15
Corredeiras e quedas d'água	> 1,15	> 1,61

A variação do K_2 em função da profundidade no corpo hídrico ocorre em resultado dos corpos d'água mais rasos e mais velozes possuírem um maior coeficiente de reaeração, em

função da maior facilidade de mistura ao longo da coluna d'água e da criação de maiores turbulências na superfície, respectivamente (VON SPERLING, 2014b).

A calibração do modelo se dá através do ajuste dos coeficientes, que variam dentro de faixas determinadas, permitindo adequar as equações matemáticas às realidades físicas do corpo hídrico estudado. Para a correta calibração é necessário que haja dados observados das variáveis de entrada utilizados na modelagem, os quais permitem a comparação com os dados estimados pelo modelo (IDE e RIBEIRO, 2010).

A modelagem de qualidade da água permite simular possíveis cenários previstos para o futuro de determinada bacia, como o impacto do crescimento populacional e da construção de um empreendimento que lançaria seus efluentes no corpo hídrico. Desta forma, é uma ótima ferramenta para subsidiar tomadas de decisão dos órgãos competentes, como o órgão licenciador dos empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores, em prol de uma gestão mais sustentável dos recursos naturais.

Ao modelar o impacto da instalação de um frigorífico que lançaria seus efluentes em um rio, por exemplo, é possível obter respostas quanto à capacidade de autodepuração do corpo hídrico receptor. O que permite avaliar qual seria o melhor ponto de lançamento, qual corpo hídrico seria a melhor opção para receber este efluente ou para avaliar o grau necessário do tratamento para que o enquadramento seja respeitado. Desta forma, o modelo QUAL-UFGM é uma poderosa ferramenta para subsidiar a sustentabilidade na tomada de decisões ao prever os impactos de um determinado empreendimento em favor da qualidade e do atendimento aos usos múltiplos da água.

O QUAL-UFGM é capaz de simular o processo de autodepuração de um rio após o lançamento de cargas orgânicas poluidoras e a reaeração atmosférica, obtendo, assim, os seus efeitos sobre a concentração de oxigênio dissolvido no corpo hídrico, a dinâmica de decaimento da matéria orgânica e a concentração de coliformes e nutrientes (as formas de nitrogênio e fósforo) (GOMES, 2016). Ao qual se faz necessário conhecer a importância destes parâmetros para a qualidade da água.

3.2.3.2. Parâmetros simulados pelo QUAL-UFMG e sua relação com a qualidade da água

A aplicação do modelo QUAL-UFMG traz como resultados o comportamento das concentrações dos parâmetros de qualidade da água ao longo de todo o corpo hídrico. Os parâmetros em questão são: oxigênio dissolvido, DBO, coliformes e as formas de fósforo e nitrogênio.

O oxigênio dissolvido presente em rios advém principalmente da atmosfera por meio da diferença de pressão, e a taxa de inserção depende das características hidráulicas, sendo diretamente proporcional à velocidade da água. O oxigênio dissolvido é imprescindível para os peixes e microrganismos aeróbios que habitam as águas naturais, de modo que valores abaixo de 4 ml/L de oxigênio já acarretam a morte da maioria das espécies de peixe (PIVELI e KATO, 2005).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) representa a quantidade de oxigênio que os microrganismos consomem ao degradar a matéria orgânica. Ao que pode ser entendida como uma forma de medir o consumo de oxigênio na água. As elevações da concentração de DBO num corpo d'água estão ligadas, predominantemente, a lançamentos de efluentes orgânicos, como os esgotos domésticos, por exemplo (DERÍSIO, 2012).

Os coliformes são bactérias que atuam no trato intestinal dos animais e, portanto, servem como indicadores do contato da água com material fecal. A utilização destes microrganismos, que não são patogênicos aos seres humanos, como indicadores se dá em função da dificuldade em detectar outros organismos efetivamente patogênicos em amostras de água, como os vírus e protozoários (Von Sperling, 2014a).

Em águas naturais, a presença de fósforo está ligada principalmente à descarga de esgotos sanitários, advindos dos detergentes superfosfatados empregados domesticamente. Também decorrem de despejos industriais envolvendo fertilizantes, abatedouros e indústrias químicas em geral. Como o fósforo é um macronutriente essencial aos processos biológicos, elevadas concentrações de fósforo em corpos hídricos podem provocar o favorecimento destes processos e, por consequência, a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido na água, que é consumido por estes organismos (PIVELI e KATO, 2005). Entretanto, é válido ressaltar que a

influência do fósforo é maior em ambientes lênticos, onde há a maior presença de microrganismos fitoplanctônicos.

Nos corpos hídricos o nitrogênio pode ser encontrado na forma de nitrogênio molecular, nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um nutriente extremamente importante para o crescimento de algas e, em elevadas concentrações, pode provocar o crescimento exagerado desses organismos e gerar um processo de eutrofização, além de ser tóxico aos peixes, quando está na forma de amônia livre (VON SPERLING, 2014a).

3.3. Análise dos programas e políticas públicas adotados em prol da proteção ambiental

As políticas públicas são definidas como um programa de ação governamental, uma vez que consiste num conjunto de medidas articuladas, subsidiadas por princípios, objetivos, diretrizes, instrumentos, metas, meios e fins, de modo a dar impulso, ou seja, movimentar a máquina do governo. Promovendo, assim, a realização de algum objetivo de ordem pública, ou seja, a concretização de um direito (BUCCI, 2006).

Como exemplos de direitos sociais é possível citar alguns direitos assegurados pela Constituição Federal de 1988, como o direito à saúde, à moradia (art. 6º), à redução dos riscos inerentes ao trabalho (art. 7º), e ao direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (art. 225). As políticas públicas são instrumentos que auxiliam na concretização destes direitos e, por mais que sejam desenvolvidas com o intuito de serem efetivamente cumpridas, na prática, principalmente no âmbito ambiental, é preciso compreender porque não se consegue um cenário pleno de efetividade.

Para que as políticas públicas sejam efetivas é preciso levar em consideração o cenário atual da região em que será implementada. Como exemplo, um país em desenvolvimento não deve se basear em políticas pensadas para os países desenvolvidos, uma vez que a estrutura da política pública deve se basear nas necessidades do local em que será implantada, e estas podem não ser coincidentes (FREY, 2000).

Lowi (1972) propõe quatro tipos de política pública: políticas distributivas, que alocam bens e serviços difusos a uma parcela concentrada da população; políticas redistributivas, as que retiram benefícios concentrados direcionando-os a uma parcela também concentrada da

população; políticas regulatórias, as que, de forma imperativa, regulam a forma como bens e serviços serão realizados de forma a beneficiar o bem comum; e as políticas constitutivas, que ditam as regras que as demais políticas devem ser implementadas²². Esta tipologia proposta por Lowi prevê, não somente a diferenciação entre os tipos de políticas públicas, mas também o tipo de apoio e de rejeição que cada uma receberá. Como exemplo, as políticas distributivas, por serem destinadas a apenas uma parcela concentrada da população, geram impactos mais individuais.

O conhecimento acerca de políticas públicas pode subsidiar a adoção de ferramentas de engenharia, como índices e modelos, a fim de compor uma análise mais abrangente do problema, uma vez que a adoção dessas ferramentas trás as informações necessárias para conhecer a problemática e entender as necessidades que precisam ser resolvidas, e a análise de políticas públicas fornece informações acerca da efetividade das medidas que estão sendo adotadas para solucionar estas problemáticas. Desta forma, é importante conhecer a metodologia por trás da adoção de índices (4.1), da modelagem (4.2) e da atuação, por meio da adoção de programas e políticas públicas, dos principais órgãos responsáveis (4.3).

²² Como exemplo da avaliação da eficácia das políticas públicas em prol da proteção do meio ambiente é possível citar o trabalho desenvolvido por Souza e Moraes (2021, no prelo), que mapearam e classificaram, segundo Lowi, as políticas públicas aplicadas para o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos no Distrito Federal, tendo como plano de fundo a proteção dos recursos hídricos e a assistência aos catadores.

4. METODOLOGIA

Para o atendimento dos objetivos, o trabalho foi desenvolvido a partir de uma análise da evolução da qualidade de água e do índice de conformidade ao enquadramento nas bacias selecionadas para o estudo no período posterior ao estabelecimento do enquadramento dos corpos hídricos no Distrito Federal, bem como da análise das medidas adotadas em benefício da manutenção de suas classes. As etapas metodológicas são apresentadas na figura 4.1.

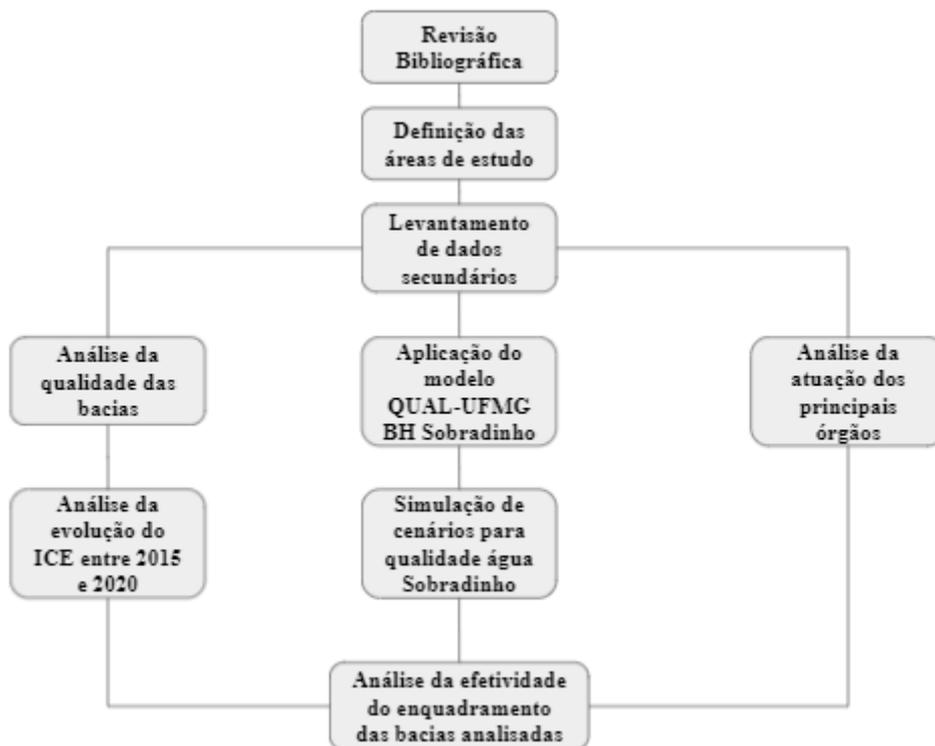


Figura 4.1 - Fluxograma das etapas metodológicas do desenvolvimento do trabalho.

4.1. Caracterização das Áreas de estudo

A seguir serão apresentadas a caracterização das duas áreas de estudo utilizados neste trabalho: o ribeirão Sobradinho (4.1.1); e o rio Melchior (4.1.2).

4.1.1. Caso do ribeirão Sobradinho

O ribeirão Sobradinho localiza-se na porção centro-norte do Distrito Federal e nasce de diversos olhos d'água nas partes altas da Região Administrativa de Sobradinho, percorrendo

grande parte desta região até se encontrar com o rio São Bartolomeu (GDF, 2012). A localização e a área da bacia hidrográfica do ribeirão Sobradinho são mostradas na figura 4.2.

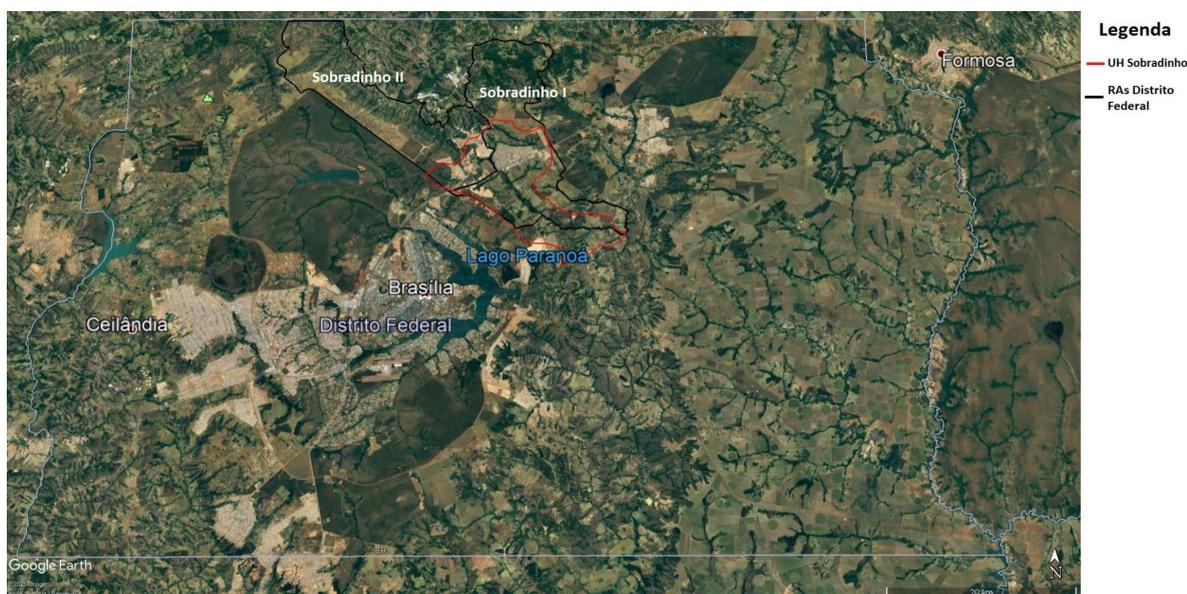


Figura 4.2 - Localização da Bacia Hidrográfica do ribeirão Sobradinho (BHRS) no Distrito Federal.

O ribeirão Sobradinho é um dos afluentes de maior importância do rio São Bartolomeu no Distrito Federal e ambos estão inseridos na bacia do rio Paranaíba, região hidrográfica do rio Paraná. Este corpo hídrico tem como alguns de seus principais afluentes o córrego Capão Comprido, córrego Paranoazinho e córrego Capão Grande. Os usos do solo nesta região correspondem a áreas urbanas, zonas comerciais, zonas industriais e áreas naturais associadas às unidades de conservação (BARBOSA et al, 2021). Este Ribeirão está compreendido no Comitê de Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Paranaíba no Distrito Federal - CBH Paranaíba-DF.

Enquadrado como classe 03 pela resolução a Resolução do Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal (CRH-DF) nº 02 de 2014, o ribeirão Sobradinho sofre com o impacto de uma densa população, de pequenas indústrias e da ocupação de encostas e destruição da mata ciliar (BARBOSA, 2010). A classificação dada ao ribeirão Sobradinho, classe 3, não representa a qualidade da água necessária aos usos para os quais parte da população ainda utiliza este corpo hídrico, como recreação de contato primário e irrigação de hortaliças, usos comportados por corpos d'água de classe 2 (III, art. 4º, CONAMA nº 357 de 2005). Destarte,

este corpo hídrico foi escolhido por possibilitar uma discussão acerca de problemas envolvendo a classificação e os usos múltiplos da água.

A CAESB monitora cinco pontos deste corpo hídrico: 010; 020; 030; 040 e 050. O ponto 010 encontra-se próximo à nascente do ribeirão Sobradinho, abaixo da quadra 11 da Região Administrativa de Sobradinho. O ponto 020, por sua vez, situa-se à montante da ETE Sobradinho. Já o ponto 030 fica a aproximadamente 1 km de distância do lançamento do efluente da ETE, enquanto o ponto 040 fica a aproximadamente 8 km de distância do lançamento. O último ponto, o 050, fica no exutório do ribeirão Sobradinho. O mapa com a representação dos pontos é mostrado na figura 4.3.

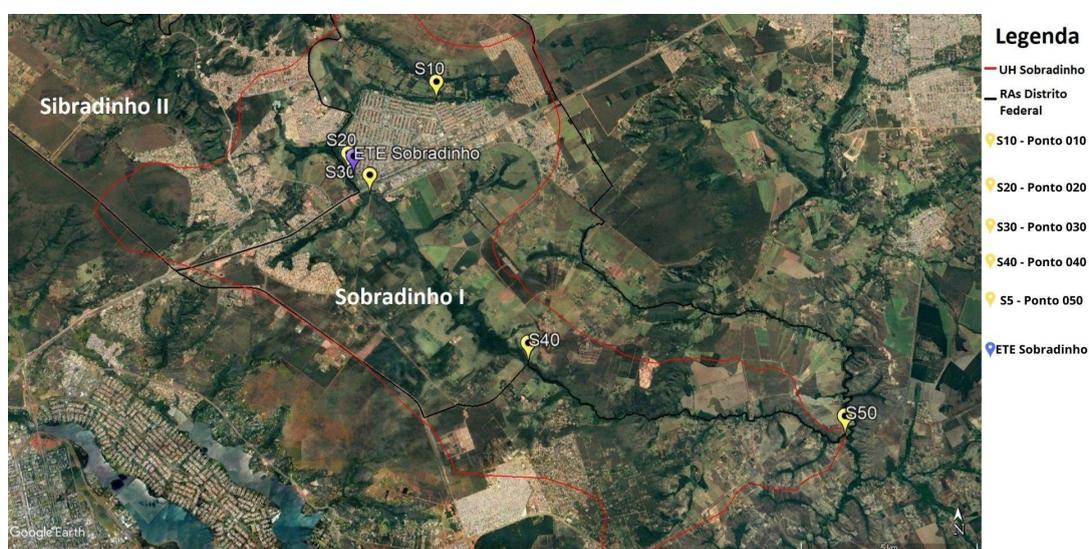


Figura 4.3 - Mapa do ribeirão Sobradinho com a representação dos pontos monitorados pela CAESB e da ETE Sobradinho.

4.1.2. Caso do rio Melchior

O rio Melchior tem suas cabeceiras no córrego Taguatinga e no córrego Cortado, na região de Taguatinga – DF. Esses dois corpos hídricos se unem e, posteriormente, ao receber a contribuição dos córregos do Valo e Gatumé, o ribeirão Taguatinga passa a se chamar rio Melchior e percorre as regiões de Samambaia e Ceilândia (GDF, 2006). Este corpo hídrico corre no sentido Nordeste-Sudoeste até desaguar no Rio Descoberto e está compreendido no Comitê de Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Paranaíba no Distrito Federal - CBH Paranaíba-DF. A sub-bacia do rio Melchior é mostrada na figura 4.4.

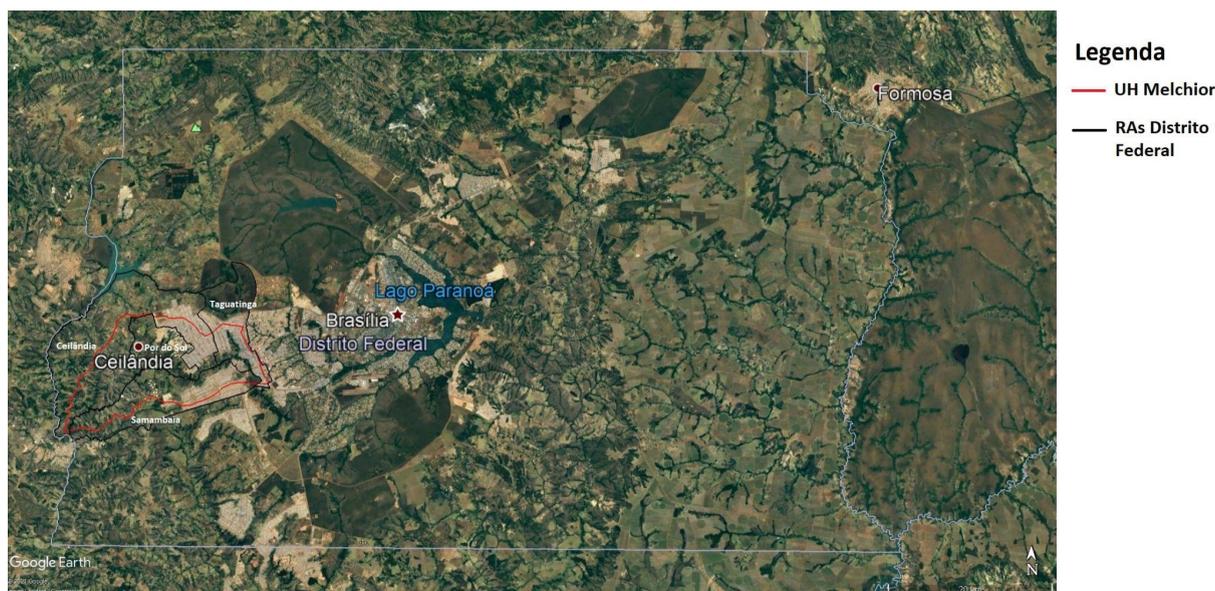


Figura 4.4 - Localização da unidade hidrográfica do rio Melchior dentro do Distrito Federal.

O rio Melchior, enquadrado como classe 04 pela Resolução nº 02 de 2014 do CRH-DF, foi foco de vazamentos de lixiviado em 2019²³ e serve como diluidor de efluentes de duas das maiores estações de tratamento de esgoto do Distrito Federal (ETE Melchior e ETE Samambaia). Análises da qualidade da água após os vazamentos mostraram que o corpo hídrico estava compatível com a classe 4, a qual está enquadrado (BARBOSA et al, 2021). Entretanto, a classe 4, a menos restritiva, conta com apenas sete métricas avaliadas, onde variáveis importantes em se tratando de lixiviado, como íons, matéria orgânica e metais não são considerados. A classificação dada a este corpo hídrico provavelmente manterá a ideia de que este rio apresenta uso impróprio, de um rio poluído e que, portanto, deve receber a mesma classe em enquadramentos futuros sem nenhuma perspectiva de melhora. Desta forma, a discussão que decorrerá deste corpo hídrico se respalda na definição de uma classe e como esta reflete na recuperação de corpos hídricos poluídos.

A CAESB possui 4 pontos de monitoramento da qualidade da água neste corpo hídrico, que são: ponto 010, a montante dos lançamentos das ETES; ponto 015 a jusante dos lançamentos das ETES e do Aterro Sanitário; o ponto 020 a montante dos lançamentos das ETES, do Aterro e de Empresas da região; e o ponto 030 no exutório da bacia. A localização dos pontos

²³ Para saber mais sobre os vazamentos e as ações de remediação dos impactos adotadas, consultar: (MORAES e SOUZA, 2021).

monitorados, bem como a localização das ETES Samambaia e Melchior são mostradas na figura 4.5.

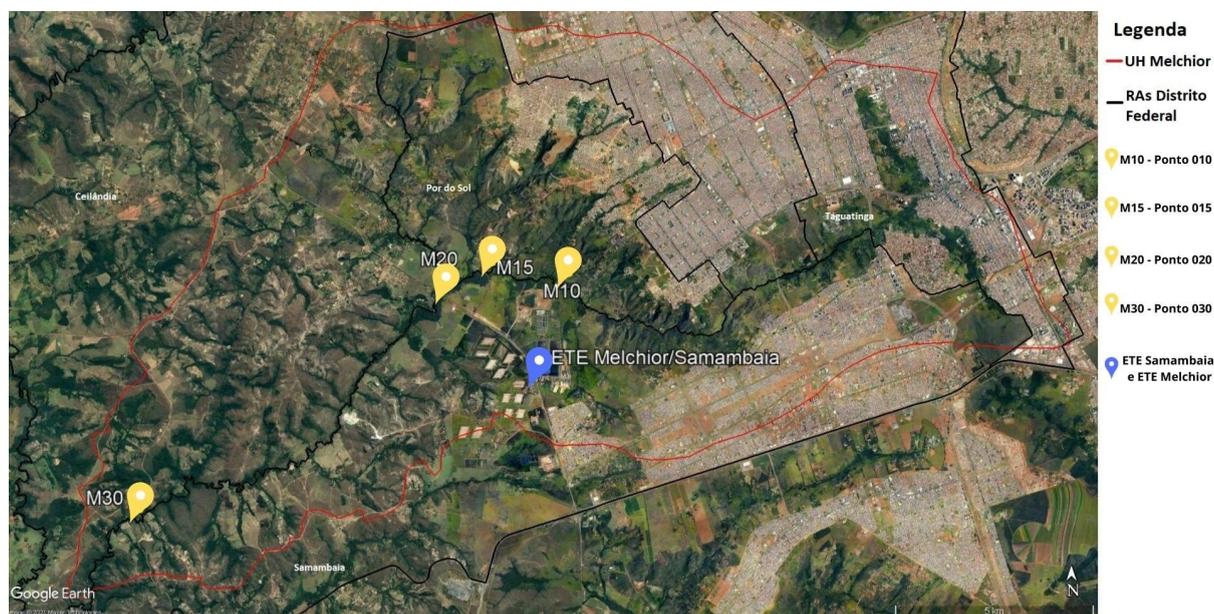


Figura 4.5 - Localização da unidade hidrográfica do rio Melchior, dos pontos monitorados pela CAESB e das ETES Samambaia e Melchior.

4.2. Levantamento de dados

Na tabela 4.1, são mostradas as informações contendo o tipo e quais os dados necessários para a elaboração deste trabalho, bem como a fonte pelos quais foram obtidos, a frequência de análise, a unidade de cada parâmetro avaliado e o período analisado.

Os dados de qualidade da água foram disponibilizados pela CAESB, por meio do Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão do Distrito Federal (e-SIC). Os pedidos foram realizados por meio do Protocolo e-SIC nº 00092000010202104, de 19 de janeiro de 2021 e pelo Protocolo e-SIC nº 00092000063202117 de 23 de março de 2021. As análises são feitas, geralmente, a cada dois meses. O período de análise foi definido em função dos objetivos do estudo: da avaliação da evolução da qualidade da água nos corpos hídricos do Distrito Federal após o enquadramento de corpos d'água em classes, ocorrido em dezembro de 2014, até o período mais recente de dados disponíveis (dezembro de 2020). Já os dados de vazão serão extraídos do portal HIDROWEB, da estação Ribeirão Sobradinho (código da estação: 60474300).

Tabela 4.1: Dados dos corpos hídricos utilizados na aplicação do ICE e modelagem da qualidade da água com o QUAL-UFGM.

Tipo de dado	Dados	Fonte	Frequência	Unidade de Medida	Período dos dados
Limnológicos	OD	CAESB	Bimestral	mg/L	2015 - 2020
	DBO	CAESB	Bimestral	mg/L	2015 - 2020
	Coliformes	CAESB	Bimestral	VMP	2015 - 2020
	Fósforo Total	CAESB	Bimestral	mg/L	2015 - 2020
	pH	CAESB	Bimestral	-	2015 - 2020
	Cloreto	CAESB	Bimestral	mg/L	2015 - 2020
	Ferro Dissolvido	CAESB	Bimestral	mg/L	2015 - 2020
	Nitrato	CAESB	Bimestral	mg/L	2015 - 2020
	Nitrito	CAESB	Bimestral	mg/L	2015 - 2020
	Amônia	CAESB	Bimestral	mg/L	2015 - 2020
	Turbidez	CAESB	Bimestral	UNT	2015 - 2020
Hidrológico	Vazão	HIDROWEB	Diário	m ³ /s	2015 - 2020

Além dos dados fluviais e de qualidade envolvendo os corpos hídricos aqui estudados, também foram utilizados os dados de consumo per capita de água das regiões administrativas de Sobradinho I e Sobradinho II, e dados de qualidade e quantidade do efluente da ETE Sobradinho, obtidos dos painéis interativos da ADASA. As informações contendo o tipo e quais os dados utilizados, bem como a fonte pelos quais foram obtidos, a frequência de análise, a unidade de cada parâmetro e o período analisado neste trabalho são mostrados na tabela 4.2.

Tabela 4.2: Dados do efluente da ETE Sobradinho e consumo per capto de água utilizados na aplicação da modelagem da qualidade da água.

Tipo de dado	Dados	Fonte	Frequência	Unidade de Medida	Ano inicial dos dados
Limnológicos	DBO	ADASA	Mensal	mg/L	2020
	E. Coli	ADASA	Mensal	Células/100 mL	2020
	Amônia	ADASA	Mensal	mg/L	2020
	Fósforo Total	ADASA	Mensal	mg/L	2020
Hidrológico	Vazão do efluente	ADASA	Mensal	m ³ /s	2020
	Consumo per capto	ADASA	Mensal	m ³ /s	2020

Os dados são disponibilizados pela ADASA na base de dados do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Distrito Federal (SIRH), através do Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH).

4.3. Análise da qualidade da água do ribeirão Sobradinho e do rio Melchior entre 2015 e 2020

A análise da concentração de determinados parâmetros de qualidade da água permite avaliar a influência dos usos existentes na qualidade da água, com base nos limites impostos a cada classe. Trata-se, portanto, de uma análise de parâmetros isolados e sua relação com o enquadramento e com a qualidade da água.

O grau de pureza da água é definido por limites estabelecidos por padrões de qualidade, sendo eles físicos, químicos ou microbiológicos (PIVELI e KATO, 2005). Os parâmetros de qualidade da água utilizados nesta análise foram: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais e fósforo total. As três primeiras variáveis foram escolhidas por corresponderem aos padrões prioritários para o enquadramento de rios no Distrito Federal (art. 5º, Resolução nº 2 de 2014 do CRH-DF). Já o fósforo total foi escolhido por ser um indicativo de descargas de esgotos sanitários (PIVELI e KATO, 2005). A fim de facilitar esta análise, foram elaborados gráficos correlacionando os dados monitorados pela CAESB com os limites definidos em cada classe. Estes gráficos estão disponíveis como anexos 1 e 2 deste trabalho.

A análise se deu através da avaliação da concentração destes parâmetros em comparação aos limites impostos às suas respectivas classes. O que possibilita uma observação da qualidade da água atual e da série histórica (entre 2015 e 2020), em detrimento da qualidade a ser alcançada em 2030, segundo o enquadramento dos corpos hídricos do Distrito Federal. A fim de fortalecer esta análise, também foi realizada a aplicação de um índice de conformidade que mede a distância entre a qualidade da água atual e o enquadramento proposto.

4.4. Aplicação do Índice de Conformidade ao Enquadramento como método científico de avaliação do enquadramento dos corpos hídricos do Distrito Federal

O índice de conformidade ao enquadramento foi desenvolvido Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente (*Canadian Council of Ministers of the Environment*), em 1997, com o intuito de comparar a situação atual dos corpos hídricos com as metas de qualidade estabelecidas em seu enquadramento. As variáveis adotadas na análise desse índice devem conter limites expressos em alguma norma vigente, de modo a ser feita possível a comparação. No âmbito deste trabalho, os limites utilizados para a aplicação deste índice são estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, que estabeleceu a classificação dos corpos de água em classes de qualidade e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. As variáveis utilizadas, bem como os limites de cada classe, são apresentadas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Parâmetros e limites utilizados para o cálculo do ICE.

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Coliformes Totais (Células/100 mL)	200*	1000*	1000*	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L O ₂)	6	5	4	2
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L O ₂)	3	5	10	-
Fósforo Total (mg/L P)	0,1	0,1	0,15	-
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Cloreto (mg/L Cl)	250	250	250	-
Ferro Dissolvido (mg/L Fe)	0,3	0,3	5	-
Nitrato (mg/L)	10	10	10	-
Nitrito (mg/L)	1	1	1	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	3,7**	3,7**	13,3**	-
Turbidez (UNT)	40	100	100	-

* Os valores de coliformes foram selecionados de acordo com o uso mais restritivo de cada classe.

** Estes valores levam em conta a faixa de pH menor ou igual a 7,5, valores mais usuais para as séries históricas analisadas.

Como o foco desta etapa do trabalho é avaliar a evolução do ICE e a evolução da qualidade da água desde que o enquadramento foi estabelecido no DF, todas as variáveis que possuem

limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357 de 2005 monitoradas pela CAESB com maior frequência, normalmente a cada dois meses, foram utilizados para o cálculo do ICE. É válido destacar que a CAESB também monitora dezenas de outras variáveis além destas anteriormente citadas, só que com uma frequência menor, normalmente uma vez por ano.

O cálculo do ICE foi feito utilizando os dados brutos recebidos da CAESB, sem nenhum tipo de tratamento prévio ou consistência própria, de modo a garantir a veracidade dos dados recebidos.

Para que o corpo hídrico esteja em conformidade com sua classe é necessário que os limites estabelecidos pela norma sejam respeitados. Para tanto, o valor de oxigênio dissolvido disponível no corpo hídrico não deve ser inferior ao expresso na resolução CONAMA 357/2005. O pH o valor deve estar dentro da faixa aceitável e os demais parâmetros não devem ser superiores ao expresso na norma.

Para a classe 4 apenas as variáveis oxigênio dissolvido e pH foram utilizados para o cálculo do ICE, uma vez que são os únicos parâmetros considerados por esta classe que são monitorados pela CAESB. Cabe aqui salientar que além destas duas variáveis a classe 4 só considera outra variável com valor numérico que possibilite a comparação, que são os fenóis totais. Entretanto, esta variável não é monitorada pela CAESB para o corpo hídrico aqui analisado (rio Melchior).

O cálculo do ICE é feito em três etapas: abrangência, frequência e amplitude. A abrangência (Fator 1) corresponde ao número de métricas que estiverem em desacordo com o estabelecido pela norma vigente (CONAMA 357/2005), mesmo que o desacordo tenha sido observado apenas uma vez dentro do período de análise. Obtido pela fórmula:

$$F1 = \left(\frac{\text{Número de parâmetros em desacordo}}{\text{Número total de variáveis}} \right) * 100 \quad (4.1)$$

A frequência (Fator 2) representa a quantidade de vezes em que os parâmetros analisados estiveram em desacordo com a norma vigente. Obtido pela fórmula:

$$F2 = \left(\frac{\text{Número de análises em desconformidade}}{\text{Número total de análises}} \right) * 100 \quad (4.2)$$

A amplitude (Fator 3) é obtido pela diferença entre o valor estabelecido pela norma e o valor obtido para os parâmetros em desacordo. Calculado pelas três etapas seguintes:

- i) Número de vezes em que os parâmetros analisados estiveram em desacordo;
- ii) Soma das variações individuais dos parâmetros em desconformidade, dividida pelo número total de testes;
- iii) Calculada pela soma normalizada das variações (nsv).

A soma normalizada das variações é obtida de duas formas:

- a) Quando a condição de desrespeito a norma está em ultrapassar o limite:

$$Variação = \left(\frac{Valor\ obtido}{Limite} \right) - 1 \quad (4.3)$$

- b) Quando a condição de desrespeito a norma está em não alcançar o limite:

$$Variação = \left(\frac{Limite}{Valor\ obtido} \right) - 1 \quad (4.4)$$

Em seguida é calculado a soma normalizada das variações (snv) pela fórmula:

$$SNV = \frac{\Sigma\ variações}{Número\ total\ de\ testes} \quad (4.5)$$

Calculado a snv, obtém-se a amplitude pela fórmula:

$$F3 = \frac{SNV}{0,01*SNV + 0,01} \quad (4.6)$$

Após o cálculo das três etapas anteriormente exemplificadas, o ICE é obtido conforme a expressão:

$$ICE = 100 - \left(\frac{\sqrt{F1 + F2 + F3}}{1,732} \right) \quad (4.7)$$

O denominador 1,732 utilizado corresponde ao normalizador., já que cada um dos três fatores, em condições ótimas, pode chegar ao valor de 100, o que acarretaria em:

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

Desta forma, o denominador 1,732 normaliza os valores e garante um intervalo entre 0 e 100 para água de pior e melhor qualidade, respectivamente. A classificação da qualidade do ambiente aquático é definida pelos níveis mostrados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Classificação do Índice de Conformidade ao Enquadramento. Fonte (CCME, 2001).

Categoria de Resultados	Faixas	Classificação da Qualidade da Água
Excelente	(95 - 100)	Água virtualmente protegida e com níveis próximos aos naturais
Bom	(80 - 94)	Água protegida, mas com leve grau de impacto
Mediano	(65 - 79)	Água ocasionalmente protegida e, por vezes, com certo impacto
Marginal	(45 - 64)	Qualidade da água frequentemente ameaçada
Ruim	(0 - 44)	Qualidade da água quase sempre ameaçada

O ICE será desenvolvido para dois cenários distintos: anual e para a série histórica (entre 2015 e 2020), a partir da publicação da resolução que rege o enquadramento no Distrito Federal.

É válido ressaltar que o ICE indica se o enquadramento proposto está sendo cumprido ou não, com base nos parâmetros de qualidade da água. Entretanto, sua relação com a qualidade da água nem sempre é direta. Por exemplo: um rio de classe baixa pode ter o resultado do ICE como ótimo e apresentar uma qualidade da água ruim, uma vez que os parâmetros e os limites analisados nestas classes são menos restritivos, o que daria abertura a esta incongruência. Nesse sentido, o enquadramento apresenta limites como instrumento de proteção ambiental, uma vez que estaria de acordo com a qualidade exigida pelo tipo de uso da determinada classe – servindo aos objetivos sociais e econômicos porventura associados ao tipo de classe do corpo hídrico, mas o fator ambiental estaria prejudicado, pois a má qualidade da água poderia prejudicar o ecossistema aquático. Assim sendo, é importante a adoção de ferramentas que avaliem não somente se o enquadramento está sendo respeitado, mas também a capacidade de autodepuração do corpo hídrico, como o modelo QUAL-UFGM.

4.5. Modelagem da qualidade da água pela aplicação do QUAL-UFMG

O modelo conceitual construído para o desenvolvimento do estudo contou com os aportes descritos no diagrama unifilar (figura 07). O trecho do ribeirão Sobradinho que foi simulado conta com uma extensão de 24,3 km, e uma discretização de 100 metros para cada segmento do trabalho. A figura 4.6 traz um fluxograma com as etapas existentes na modelagem de qualidade da água com base na aplicação do modelo QUAL-UFMG.

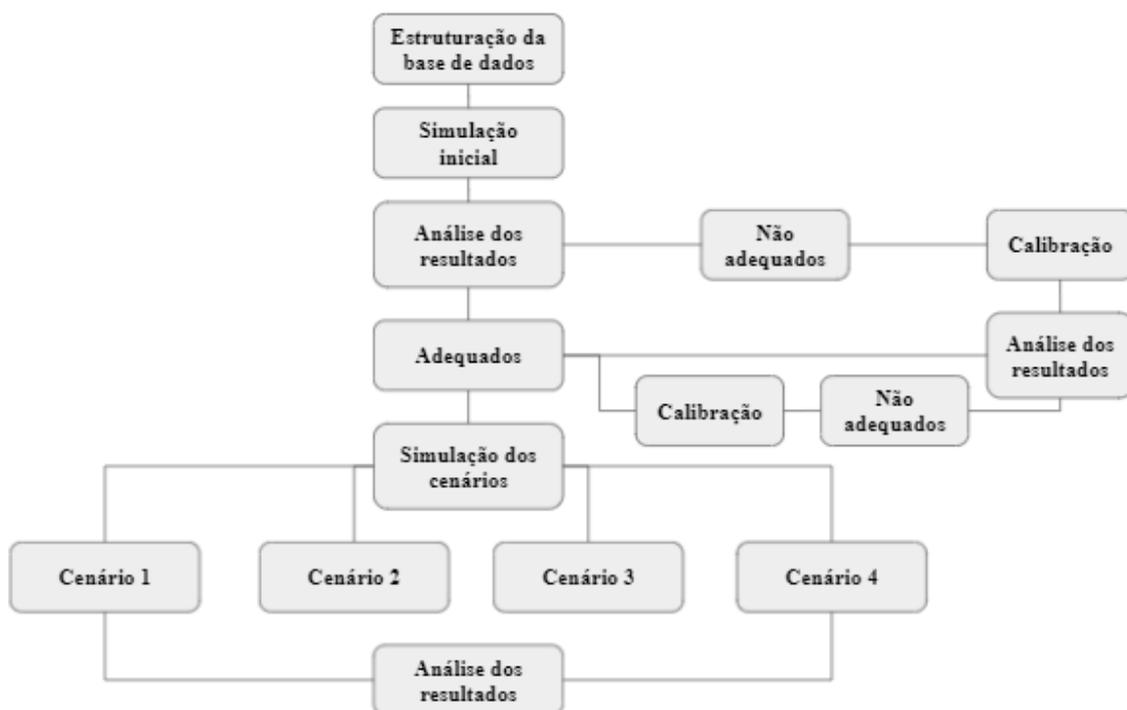


Figura 4.6 - Fluxograma das etapas da modelagem de qualidade da água pelo modelo QUAL-UFMG.

A modelagem da qualidade da água do ribeirão Sobradinho foi realizada através da aplicação do modelo QUAL-UFMG. Para tanto, primeiro serão descritos os parâmetros de qualidade da água utilizadas na simulação (4.5.1), para em seguida tratar da calibração do modelo e simulação dos cenários (4.5.2).

4.5.1. Dados de entrada utilizados na modelagem

Foram utilizados os dados de qualidade da água do ponto 010 do ribeirão Sobradinho (ponto mais à cabeceira da bacia), fornecidos pela CAESB, entre o período de 2015 e 2020. As concentrações utilizadas correspondem à média do período de estiagem no Distrito Federal,

entre julho e setembro. Os parâmetros utilizados, bem como suas respectivas concentrações são mostrados na tabela 4.5.

Tabela 4.5: Dados de entrada para a qualidade da água do ribeirão Sobradinho.

OD	DBO (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Coliformes (Células/100 mL)	Temperatura (°C)	Fósforo Total (mg/L)
7,04	1,4	0,193	0,157	2,692	11452	20,36	0,023

A vazão de entrada do ribeirão Sobradinho utilizada na modelagem foi a média das mínimas (Qmmm), 0,26 m³/s, que corresponde à vazão de estiagem referente aos meses de julho a setembro (ADASA, 2017c). Esta vazão representa o cenário mais restritivo, uma vez que o rio se encontra em seu nível mais baixo.

4.5.2. Calibração do modelo e simulação dos cenários

Após a entrada de dados, o próximo passo foi calibrar o modelo mudando o valor do coeficiente de remoção de DBO (Kd) e a vazão de incremento em cada segmento, de modo que os valores de DBO obtidos pelo modelo correspondessem aos valores obtidos pelo monitoramento da CAESB.

Os valores dos coeficientes K1 (coeficiente de desoxigenação), Kd (coeficiente de decomposição da DBO) e K2 (coeficiente de reaeração), utilizados para a calibração do modelo são mostrados na tabela 4.6.

Tabela 4.6: Valores dos coeficientes aplicados para a melhor calibração do modelo.

COEFICIENTE	VALOR
K1	0,1
Kd	0,95
K2	1,27

As fontes de lançamento de cargas que fizeram parte da modelagem foram a ETE Sobradinho, por meio do lançamento do efluente tratado, e o lançamento pontual de esgoto bruto que representa os impactos da poluição difusa ao longo da bacia. O Diagrama Unifilar do trecho modelado é mostrado na figura 4.7.

Em seguida foram definidas as condições atuais da bacia e das cargas aportadas no presente, na tentativa de representar a situação real em 2021. Para tanto, foi feita a estimativa da poluição difusa na bacia a fim de aproximar os valores obtidos pela CAESB com os dados fornecidos pelo modelo.

A poluição difusa foi estimada com base na adoção de um lançamento pontual de esgoto bruto no corpo hídrico, associando, portanto, os efluentes sem tratamento que são descartados irregularmente e que chegam ao ribeirão Sobradinho por infiltração, promovidos pelo uso de fossas rudimentares e de buracos negros, ou pelo lançamento direto no rio. Para tanto, as concentrações utilizadas para representar este efluente correspondem aos valores típicos que os esgotos brutos em geral apresentam, sendo apresentados na tabela 4.7.

Tabela 4.7: Valores típicos dos parâmetros para os esgotos domésticos brutos. Fonte: adaptado de Von Sperling (2014a).

Parâmetros	Valores Típicos
DBO (mg/L)	350
Amônia (mg/L)	30
Nitrato (mg/L)	0
Nitrito (mg/L)	0
Fósforo Orgânico (mg/L)	4
Fósforo Inorgânico (mg/L)	10
Coliformes (Org/100 mL)	1000000

A vazão da produção de esgoto doméstico média foi obtida com base na população estimada, no consumo de água da região e do coeficiente de retorno, que representa a parte da água fornecida que retorna na forma de esgoto, sendo calculada pela equação 8:

$$Q_{méd} = \frac{Pop * QPC * R}{86400} \quad (4.8)$$

Onde,

- $Q_{méd}$ é a vazão média de esgoto gerada, em l/s;
- Pop a população estimada;
- QPC a quota per capita de água, em l/hab.dia;

- R o coeficiente de retorno água/esgoto.

Usualmente o valor adotado para o coeficiente de retorno é de 0,8 (Von Sperling, 2014a), valor também utilizado neste trabalho. Já para a QPC, foi adotado o valor de 135,7 l/hab.dia que corresponde à média para o período de julho a setembro de 2020 na região de Sobradinho I e II, conforme disponibilizado em boletim mensal pela ADASA²⁴.

A tabela 4.8 mostra uma simplificação dos cenários que foram simulados para o ribeirão Sobradinho, tendo como base as projeções do PDSB e os possíveis acréscimos populacionais para a região.

Tabela 4.8: Descrição resumida dos cenários simulados.

Cenários	Descrição
Cenário 1	População atual de 150 mil mais um acréscimo de 100 mil pessoas com a mesma eficiência atual
Cenário 2	População atual de 150 mil mais um acréscimo de 200 mil pessoas com a mesma eficiência atual
Cenário 3	População atual de 150 mil mais um acréscimo de 200 mil pessoas com a eficiência projetada no PDSB para 2037
Cenário 4	População atual de 150 mil com a eficiência projetada no PDSB para 2037

- Cenário 1:

O primeiro cenário simula o impacto que ocorreria caso a ETE Sobradinho passasse a tratar o esgoto de uma população de 100 mil pessoas além da população que já atende atualmente, que é de aproximadamente 150 mil pessoas (com base na estimativa do PDSB), sem considerar nenhuma melhoria em sua eficiência de tratamento.

Os dados referentes à remoção dos parâmetros pelo tratamento da ETE Sobradinho foram obtidos do painel interativo da ADASA que monitora a eficiência operacional das ETEs do Distrito Federal²⁵. Os dados utilizados correspondem à média da eficiência da ETE durante o

²⁴ ADASA. Boletim de Consumo de Água no DF. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/abastecimento_agua_esgotamento_sanitario/Paine1_BOLETIM_RESUMO.pdf>. Acesso em 26 de Abril de 2021.

²⁵ ADASA. Painéis Interativos - Eficiência Operacional das ETEs. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjcwMzM4YjAtZmU5Yi00MGRILWJhZmUtOWZhYzNjYTgwNT>>

período de julho a setembro de 2020 (o período de estiagem). As concentrações dos parâmetros do esgoto bruto doméstico que chega na ETE, o efluente tratado lançado no corpo hídrico e as respectivas eficiências de remoção são mostrados na tabela 4.9.

Tabela 4.9: Média das concentrações dos parâmetros do afluente, do efluente tratado na ETE e a eficiência de remoção no período de julho a setembro de 2020. Fonte: adaptado de ADASA.

Parâmetros	Concentração Afluente	Concentração Efluente	Remoção
DBO (mg/L)	460,08	21,47	95,3%
E. Coli (Org./100 mL)	9164285	2374257	74,1%
Amônia (mg/L)	61,36	47,82	22,1%
Fósforo T (mg/L)	8,08	4,08	49,6%
Vazão (m ³ /s)	-	0,096	-

O incremento na vazão da ETE em função do acréscimo populacional foi calculado pela equação 8. O valor utilizado de R foi 0,8 e o valor de QPC foi de 135,7 l/hab.dia. De modo a obter a vazão de efluente de 0,126 m³/s (valor a ser acrescido à vazão atual da ETE), conforme mostrado na tabela 4.10.

Tabela 4.10: Valores utilizados para o cálculo da vazão e o valor da vazão obtido para uma população de 100 mil pessoas.

Variáveis	Valores
População (Pop)	100000
Quota per capta água (QPC)	135,7
Coefficiente de retorno (R)	0,8
Vazão de esgoto (m ³ /s)	0,126

- Cenário 2:

De modo análogo ao primeiro cenário, também foi simulado um acréscimo na população atendida pela ETE, só que de 200 mil pessoas a mais, também sem considerar nenhuma

MwliwidCI6IjczZGJmMTMyLWE0YTQtNDkwMy1hYzI2LWJiMjhmY2Y3NDdhNCJ9>. Acesso em: 26 de Abril de 2021.

mudança na eficiência da ETE. Os dados de entrada referentes aos parâmetros de qualidade foram os mesmos do cenário 1, disponíveis na tabela 4.9. Os valores utilizados no cálculo da vazão, bem como o valor obtido são mostrados na tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Valores utilizados para o cálculo da vazão e o valor da vazão obtido para uma população de 200 mil pessoas.

Variáveis	Valores
População (Pop)	200000
Quota per capita água (QPC)	135,7
Coefficiente de retorno (R)	0,8
Vazão de esgoto (m ³ /s)	0,251

O valor da vazão obtido foi acrescido ao valor atual da vazão da ETE Sobradinho, simulando, assim, um acréscimo de 200 mil pessoas à população atendida pela ETE, sem melhorias na eficiência do tratamento.

- Cenário 3:

O terceiro cenário também simula um acréscimo de 200 mil pessoas a terem seu esgoto tratado pela ETE Sobradinho, só que desta vez considera-se as melhorias na eficiência de remoção da ETE citadas no PDSB (2017d). As concentrações do afluente que chega na Estação, a eficiência projetada pelo PDSB e as novas concentrações para os parâmetros de qualidade são mostrados na tabela 4.12.

Tabela 4.12: Média das concentrações dos parâmetros do afluente, do efluente tratado na ETE, e a eficiência de remoção projetada no PDSB. Fonte: adaptado de ADASA.

Parâmetros	Concentração Afluente	Concentração Efluente	Eficiência de Remoção do PDSB
DBO (mg/L)	460,08	18,4032	96%
E. Coli (Org./100 mL)	9164285	9164,285	99,9%
Amônia (mg/L)	61,36	36,816	40%
Fósforo T (mg/L)	8,08	0,3232	96%

Em que se faz simular o impacto positivo das melhorias propostas no PDSB para a eficiência da ETE Sobradinho, possibilitando a verificação do atendimento ou não da classe 3.

- Cenário 4:

O quarto e último cenário corresponde à adoção da eficiência de remoção proposta no PDSB no tratamento atual da ETE, sem alteração da quantidade de pessoas atendidas. Em razão de obter o impacto positivo que as reformas no tratamento da estação trariam ao ribeirão Sobradinho, verificando, portanto, a possibilidade de atendimento à qualidade da água corresponde à classe 2. As concentrações dos parâmetros do esgoto bruto doméstico que chega na ETE, o efluente tratado lançado no corpo hídrico e as respectivas eficiências de remoção projetadas no PDSB para 2037 são mostrados na tabela 4.13.

Tabela 4.13: Média das concentrações dos parâmetros do afluente, do efluente tratado na ETE e a eficiência de remoção proposta no PDSB para 2037.

Parâmetros	Concentração Afluente	Concentração Efluente	Remoção
DBO (mg/L)	460,08	18,4	96%
E. Coli (Org./100 mL)	9164285	9164,285	99,9%
Amônia (mg/L)	61,36	36,82	40%
Fósforo T (mg/L)	8,08	0,32	96%
Vazão (m ³ /s)	-	0,096	-

4.6. Análise da atuação dos principais órgãos ambientais e de recursos hídricos no tratamento do esgotamento sanitário no Distrito Federal perante a proteção dos corpos hídricos

A análise da atuação dos principais órgãos ambientais e de recursos hídricos neste trabalho possibilita avaliar se o Distrito Federal possui uma estrutura legal e de administrativa pública organizada para aplicar, dentro do direito dos recursos hídricos, a proteção dos corpos hídricos perante o lançamento de efluentes tratados dos sistemas de esgotamento sanitário. Trata-se, portanto, de uma contribuição aos estudos do cumprimento dos objetivos de combate à poluição, pelo tratamento adequado dos efluentes das ETEs.

Para tanto, foi realizada uma extensa pesquisa nas legislações vigentes, dissertações, monografias, artigos acadêmicos e reportagens que abordam o enquadramento, e a elaboração e aplicação de políticas públicas²⁶. Ademais, também foi realizado o estudo via consulta à informação junto aos órgãos que lidam com saneamento e recursos hídricos no Distrito Federal. Sobre esse último, eis alguns esclarecimentos.

Sobre as consultas no âmbito administrativo, tratou-se da procura por complemento de informações acerca das ações de algumas das principais entidades responsáveis pela manutenção do enquadramento dos corpos hídricos no Distrito Federal, por meio do Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão do Distrito Federal (e-SIC). Foram aqui utilizadas quatro consultas: Da solicitação de dados de qualidade da água do ribeirão Sobradinho e do rio Melchior, junto à CAESB por meio do Protocolo e-SIC n° 00092000263202099, de 04 de Novembro de 2020. A segunda consulta serviu para ter conhecimento sobre possíveis autuações envolvendo o lançamento dos efluentes tratados das estações de tratamento de esgoto operadas pela CAESB, através da solicitação de informações junto ao IBRAM, pelo Protocolo e-SIC n° 00391000015202154, de 29 de Janeiro de 2021. A terceira consulta tratou de solicitar informações à CAESB acerca das possíveis melhorias nas ETEs que lançam seus efluentes no ribeirão Sobradinho e no rio Melchior, pelo Protocolo e-SIC n° 00092000021202186, de 29 de Janeiro de 2021. Já a última consulta tratou da solicitação de quais são os empreendimentos licenciados pelo IBRAM que lançam seus efluentes nos corpos hídricos analisados neste trabalho, conforme protocolo n° 00391000068202175 de 28 de abril de 2021.

De modo geral, há esforços na investigação pelo avanço da gestão dos recursos hídricos, ao se observar as políticas públicas adotadas pelo governo local em prol da manutenção do enquadramento dos corpos hídricos aqui analisados.

²⁶ Como exemplificação de referências utilizadas neste trabalho podem ser citadas: a Política Nacional de Recursos Hídricos, Política Nacional de Saneamento Básico; Monografias e Dissertações envolvendo a aplicação do ICE e do QUAL-UFG como (OLIVEIRA Et al., 2018) e (PERIN, 2019), respectivamente; artigos sobre o enquadramento dos corpos hídricos (SOUTO, 2008) e (MACHADO et al., 2019).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo se propõe a trazer os resultados da análise dos dados de qualidade da água do ribeirão Sobradinho e do rio Melchior, observados pela CAESB (5.1); juntamente à análise dos resultados da aplicação do ICE para a evolução do comportamento destes corpos hídricos em função da qualidade da água prevista para suas respectivas classes (5.2); bem como da simulação pelo modelo QUAL-UFGM para os possíveis cenários envolvendo o ribeirão Sobradinho (5.3); e, por fim, de uma breve análise da eficácia jurídica dos principais atores envolvendo a gestão dos recursos hídricos no Distrito Federal (5.4).

5.1. Análise da Qualidade da Água

De modo geral, para o ribeirão Sobradinho (figuras 5.1, 5.2 e 5.3), as variáveis mais problemáticas são os coliformes totais e o fósforo total. Para os coliformes, mesmo antes do lançamento da ETE Sobradinho, os valores para esta variável já são extremamente elevados em comparação ao limite imposto pela classe 3, a ser atingido em 2030, em todos os pontos monitorados. Os valores elevados de coliformes, portanto, sugerem fontes alternativas, como possíveis lançamentos de esgotos clandestinos.

O fósforo, por sua vez, se apresentava levemente alterado no ponto 010 (duas análises em desconformidade), enquanto que após o lançamento da ETE a maioria das análises apresentaram valores acima do limite da classe 3, mesmo no exutório da bacia (ponto 050). O que mostra a influência direta do impacto do lançamento da ETE na qualidade do corpo hídrico, que não consegue se recuperar dos efeitos do lançamento, uma vez que a estação não apresenta uma etapa específica no tratamento para remoção deste nutriente.

De modo geral, foi observado uma tendência de melhora na qualidade da água, em relação a estes parâmetros, a partir de 2018. Possivelmente em função de reformas e melhorias no tratamento dos efluentes tratados pela ETE Sobradinho. É esperado que as melhorias propostas no PDSB para a Estação sejam atendidas, promovendo uma adequação à classe 3 prevista para 2030 e, possivelmente, em uma melhor classificação futura deste corpo hídrico.

Sobradinho 010

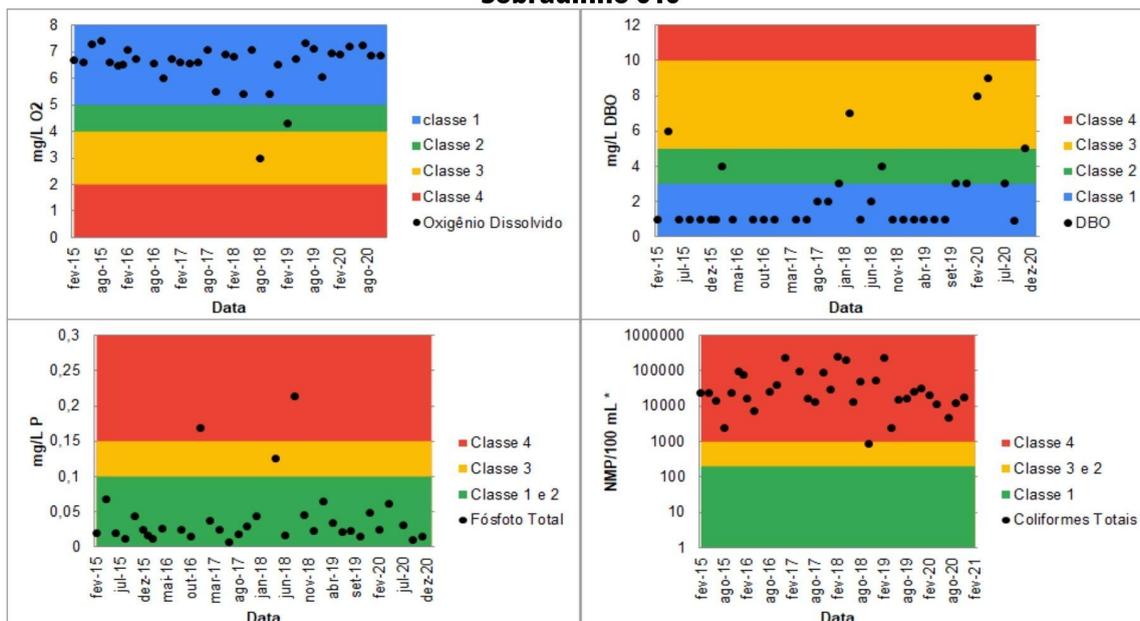


Figura 5.1: Dados observados pela CAESB para qualidade da água do ponto 010 de monitoramento do ribeirão Sobradinho em relação aos limites estipulados em cada classe, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Sobradinho 030

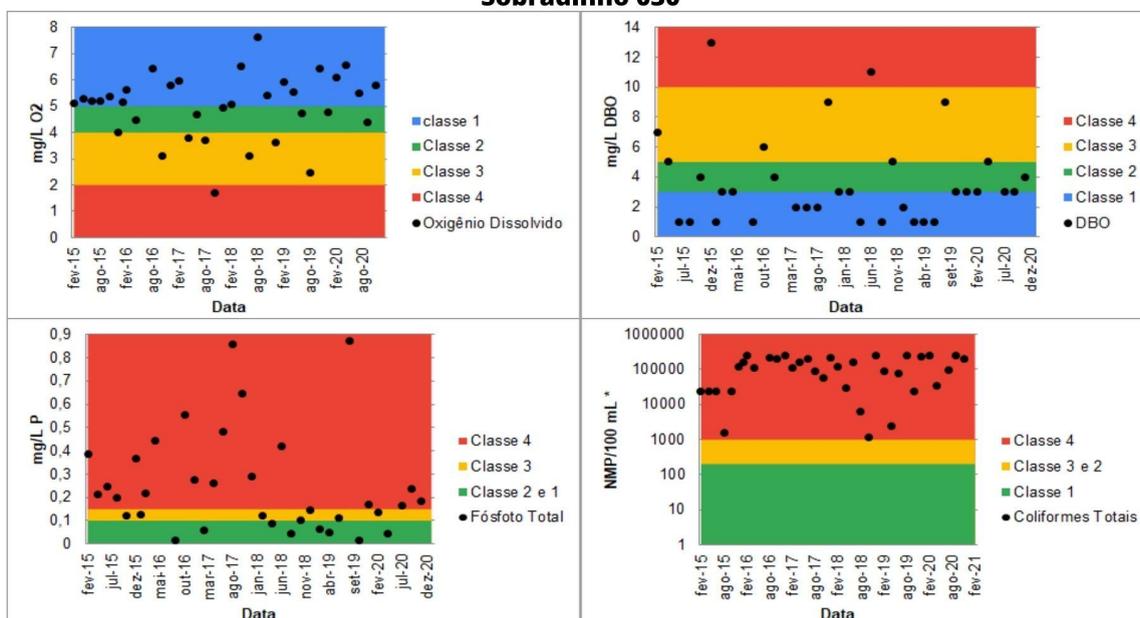


Figura 5.2: Dados observados pela CAESB para qualidade da água do ponto 030 de monitoramento do ribeirão Sobradinho em relação aos limites estipulados em cada classe, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

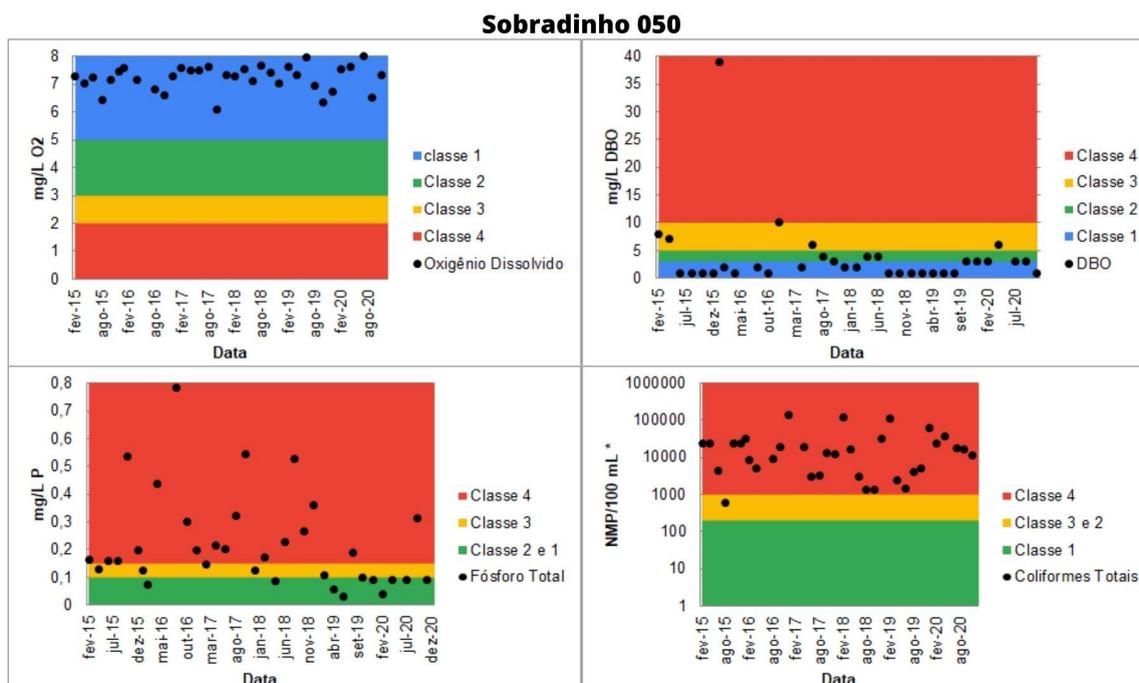


Figura 5.3: Dados observados pela CAESB para qualidade da água do ponto 050 de monitoramento do ribeirão Sobradinho em relação aos limites estipulados em cada classe, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Para o rio Melchior (figuras 5.4, 5.5 e 5.6), os valores de oxigênio dissolvido correspondem, em sua grande maioria, como classe 1 ou 2, mesmo no ponto após os lançamentos. Já para a DBO, apenas algumas análises no ponto 010 correspondem à classe 4, valores que se acentuam no ponto 020, após os lançamentos e que perduram até o exutório da bacia (ponto 030).

Assim como nos demais, os parâmetros mais problemáticos também foram os coliformes totais e o fósforo total. Novamente, assim como observado no ribeirão Sobradinho, os valores observados de coliformes totais no rio Melchior mostraram-se extremamente elevados em todos os pontos monitorados, enquanto o fósforo mostrou-se levemente alterado antes dos lançamentos e com valores demasiadamente mais elevados após os lançamentos.

A análise destes parâmetros aponta a influência direta das estações de tratamento de esgoto na qualidade da água desses corpos hídricos. Não obstante, é válido ressaltar que as ETEs não têm a obrigação de remover fósforo total e coliformes, uma vez que a remoção destes

parâmetros não é exigida pela Resolução CONAMA 430/2011, que trata dos padrões de lançamento dos efluentes em corpos hídricos.

As estações não são os únicos fatores que promovem a degradação destes ambientes aquáticos. Os valores elevados de coliformes antes do lançamento das ETEs, por exemplo, sugerem a presença de lançamentos clandestinos, assim como o descarte irregular de resíduos no ribeirão Sobradinho contribui para a poluição deste rio²⁷.

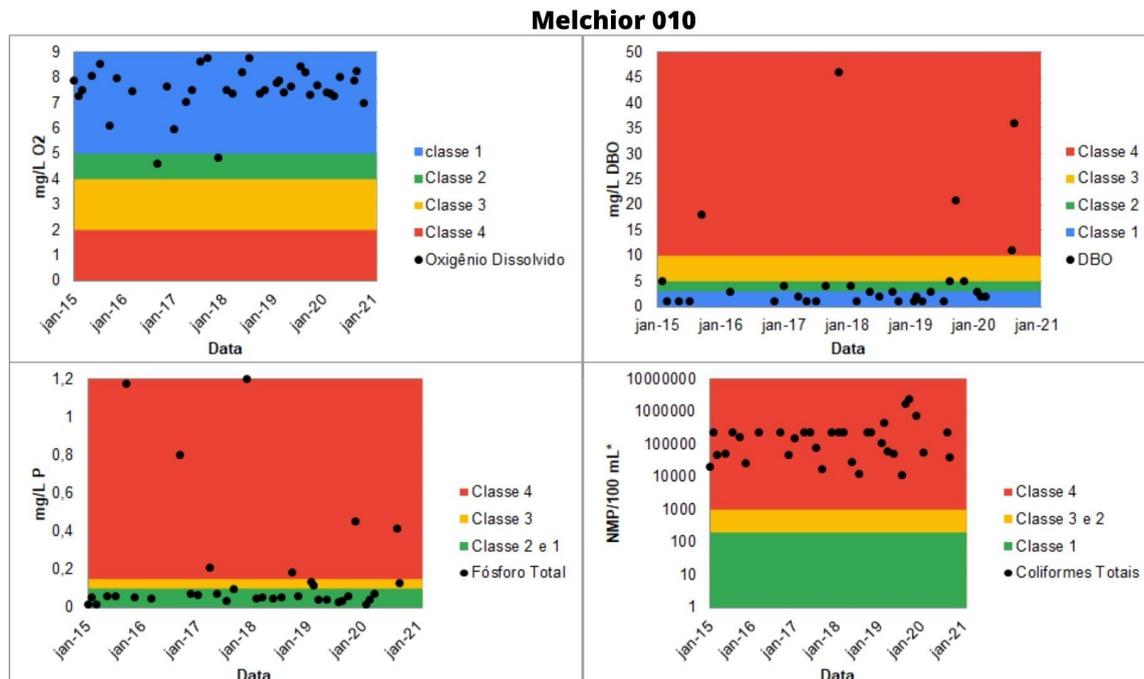


Figura 5.4: Dados observados pela CAESB para qualidade da água do ponto 010 de monitoramento do rio Melchior em relação aos limites estipulados em cada classe, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

²⁷ Bom dia DF. Moradores de Sobradinho denunciam poluição em ribeirão. Disponível em: <<https://globoplay.globo.com/v/7270307/>>. Acesso em 21 de Abril de 2021.

Melchior 020

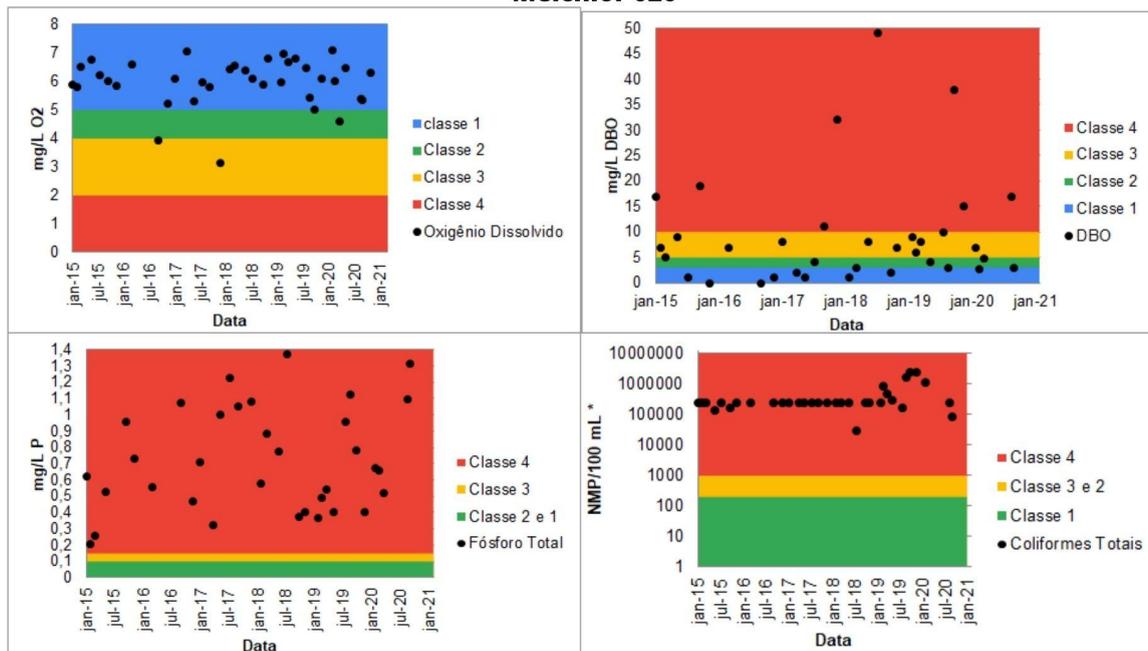


Figura 5.5: Dados observados pela CAESB para qualidade da água do ponto 020 de monitoramento do rio Melchior em relação aos limites estipulados em cada classe, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Melchior 030

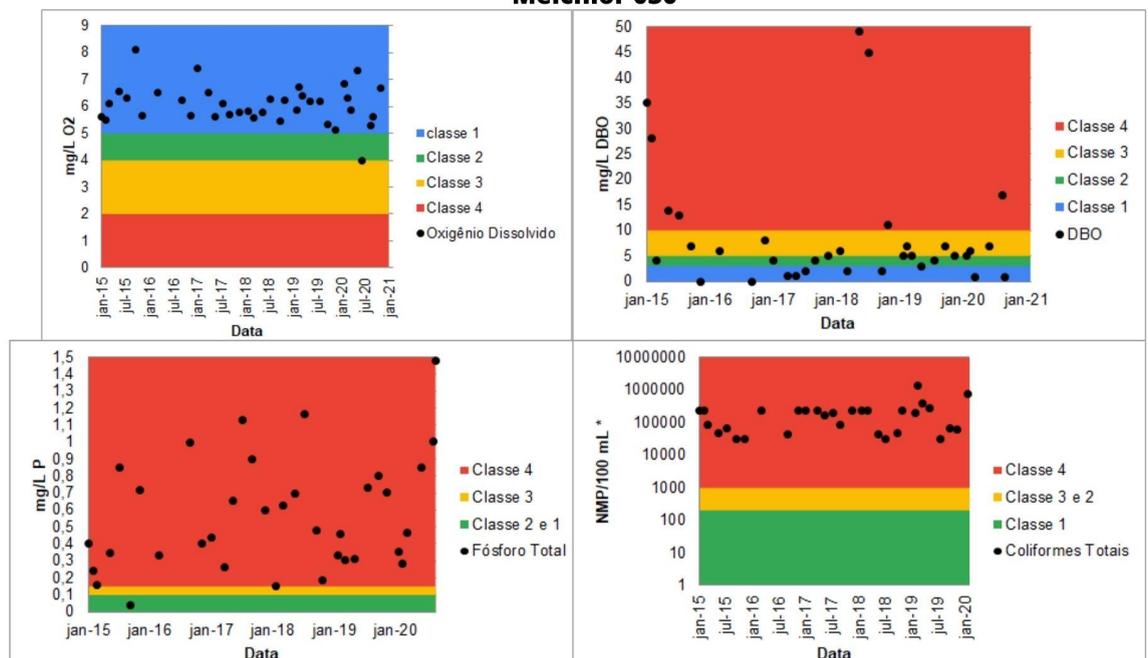


Figura 5.6: Dados observados pela CAESB para qualidade da água do ponto 030 de monitoramento do rio Melchior em relação aos limites estipulados em cada classe, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

No intuito de fazer uma análise mais robusta envolvendo os parâmetros de qualidade da água e os limites estabelecidos pelo enquadramento, foi aplicado o índice de conformidade ao enquadramento nestes corpos hídricos.

5.2. Aplicação e análise da evolução do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)

Através do cálculo do ICE para os corpos hídricos estudados foi possível medir a diferença entre a qualidade da água observada em cada medição no período analisado, entre 2015 e 2020, em relação à qualidade da água esperada em 2030, ano em que o enquadramento dos corpos hídricos do Distrito Federal deve ser atendido. O ICE foi calculado com base nos dados monitorados pela CAESB. Além disso, assim como discutido em relação aos dados de qualidade da água, realizou-se a análise da evolução do ICE desde que o enquadramento foi estabelecido no Distrito Federal.

5.2.1. Ribeirão Sobradinho

Como o ponto 010 encontra-se próximo à nascente do Ribeirão Sobradinho, era de se esperar bons resultados para o ICE. Entretanto, os resultados obtidos demonstram uma água com qualidade frequentemente ameaçada. Ao longo dos 6 anos analisados, quatro variáveis demonstraram valores acima do permitido para a classe 3 de enquadramento ao menos em uma das amostras realizadas, sendo eles o pH, a turbidez, o fósforo total e os coliformes totais.

Com exceção do ano de 2020, classificado como mediano (água ocasionalmente protegida), todos os outros anos, e também para toda a série histórica de dados analisados, apresentaram resultado equivalente à classificação marginal, onde a qualidade da água está frequentemente ameaçada. O que demonstra que mesmo nas proximidades da nascente e antes do lançamento da ETE, o corpo hídrico já sofre com os efeitos da urbanização e tem sua qualidade da água comprometida. Os valores obtidos para o ICE no ponto 010, bem como a classificação e os parâmetros em desconformidade em cada ano e na série histórica, são mostrados na tabela 5.1.

É válido ressaltar que o enquadramento vigente no Distrito Federal deve ser atendido somente em 2030. Assim, caso as condições de qualidade da água observadas no corpo

hídrico na atualidade não atendam aos valores estabelecidos pela classe em que foi enquadrado, isso não significa que a condição esteja irregular. Entretanto, os dados demonstram uma situação preocupante, já que uma área que teoricamente deveria apresentar boas condições de qualidade da água encontra-se ameaçada. Isso pode se categorizar como descaso da gestão de recursos hídricos por se tratar de uma das principais bacias do Distrito Federal.

Tabela 5.1: Valores de ICE para o Ribeirão Sobradinho no ponto 010 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período.

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2015	57	Marginal	Coliformes	
2016	47	Marginal	Coliformes; PT; Turbidez	
2017	50	Marginal	Coliformes; pH	
2018	46	Marginal	Coliformes; PT; Turbidez	
2019	51	Marginal	Coliformes	
2020	68	Mediano	Coliformes	
Série Histórica	47	Marginal	Coliformes; PT; pH; Turbidez	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

O ponto 020, situado à montante do lançamento da ETE, apresentou valores semelhantes ao ponto anterior. Entretanto, todos os anos apresentaram classificação marginal, com exceção da série histórica que apresentou classificação ruim, que representa uma água quase sempre ameaçada. As variáveis que apresentaram valores acima do permitido à classe 3 foram os coliformes, a DBO, o fósforo total, o pH e o oxigênio dissolvido.

Por este ponto estar situado a montante do lançamento da ETE Sobradinho, era de se esperar melhores resultados, já que não sofre a influência do lançamento de efluentes tratados. O que, novamente, pode demonstrar o impacto da ocupação irregular, impermeabilização do solo e o despejo inadequado de resíduos na bacia. Os valores obtidos para o ICE no ponto 020, bem como a classificação e as variáveis em desconformidade em cada ano e na série histórica são mostrados na tabela 5.2.

Tabela 5.2: Valores de ICE para o Ribeirão Sobradinho no ponto 020 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período.

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2015	58	Marginal	Coliformes	
2016	45	Marginal	Coliformes; DBO; PT	
2017	45	Marginal	Coliformes; pH	
2018	51	Marginal	Coliformes	
2019	51	Marginal	Coliformes; PT; OD	
2020	61	Marginal	Coliformes	
Série Histórica	43	Ruim	Coliformes; DBO; PT; OD; pH	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

Já o ponto 030, localizado a aproximadamente 1 km a jusante do lançamento da ETE, apresentou valores piores que os demais. Com exceção do ano de 2015, em que o ICE indicou classificação mediana, em todos os outros anos e a série histórica foram classificados como ruins. As variáveis em desconformidade neste ponto foram: coliformes; DBO; fósforo total; oxigênio dissolvido; pH e a turbidez. Para este ponto já era de se esperar uma piora nos resultados e uma água de qualidade inferior, uma vez que sofre a influência do lançamento do efluente da ETE. Os valores obtidos para o ICE no ponto 030, bem como a classificação e as variáveis em desconformidade em cada ano e na série histórica, são mostrados na tabela 5.3.

Tabela 5.3: Valores de ICE para o Ribeirão Sobradinho no ponto 030 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período.

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2015	52	Marginal	Coliformes; DBO; PT	
2016	40	Ruim	Coliformes; PT; OD; Turbidez	
2017	41	Ruim	Coliformes; PT; OD; pH	
2018	44	Ruim	Coliformes; DBO; PT; OD	
2019	44	Ruim	Coliformes; PT; OD	
2020	44	Ruim	Coliformes; PT	
Série Histórica	37	Ruim	Coliformes; DBO; PT; OD; pH; Turbidez	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

No ponto 040, situado a aproximadamente 8 km de distância a jusante do lançamento da ETE Sobradinho, os resultados mostram valores um pouco melhores. De modo que somente a série histórica e os anos de 2016 foram classificados como ruins. Enquanto os demais tiveram sua classificação como marginal. As variáveis que não atenderam aos limites estabelecidos pela CONAMA 357/2005 ao menos uma vez foram: os coliformes; a DBO; o fósforo total; o nitrogênio amoniacal; o oxigênio dissolvido e o pH.

A melhora nos resultados se deve ao poder de autodepuração do corpo hídrico, onde o efluente lançado pela ETE vai sendo degradado e diluído frente a entrada de afluentes com, provavelmente, melhor qualidade da água, conforme percorre o ribeirão Sobradinho. Entretanto, embora haja uma melhora nos resultados, os valores obtidos ainda configuram uma água de qualidade frequentemente ameaçada, mesmo após 8 km do lançamento. O que demonstra que o corpo hídrico não consegue diluir este efluente de forma rápida e satisfatória.

Os valores obtidos para o ICE no ponto 040, bem como a classificação e as variáveis em desconformidade em cada ano e na série histórica são mostrados na tabela 5.4.

Tabela 5.4: Valores de ICE para o Ribeirão Sobradinho no ponto 040 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período.

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2015	58	Marginal	Coliformes; PT; OD	
2016	44	Ruim	Coliformes; DBO; PT; OD	
2017	45	Marginal	Coliformes; DBO; PT; OD; pH	
2018	51	Marginal	Coliformes; PT; OD	
2019	49	Marginal	Coliformes; PT; Amônia; OD	
2020	46	Marginal	Coliformes; PT	
Série Histórica	42	Ruim	Coliformes; DBO; PT; Amônia; OD; pH	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

O ponto 050, situado no exutório do Ribeirão, a aproximadamente 19 km do lançamento da ETE, apresentou uma melhora nos resultados em relação aos dois últimos pontos analisados. Isso se deve ao processo de autodepuração do corpo hídrico, mencionado anteriormente,

devido a degradação da matéria orgânica, a diluição frente ao aporte de água de melhor qualidade proveniente de tributários e pela reoxigenação do ribeirão Sobradinho em função, inclusive, da sequência de quedas de água que ocorrem ao longo da região mais a jusante da bacia hidrográfica. Entretanto, todos os anos e a série histórica foram classificados como marginais, o que configura uma qualidade da água frequentemente ameaçada. As variáveis em desconformidade neste período foram: os coliformes; a DBO; o fósforo total e a turbidez.

Em todos os anos analisados as variáveis coliformes totais e fósforo total apresentaram, ao menos uma vez, desconformidade com a classe 3, o que demonstra a incapacidade do corpo hídrico de diluir o efluente da ETE e os efeitos da urbanização da bacia, mesmo após percorrido todo o corpo hídrico.

Conforme mencionado anteriormente, o não atendimento ao enquadramento em todo o período analisado no presente trabalho, período após o enquadramento dos corpos hídricos do Distrito Federal em classes até os dias de hoje, não configura uma irregularidade com a Norma, uma vez que este deve ser atendido somente em 2030 no Distrito Federal. Entretanto, os resultados obtidos apontam a necessidade de se investir em medidas em prol da melhoria da qualidade da água para que o enquadramento seja devidamente atendido em 2030, e do aprimoramento da gestão dos recursos hídricos no que se refere à bacia hidrográfica do Sobradinho, tendo em vista o quadro observado de deterioração da qualidade da água em vários trechos do Ribeirão, que podem estar associados a carga de poluição difusa urbanas ou rurais. Uma das possibilidades associadas à origem das cargas de poluição se refere ao lançamento irregular de esgotos nas redes de águas pluviais na região Urbana de Sobradinho.

Mesmo antes do lançamento da ETE os valores de algumas variáveis já aparecem acima do estabelecido para a classe 3, como os coliformes. O que pode indicar a presença de pontos de lançamento de efluentes clandestinos. Portanto, outra medida para adequação do Ribeirão ao enquadramento proposto é a identificação e combate a esses possíveis pontos de poluição difusa. Os valores obtidos para o ICE no ponto 050, bem como a classificação e as variáveis em desconformidade em cada ano e na série histórica são mostrados na tabela 5.5.

Uma alternativa é investir em medidas que adequam as variáveis mais problemáticas, os coliformes e o fósforo total, como a implementação de tratamento terciário ou de tratamentos

avançados na ETE Sobradinho voltada a remoção destas variáveis, como a utilização de membranas de ultrafiltração, por exemplo.

Tabela 5.5: Valores de ICE para o Ribeirão Sobradinho no ponto 050 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período.

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2015	63	Marginal	Coliformes; PT	
2016	51	Marginal	Coliformes; DBO; PT	
2017	52	Marginal	Coliformes; PT; Turbidez	
2018	56	Marginal	Coliformes; PT	
2019	56	Marginal	Coliformes; PT	
2020	60	Marginal	Coliformes; PT	
Série Histórica	53	Marginal	Coliformes; DBO; PT; Turbidez	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

Os dados de ICE obtidos para todas as estações de monitoramento de qualidade de água no ribeirão Sobradinho, e durante toda a série histórica analisada (2015-2020), revelaram que o parâmetro coliformes totais foi o mais problemático, atingindo números muito acima do permitido na Resolução CONAMA nº 357/2005. Isso se traduz nos baixos resultados obtidos pelo índice, já que uma das variáveis calculadas é justamente a amplitude entre o valor observado e o normatizado.

5.2.2. Rio Melchior

Para o rio Melchior, todos os pontos de aplicação do ICE apresentaram a classificação excelente, que seria uma água virtualmente protegida e mais próxima às condições naturais. Entretanto, como mostrado na análise das variáveis isoladamente, a qualidade da água deste corpo hídrico não se encontra protegida nem próxima às condições naturais. O valor do índice representa apenas a proximidade das variáveis analisadas com os níveis propostos na Resolução CONAMA 357/2005.

As duas variáveis analisadas nesta classe são o oxigênio dissolvido e o pH, em que o oxigênio deve ser superior a 2 mg/L e o pH deve estar entre a faixa de 6 a 9. Em função das características fluviais dos corpos hídricos do DF, que são rios não muito profundos e com

certa velocidade, corredeiras e quedas de água, há uma troca com a atmosfera que favorece o processo de reaeração atmosférica nos rios, o que torna os valores desta variável altos naturalmente, mesmo o rio estando com alto nível de carga orgânica. Já para os valores de pH, que apresenta uma resposta mais lenta a efeitos externos, como para o aporte de poluentes, o não atendimento desta variável requer efluentes ácidos ou muito básicos, o que não é característico dos esgotos, que tendem a ter um pH básico.

Desta forma, em função das duas variáveis analisadas serem naturalmente difíceis de ter seus valores em desconformidade com o estabelecido pela Norma, os resultados da aplicação do ICE acabam não representando a qualidade atual do corpo hídrico. Mesmo que o enquadramento esteja sendo atendido em todos os pontos analisados. Portanto, o bom resultado deste índice não representa necessariamente uma água de boa qualidade, mas sim o atendimento ou não do enquadramento. Os valores obtidos para o ICE nos pontos 010, 015, 020 e 030 do Rio Melchior, bem como a classificação e as variáveis em desconformidade em cada ano e na série histórica, são mostrados nas tabelas 5.6, 5.7, 5.8 e 5.9.

Tabela 5.6: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 010 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período.

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2015	100	Excelente	-	
2016	100	Excelente	-	
2017	100	Excelente	-	
2018	100	Excelente	-	
2019	100	Excelente	-	
2020	100	Excelente	-	
Série Histórica	100	Excelente	-	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

Tabela 5.7: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 015 entre 2018 e 2020 e para a série histórica deste período.

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2018	100	Excelente	-	
2019	100	Excelente	-	
2020	100	Excelente	-	
Série Histórica	100	Excelente	-	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

Tabela 5.8: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 020 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período.

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2015	100	Excelente	-	
2016	100	Excelente	-	
2017	100	Excelente	-	
2018	100	Excelente	-	
2019	100	Excelente	-	
2020	100	Excelente	-	
Série Histórica	100	Excelente	-	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

Tabela 5.9: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 030 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2015	100	Excelente	-	
2016	100	Excelente	-	
2017	100	Excelente	-	
2018	100	Excelente	-	
2019	100	Excelente	-	
2020	100	Excelente	-	
Série Histórica	100	Excelente	-	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

Embora o rio Melchior esteja em acordo com seu o enquadramento proposto, a qualidade da água deste corpo hídrico encontra-se bastante deteriorada²⁸. O que vem motivando moradores da região a reivindicarem por uma recuperação deste corpo hídrico. Tendo isto em mente, foi aplicado o ICE para o cenário em que o rio Melchior correspondesse à classe 3, de modo a medir a distância entre a condição atual e essa possibilidade de melhora no enquadramento. O que é esperado que ocorra em 2030, para que o rio seja enquadrado em uma classificação melhor posteriormente. Se não existir essa melhora na qualidade da água dos corpos hídricos enquadrados, o enquadramento perderá o seu sentido como instrumento de combate à poluição (II, art. 9º, Lei nº 9.433/1997). O que, inclusive, pode fornecer efeito contrário, já que em cada nova avaliação o corpo hídrico poderá ser enquadrado em uma classe pior e menos restritiva.

O ponto 010 encontra-se a montante dos lançamentos da ETE Melchior e da ETE Samambaia e, portanto, não sofre os efeitos diretos destes despejos. Entretanto, os resultados obtidos apontam para uma condição de qualidade da água já predominantemente ruim mesmo neste ponto. O que demonstra que este corpo hídrico já sofre com outras fontes de poluição situadas a montante da bacia, semelhante ao que foi observado na análise do ribeirão Sobradinho. Os valores obtidos para o ICE no ponto 010, tendo em vista o cenário hipotético de classe 3, bem como a classificação e as variáveis em desconformidade em cada ano e na série histórica são mostrados na tabela 5.10.

O ponto 015 encontra-se após o lançamento dos efluentes tratados da ETE Melchior e ETE Samambaia e, portanto, sofre os efeitos diretos destes despejos. Desta forma, a classificação ruim e a diminuição da conformidade ao enquadramento são justificados por esta influência. Os valores obtidos para o ICE no ponto 015, tendo em vista o cenário hipotético de classe 3, bem como a classificação e as variáveis em desconformidade em cada ano e na série histórica são mostrados na tabela 5.11.

²⁸ DF1. Moradores se queixam na poluição do rio Melchior. Disponível em: <<https://globoplay.globo.com/v/8803598/>>. Acesso em 21 de Abril de 2021.

Tabela 5.10: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 010 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período, considerando-o como classe 3 (condição hipotética).

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2015	44	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo	
2016	42	Ruim	Coliformes; Fósforo; Amônia	
2017	39	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amônia; Turbidez	
2018	44	Ruim	Coliformes; Fósforo	
2019	39	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Turbidez	
2020	48	Marginal	Coliformes; DBO; Fósforo	
Série Histórica	38	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amônia; Turbidez	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

Tabela 5.11: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 015 entre 2018 e 2020 e para a série histórica deste período, considerando-o como classe 3 (condição hipotética).

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2018	39	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amônia	
2019	35	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amônia; Turbidez	
2020	39	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amônia	
Série Histórica	35	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amônia; Turbidez	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

O ponto 020, por sua vez, está a jusante do lançamento do chorume tratado gerado pelo aterro sanitário de Brasília. Aterro este que iniciou sua operação em janeiro de 2017, onde o chorume era tratado pela ETE Melchior até 2019, quando o SLU contratou uma empresa

específica para realizar o tratamento²⁹. No início de 2019 houve diversos vazamentos de chorume do aterro que chegaram a atingir o rio Melchior (MORAES e SOUZA, 2021), o que pode ter sido um dos motivos pelos quais este ano apresentou o pior resultado dentre o período analisado, uma vez que este ponto sofre a influência tanto das ETEs como do Aterro, o que justifica a classificação em todos os anos como ruim. A melhor condição de qualidade de água observada no ano de 2020 pode representar os efeitos positivos do tratamento do chorume pela empresa contratada pelo SLU, embora seja necessário monitorar a evolução do ICE nos anos seguintes para se ter certeza. Os valores obtidos para o ICE no ponto 020, tendo em vista o cenário hipotético de classe 3, bem como a classificação e as variáveis em desconformidade em cada ano e na série histórica são mostrados na tabela 5.12.

Tabela 5.12: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 020 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período, considerando-o como classe 3 (condição hipotética).

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2015	39	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amônia	
2016	42	Ruim	Coliformes; Fósforo; Amônia; OD	
2017	36	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amônia; OD; Turbidez	
2018	37	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amônia; Turbidez	
2019	35	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amonia; Turbidez	
2020	40	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amônia	
Série Histórica	33	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amônia; OD; Turbidez	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

²⁹ Brasília Ambiental. SLU: novo contrato para tratamento de chorume. Disponível em: <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2020/02/10/slu-novo-contrato-para-tratamento-de-chorume/>>. Acesso em 20 de Abril de 2021.

O ponto 030 está situado no exutório da bacia do rio Melchior e, embora esteja a uma distância considerável dos lançamentos, este corpo hídrico não consegue apresentar uma melhora significativa na qualidade de sua água, apresentando a classificação ruim em todos os anos analisados. Portanto, as descargas com elevadas vazões de efluentes tratados estão acima da capacidade de suporte deste corpo hídrico.

Novamente é importante ressaltar que esta avaliação do enquadramento do rio Melchior como classe 3 é apenas ilustrativa, para fins de comparação, uma vez que este corpo hídrico está enquadrado como classe 4 e não como classe 3. Esta análise foi feita com o intuito de mostrar a distância entre a condição atual deste corpo hídrico e uma possível melhora em sua classe em eventuais revisões do enquadramento. De modo que, para ser enquadrado como classe 3, seria necessário a adoção de intervenções que promovam a melhora da qualidade da água, como o aumento da eficiência do tratamento das estações de tratamento dos efluentes, o combate a despejos irregulares e à poluição difusa e o plantio de vegetação na encosta do rio Melchior, por exemplo. Os valores obtidos para o ICE no ponto 030, tendo em vista o cenário hipotético de classe 3, bem como a classificação e as variáveis em desconformidade em cada ano e na série histórica são mostrados na tabela 5.13.

Tabela 5.13: Valores de ICE para o Rio Melchior no ponto 030 entre 2015 e 2020 e para a série histórica deste período, considerando-o como classe 3 (condição hipotética).

ANO	ICE	Classe	Parâmetros em Desconformidade	
2015	39	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Nitrito; Amônia	
2016	41	Ruim	Coliformes; Fósforo; Amônia	
2017	40	Ruim	Coliformes; Fósforo; Amônia; Turbidez	
2018	35	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Nitrito; Amônia; Turbidez	
2019	39	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Turbidez	
2020	37	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Amônia; Turbidez	
Série Histórica	35	Ruim	Coliformes; DBO; Fósforo; Nitrito; Amônia; Turbidez	
Ruim (0-44)	Marginal (45-64)	Mediano (65-79)	Bom (80-94)	Excelente (95-100)

Fonte dos dados de qualidade da água utilizados para a aplicação do ICE: CAESB.

Os resultados obtidos com a aplicação deste índice podem subsidiar a criação de planos e projetos para a implementação de políticas públicas, uma vez que mostraram os parâmetros mais problemáticos e o impacto que causam ao enquadramento do corpo hídrico, bem como quais os trechos mais sensíveis do corpo d'água e quais as atividades e empreendimentos envolvidos podem estar relacionados. Ao qual contribui, nesse sentido, para a implementação de medidas que atendam ao enquadramento e, portanto, promovam a sustentabilidade dos usos múltiplos da água.

Em relação aos corpos hídricos analisados: a aplicação do ICE para o ribeirão Sobradinho aponta a não sustentabilidade do uso atual da água, uma vez que sua qualidade não encontra-se compatível com usos previsto pela classe 3; já em relação ao rio Melchior, o ICE apresentou o resultado 'excelente' para todos os pontos, o que não configura uma boa qualidade da água, mas sim a adequação à classe 4, a menos restritiva e de menor qualidade. Desta forma, o atendimento à classe 4 não configura, necessariamente, a sustentabilidade dos usos múltiplos da água, uma vez que, estando o rio poluído, a variável ambiental encontra-se prejudicada, além do descontentamento da população local que anseia pela melhoria da qualidade da água deste corpo hídrico.

5.3. Avaliação dos cenários previstos para 2030-2037 para o ribeirão Sobradinho através da simulação de qualidade da água com o modelo QUAL-UFGM

Nesta seção são apresentados os resultados da modelagem de qualidade da água do ribeirão Sobradinho com base nos parâmetros OD, DBO, Fósforo Total e Coliformes³⁰. Para tanto, foram simulados os possíveis acréscimos populacionais e a possível melhoria no tratamento da ETE Sobradinho, conforme PDSB, tendo como base o enquadramento dos corpos hídricos no Distrito Federal previsto para 2030.

Por meio da calibração do modelo com as condições atuais, através da comparação entre os valores de DBO obtidos pelo modelo e os valores observados pela CAESB, foi possível obter a representação do impacto que o corpo hídrico sofre com lançamentos irregulares a montante da bacia. Uma vez que entre o ponto 010 e 020, ambos a montante do lançamento

³⁰ Além destes 4 parâmetros, o modelo QUAL-UFGM também confere os resultados para as formas de nitrogênio: nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. Entretanto, foi feito o recorte destes parâmetros para não deixar a análise demasiadamente grande.

dos efluentes tratados da ETE Sobradinho, há um decréscimo da qualidade da água (no que diz respeito à DBO) que não foi absorvido pelo modelo sem calibração. Este impacto foi aqui calculado por meio de um lançamento pontual de esgoto bruto de 700 pessoas, mas que na verdade visa representar uma população ainda maior e que promove uma destinação irregular de seus efluentes que acabam chegando ao ribeirão Sobradinho de forma espaçada e, muitas vezes, por infiltrações decorrentes das fossas sépticas rudimentares, o que naturalmente promove uma atenuação das concentrações dos parâmetros em função da percolação no solo. O que torna difícil quantificar exatamente esta população em função da limitação do modelo de não quantificar a entrada de cargas orgânicas associadas aos lançamentos difusos, tanto urbanos quanto rurais.

Os gráficos mostrando os resultados do perfil de decomposição da matéria orgânica ao longo do corpo hídrico para o modelo com e sem calibração são mostrados na figura 5.7 e 5.8, respectivamente.

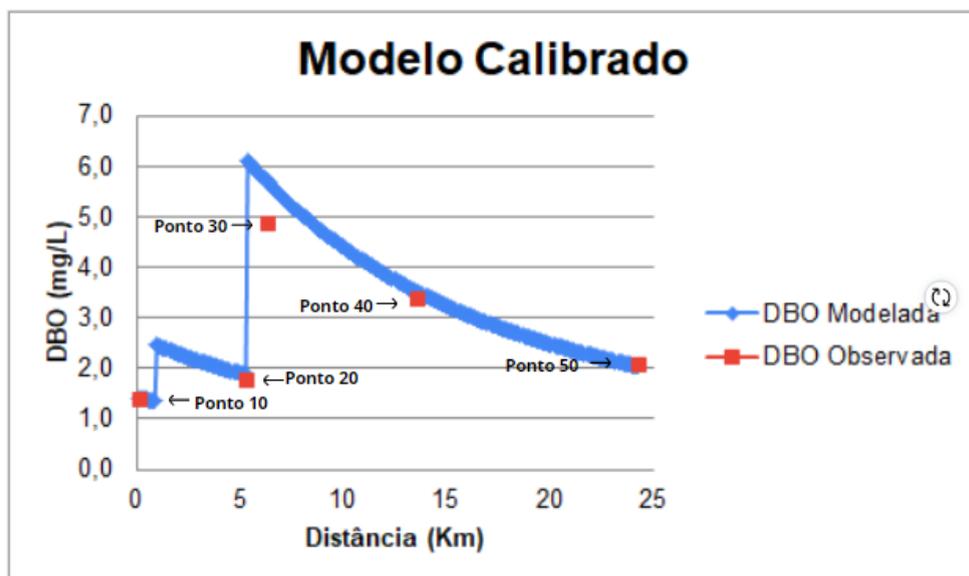


Figura 5.7: Decomposição da matéria orgânica modelada com o modelo calibrado.

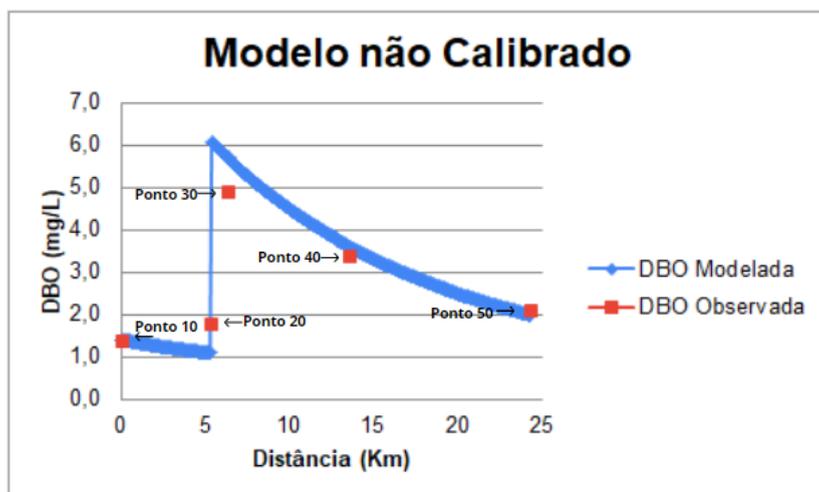


Figura 5.8: Decomposição da matéria orgânica modelada com o modelo sem calibração.

A maior concentração de DBO ocorre entre os pontos 020 e 030, justamente no lançamento da ETE, mas permanecem dentro do valor permitido pela classe 3 que é de 10 mg/L. É válido destacar as melhorias recentes na eficiência de tratamento da ETE Sobradinho que, para a remoção da DBO, foi de 81,2% em 2019 para 95,3% em 2020.

Para o primeiro cenário, que simula um acréscimo do atendimento de 100 mil pessoas pela ETE Sobradinho, a modelagem aponta o não atendimento da concentração de OD exigida pela classe 3 entre o trecho 6 - 22 km, que corresponde a 67,9% do rio. O valor crítico de OD foi de 3,03 mg/L, o que já é considerado tóxico a algumas espécies de peixe. Já em relação à DBO, todo o trecho analisado permaneceu enquadrado como classe 3. A figura 5.9 mostra o resultado para a simulação do primeiro cenário.

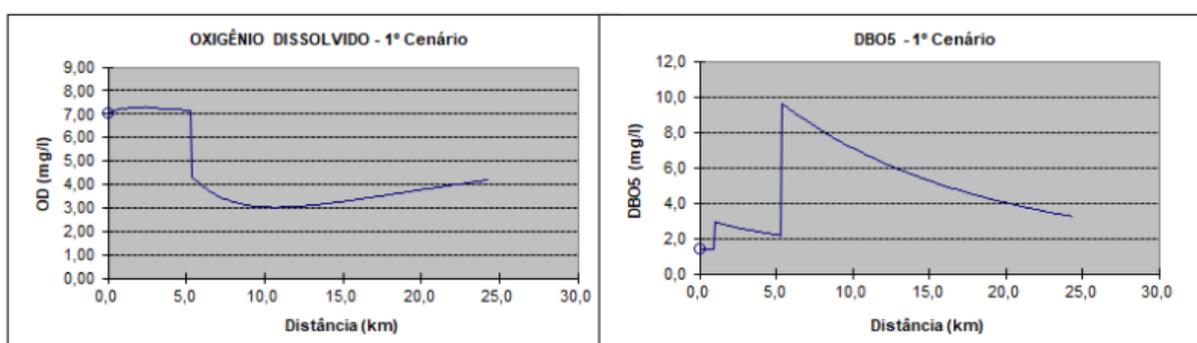


Figura 5.9: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFMG de OD e DBO para o primeiro cenário.

Antes do lançamento da ETE o nível de OD no ribeirão Sobradinho atende ao exigido na classe 1 (se analisado apenas este parâmetro), e após o lançamento o nível atende apenas à classe 4, o que perdura até quase todo o segmento restante do rio. O Sobradinho só se recupera nas proximidades do exutório da bacia, por volta dos 22 km, ao qual volta a atender a classe 3.

Em relação ao fósforo, após o lançamento da ETE não há mais o atendimento da classe 3, atingindo, assim, a classe 4 em cerca de 78% do rio, em relação a este parâmetro. Já para os coliformes, nenhum trecho do ribeirão Sobradinho atende ao exigido na classe 3, estando todo o rio enquadrado como classe 4 para este parâmetro. Mesmo nos pontos mais a montante, antes do lançamento da ETE, o rio já se encontra com níveis elevados deste microrganismo. Uma possível explicação são os lançamentos irregulares e a poluição difusa que chega à bacia por meio da infiltração nos lençóis freáticos da região. A figura 5.10 mostra o resultado na simulação do fósforo e dos coliformes para o primeiro cenário.

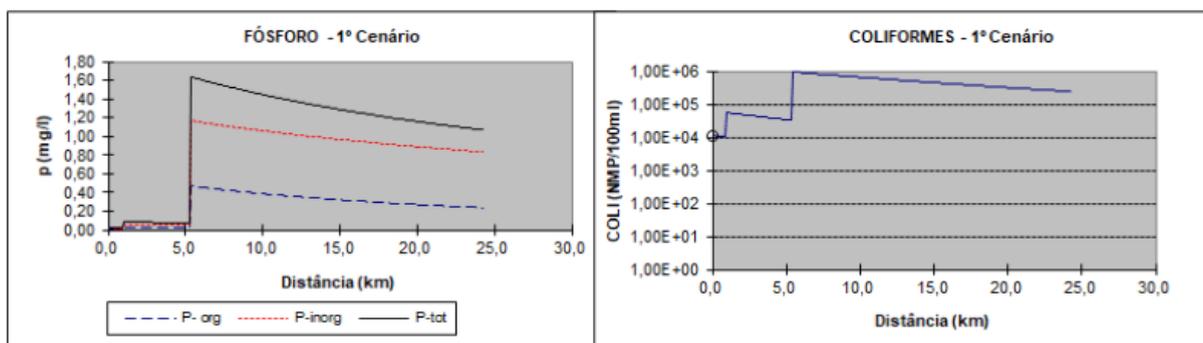


Figura 5.10: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFMG de Fósforo e Coliformes para o primeiro cenário.

O segundo cenário traz um aumento ainda maior da população atendida pela ETE, o que representa um grande impacto no lançamento de carga no ribeirão Sobradinho. De modo que, após o lançamento da ETE, o OD não atende mais a classe 3 em nenhum seguimento do rio, chegando à concentração crítica de 2,15 mg/L nos 10,5 km. A concentração de DBO, por sua vez, permaneceu atendendo a classe 3 em boa parte do trecho modelado, apenas entre os 5,4 e 8,1 km que o rio se comportou como classe 4, que corresponde a 11,1% do rio. O resultado para a modelagem destes dois parâmetros em relação ao segundo cenário é mostrado na figura 5.11.

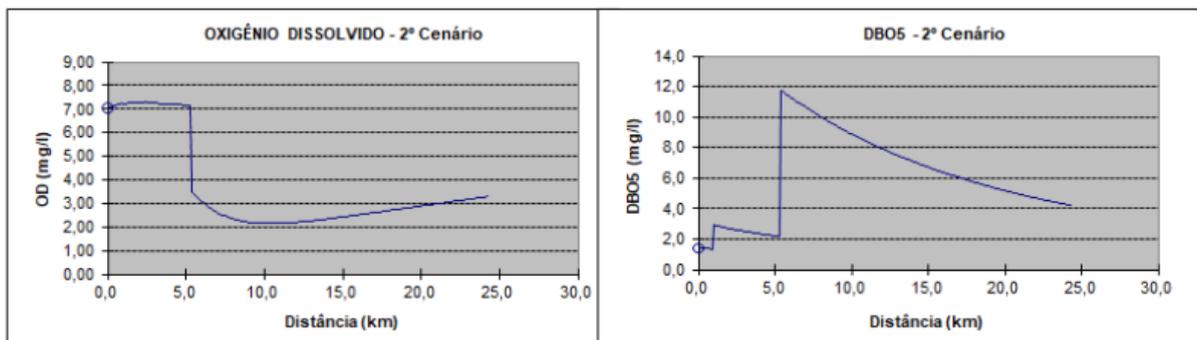


Figura 5.11: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFGM de OD e DBO para o segundo cenário.

Quanto ao fósforo, o modelo também obteve o resultado do não atendimento da classe 3 em nenhum trecho após o lançamento da ETE. E assim como no cenário anterior, os níveis de coliformes continuam acima da classe 3 em todo o trecho do rio analisado. O resultado da modelagem destes dois parâmetros é apresentado na figura 5.12.

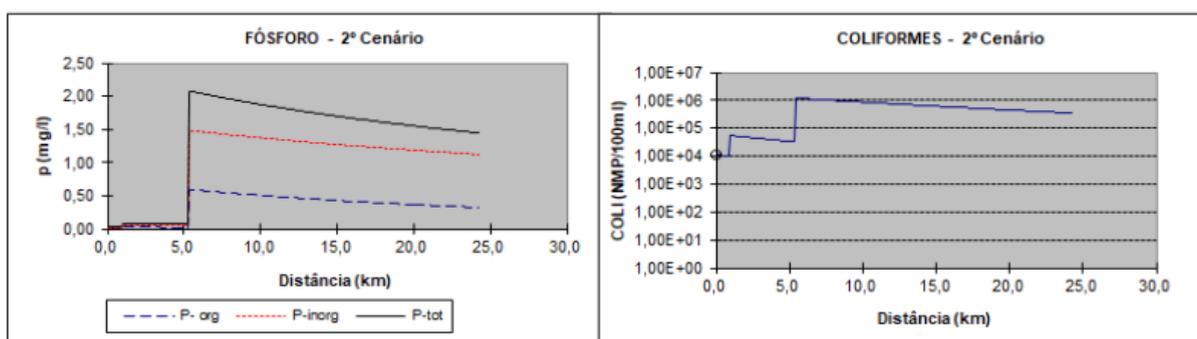


Figura 5.12: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFGM de Fósforo e Coliformes para o segundo cenário.

Ao modelar o terceiro cenário, que conta com o acréscimo de 200 mil pessoas a serem atendidas pela ETE e com a melhoria na eficiência proposta no PDSB, obteve o resultado do não atendimento da classe 3 para o OD em aproximadamente 78% do trecho do rio analisado. De modo que, após o lançamento da ETE, apenas no último segmento (24,4 km) que o OD volta a atender a classe 3. A DBO apresentou uma melhora, passando a atender a classe 3 em 98,4% do trecho modelado do rio, onde apenas em um pequeno trecho após o lançamento da ETE que a concentração de DBO correspondia a classe 4. O resultado da modelagem do OD e da DBO é mostrado na figura 5.13.

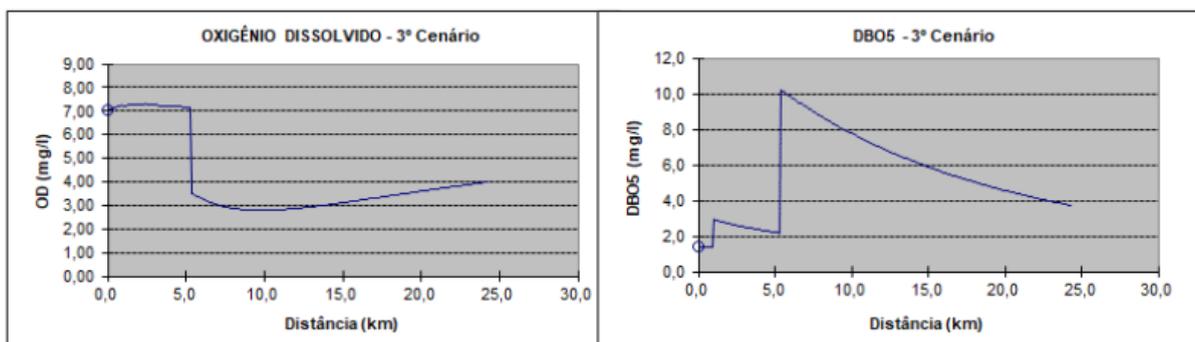


Figura 5.13: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFMG de OD e DBO para o terceiro cenário.

Também houve uma melhora na concentração de fósforo, passando a atender a classe 3 em 37% do trecho do rio modelado, embora ainda seja um valor baixo em relação ao trecho completo do rio. Onde o rio se comporta como classe 1 antes do lançamento da ETE, decai para a classe 4 após o lançamento e retorna à classe 3 após a partir dos 20,3 km. Os coliformes continuam não atendendo a classe 3 em nenhum segmento do rio modelado, mesmo após considerar uma eficiência de remoção de 99,99%. O que aponta o impacto significativo que os lançamentos difusos apresentam para este parâmetro. A figura 5.14 mostra o resultado na simulação do fósforo e dos coliformes para o terceiro cenário.

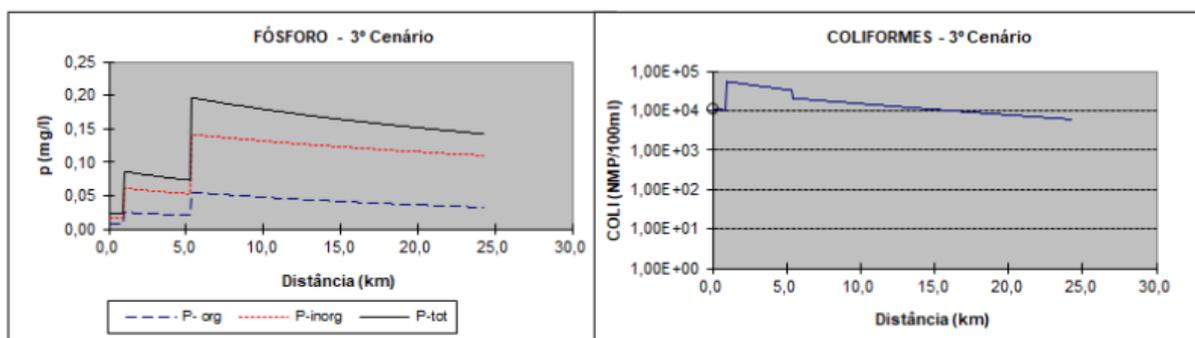


Figura 5.14: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFMG do Fósforo e Coliformes para o terceiro cenário.

O quarto e último cenário retrata a adoção da eficiência proposta no PDSB no tratamento atual da ETE Sobradinho. O resultado desta modelagem foi o atendimento de 100% do trecho do rio para o OD e para a DBO. Para o OD o rio se comporta como classe 1 até os 8,0 km, onde decai para classe 2 até os 14,4 km, quando retorna à classe 1 e permanece até o trecho

final. É válido ressaltar que o tratamento atual da ETE já promove este resultado de 100% de atendimento à classe 3 para estes dois parâmetros. Este cenário é o desejado pela população da bacia atualmente. No entanto, com a previsão dos novos empreendimentos imobiliários que estão sendo licenciados, dificulta a concretização deste cenário, salvo a implantação de outras medidas, como o reuso dos efluentes tratados na agricultura ou a adoção de processos avançados de tratamentos dos efluentes domésticos. O perfil das concentrações modeladas destes dois parâmetros são apresentados na figura 5.15.

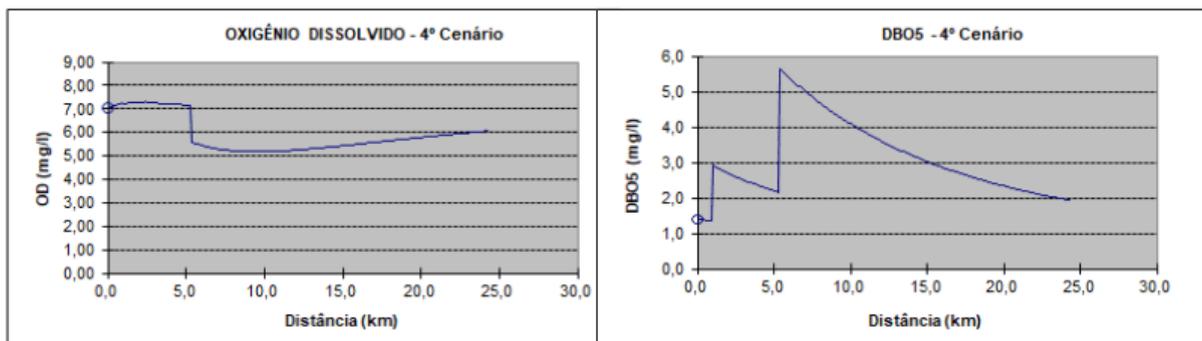


Figura 5.15: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFGM de OD e DBO para o quarto cenário.

Em relação à remoção de fósforo, houve uma melhora bastante significativa, onde 100% do rio passou a ser enquadrado como classe 3. Já em relação aos coliformes, todo o trecho modelado continuou como classe 4, mesmo não considerando incrementos na população e com uma eficiência de remoção de 99,99% para este parâmetro. O resultado da modelagem destes dois parâmetros é apresentado na figura 5.16.

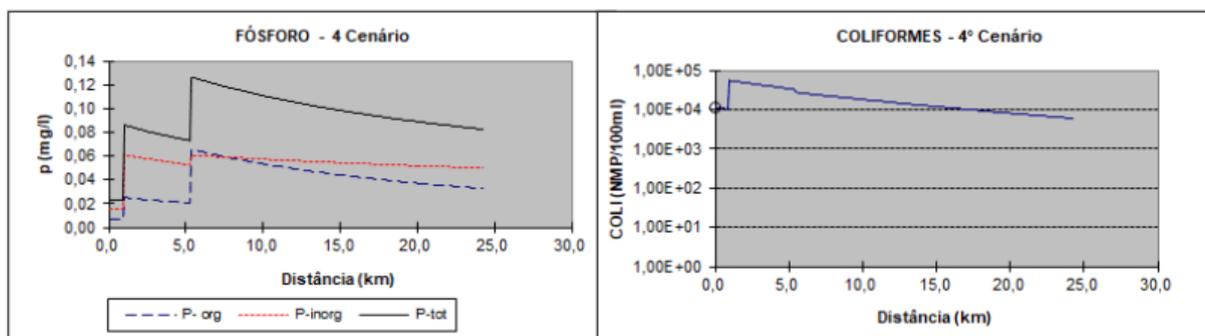


Figura 5.16: Resultado da modelagem de qualidade da água da BH do Sobradinho com o QUAL-UFGM do Fósforo e Coliformes para o quarto cenário.

Embora todos os demais parâmetros tenham atendido aos níveis de qualidade exigidos pela classe 3 em todo o trecho modelado do rio, os coliformes continuam com valores elevados e se enquadrando como classe 4. Este resultado possivelmente está relacionado ao elevado impacto da poluição difusa e de lançamentos irregulares que ocorrem na bacia. O que faz crer que além dos investimentos feitos na melhoria da ETE Sobradinho, também é preciso investir no combate a este tipo de poluição e continuar ampliando a rede de coleta e tratamento de esgoto na região.

Os resultados obtidos com a simulação dos cenários futuros apontam a falta de sustentabilidade nos usos múltiplos da água do ribeirão Sobradinho, sendo decorrente da possível expansão urbana na região sem a melhora das condições de tratamento da ETE Sobradinho. Estes resultados também podem auxiliar os tomadores de decisão no que cerne as medidas adotadas em prol da preservação e recuperação dos corpos hídricos, uma vez que aponta quais os limites de autodepuração do corpo hídrico, qual nível de tratamento necessário para o efluente lançado e qual o volume populacional pode ser introduzido em uma região sem desrespeitar o enquadramento previsto, por exemplo. Estas simulações contribuem, portanto, para a formulação de planos e projetos para a implementação de políticas públicas envolvendo os recursos hídricos.

Desta forma, é de extrema importância que as melhorias propostas no PDSB sejam cumpridas, além do desenvolvimento de programas e políticas públicas em prol do atendimento ao enquadramento dos corpos hídricos do Distrito Federal, promovendo, assim, melhorias na eficiência do tratamento dos efluentes com lançamentos pontuais e no combate às fontes difusas de poluição.

5.4. Mapeamento e análise da atuação dos principais órgãos ambientais envolvidos com o Enquadramento dos Corpos Hídricos do Distrito Federal

Dentre os principais órgãos/empresas públicas que lidam com a manutenção do enquadramento no Distrito Federal, é possível citar a ADASA, o Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) e a CAESB. A ADASA sendo o órgão regulador, o IBRAM o responsável pelo licenciamento de empreendimentos potencialmente poluidores e a CAESB o principal usuário (captação de água e lançamento de efluentes). Tem-se aqui, um estudo da atuação desses entes a partir de um estudo das suas ações – aqui focado na proteção ambiental dos recursos

hídricos e relação com o enquadramento das águas. Para tanto, segue ainda uma breve compreensão do papel normativo dos mesmos.

Compete à ADASA disciplinar, em caráter normativo, a implementação, operacionalização, controle e avaliação dos instrumentos da política de recursos hídricos, incluindo o enquadramento (I, art. 8º, Lei nº 4.285/2008). Também é responsável, dentre outras coisas³¹, por outorgar o direito de uso de recursos hídricos (II, art. 8º, Lei nº 4.285/2008), ao qual deve se basear nas metas intermediárias e final do enquadramento (§ 3º, art. 38, Resolução CONAMA nº 357/2005).

A rede da ADASA de monitoramento da qualidade da água dos corpos hídricos superficiais abrange os principais corpos hídricos do Distrito Federal, sendo constituída por 59 pontos em ambientes lóticos (córregos e rios), 18 em ambientes lênticos (reservatórios do Descoberto, Santa Maria e Paranoá) e 11 a montante e 11 a jusante das ETEs da CAESB (ADASA, 2020).

Destaca-se também a grande quantidade de dados não somente monitorados, mas divulgados pela ADASA à toda a sociedade. A Agência torna público tanto os dados brutos de qualidade da água, como os resultados para os indicadores calculados, o que facilita o entendimento do público. Também são divulgados painéis com a eficiência do tratamento das ETEs, das vazões operadas, do consumo per capto de água de cada região e dos níveis dos principais reservatórios do Distrito Federal, por exemplo. Dados estes que foram extremamente importantes para a realização deste trabalho.

O Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) é o órgão ambiental do Distrito Federal, sendo responsável por, dentre outras coisas³², no que cerne os recursos hídricos, propor normas e padrões de qualidade dos recursos hídricos; propor e desenvolver ações de proteção e recuperação dos recursos hídricos; e promover o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, incluindo as que lançam seus efluentes nos corpos hídricos do Distrito Federal (art. 3º, Lei nº 3.984/2007).

O processo de licenciamento de empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores que lançam seus efluentes nos corpos hídricos leva em consideração o seu enquadramento

³¹ Para saber as competências gerais e sobre os recursos hídricos da ADASA, consultar os artigos 7º e 8º, respectivamente.

³² Para saber as demais competências do IBRAM, consultar o art. 3º da Lei nº 3.984/2007.

proposto. Para os corpos hídricos que são destinados à diluição de efluentes, o IBRAM exige, por meio de condicionante no licenciamento, que o lançamento seja realizado em qualidade superior ao nível estabelecido pela classe do respectivo corpo hídrico receptor.

Questionado sobre possíveis autuações envolvendo o lançamento dos efluentes tratados das estações de tratamento de esgoto operadas pela CAESB nos corpos hídricos ribeirão Sobradinho e rio Melchior, o IBRAM respondeu que não possui registros de autuações. Salienta-se que o Instituto não possui mecanismos próprios de aferição do desempenho operacional das estações, o que há é uma aferição dos dados fornecidos pela CAESB, conforme condicionado pelas licenças de operação das ETEs e pelo art. 24 da Resolução CONAMA nº 430 de 2011. As autuações existentes decorrem da eventual não apresentação ou apresentação dos dados fora do tempo devido. Consoante resposta do IBRAM ao pedido de informações via e-SIC, protocolo nº 00391000015202154 de 29 de janeiro de 2021.

Seria importante que o IBRAM tivesse os recursos e materiais necessários para realizar estas aferições, a fim de uma fiscalização mais efetiva dos lançamentos dos efluentes pelos empreendimentos licenciados pelo Brasília Ambiental. Uma vez que a análise dos dados de qualidade da água dos corpos hídricos aqui analisados aponta uma degradação destes corpos hídricos. Desta forma, as autuações seriam uma forma de responsabilizar o poluidor pelos danos causados, de modo a respeitar o enquadramento e, assim, aumentar a sustentabilidade dos usos múltiplos da água.

O IBRAM também foi questionado quanto a quais os empreendimentos licenciados pelo Instituto que lançam seus efluentes no ribeirão Sobradinho e no rio Melchior, ao qual respondeu não ter essas informações cadastradas, conforme pedido de informações via e-SIC, protocolo nº 00391000068202175 de 28 de abril de 2021. O que também diminui a efetividade das ações de monitoramento e controle dos lançamentos de efluentes nestes corpos hídricos, pois a falta destas informações pode dificultar as ações de fiscalização e de possíveis autuações.

Criada em 1969 pelo Decreto-Lei nº 524/1969, a CAESB atualmente tem competência para desenvolver atividades envolvendo a exploração econômica, planejamento, projeção,

execução e operação dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos (art. 2º, Lei nº 3.559/2005).

A CAESB é a principal usuária dos recursos hídricos do Distrito Federal (captação de água e lançamento de efluentes tratados), e tem a concessão dos serviços públicos de saneamento básico até o ano de 2032, podendo este prazo ser estendido em mais 30 anos (art. 1º, Lei nº 2.954/2002). Ao todo a CAESB opera 12 Estações de Tratamento de Água e 15 Estações de Tratamento de Esgoto.

Como usuária, a CAESB precisa atender às outorgas de captação e de lançamento, emitidas pela ADASA, além de lançar os efluentes das ETEs em conformidade com o enquadramento dos respectivos corpos hídricos receptores, de modo que não haja alteração de sua classe. Embora seja válido lembrar que o prazo para atendimento do enquadramento no Distrito Federal é em 2030.

Em resposta a solicitação de informação via e-SIC, protocolo nº 00092000021202186 de 29 de janeiro de 2021, sobre possíveis melhorias nas ETEs que lançam seus efluentes tratados nos corpos hídricos estudados neste trabalho, a CAESB respondeu que os sistemas de saneamento são planejados e projetados para atender às exigências legais estabelecidas no PDSB (2017), no Plano Diretor de Águas e Esgotos – PDAE/CAESB (2019), o Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - PDOT (2009) e o Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal (PGIRH, 2012). Além de atender às outorgas emitidas pela ADASA de direito de uso dos recursos hídricos para o lançamento dos efluentes tratados das Estações, que também consideram as metas de enquadramento aprovadas pelo CRH/DF.

Como forma de integrar e articular a divulgação de informações sobre recursos hídricos, a Resolução nº 02/2019 do CRH/DF criou o Grupo de Trabalho para tratar do Sistema de Informações de Recursos Hídricos, o GT SIRH³³. A partir deste GT, a ADASA passou a aplicar o ICE anualmente e a divulgar os resultados no SIRH. Onde a escolha dos parâmetros em função do tipo de uso da bacia (urbana, rural ou área preservada) foi definida em acordo entre os integrantes do GT.

³³ O GT é coordenado pela ADASA e possui membros da SEMA, IBRAM, ADASA, CAESB, CBHs, EMATER, EMBRAPA, UNB e ABES.

O GDF também vem investindo na recuperação de nascentes através do plantio de mudas nativas do cerrado, visando a sustentabilidade da agricultura e a segurança hídrica da região, além de construir bacias de contenção e promover a capacitação de produtores rurais quanto ao manejo adequado da água na irrigação. Em que se destaca a iniciativa da Secretaria de Agricultura do Distrito Federal (Seagri) na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Descoberto³⁴ e da Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) juntamente ao Projeto CITInova, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação³⁵.

A rede de coleta e tratamento de esgoto da CAESB compreende 89,4% da população do Distrito Federal, o que a torna a segunda melhor capital no que tange a universalização do saneamento³⁶. Diversas obras de ampliação da rede de coletora de esgoto estão em andamento em regiões como Sol Nascente, Por do Sol, Sobradinho II e o Setor de Mansões Sobradinho, tendo previsão de conclusão em 2022, o que aumentaria o índice de atendimento para 91,7% (PDSB, 2017a).

A maioria das ETEs do Distrito Federal precisam de melhorias operacionais e/ou ampliações para conseguir atender a população prevista para 2037, final do período de análise. Desta forma, o PDSB (2017d) estabelece as melhorias, considerando as metas de enquadramento, que cada ETE receberá neste período. As melhorias das ETEs cujos corpos receptores são aqui analisados serão:

- ETE Sobradinho: utilização de biomídia no reator biológico; desinfecção; Suportar a entrada de carga orgânica para 2023.
- ETE Samambaia: Continuar o tratamento até atingir o limite de projeto, transportando o excedente para a ETE Melchior.
- ETE Melchior: ampliação da capacidade hidráulica; melhorias operacionais nas comportas, registros, sopradores, tratamento preliminar e RAFA; implantação de

³⁴ Agência Brasília. GDF cumpre meta de revitalização da Bacia do Alto Rio Descoberto. Disponível em: <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2021/03/25/gdf-cumpre-meta-de-revitalizacao-da-bacia-do-alto-rio-descoberto/>>. Acesso em 30 de Abril de 2021.

³⁵ Agência Brasília. Recuperação na Orla do Paranoá e Parque do Riacho Fundo. Disponível em: <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2020/03/03/recuperacao-na-orla-do-paranoa-e-parque-do-riacho-fundo/>>. Acesso em 30 de Abril de 2021.

³⁶ Agência Brasília. O GDF investe R\$ 230 milhões em obras de água e saneamento. Disponível em: <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2020/09/07/gdf-investe-r-230-milhoes-em-obras-de-agua-e-saneamento/>>. Acesso em 26 de Abril de 2021.

tratamento preliminar, RAFA seguido de reator biológico UNITANK e desinfecção por ultravioleta.

As melhorias para a ETE Sobradinho estão previstas para o ano de 2023, enquanto para a ETE Melchior estão previstas para 2023, 2028 e 2032 (PDSB, 2017d).

A CAESB divulgou um Plano de Investimentos onde planeja investir cerca de R\$ 1,8 bilhão entre o período de 2021 e 2025. Este investimento será utilizado no desenvolvimento da empresa para melhorar os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, modernizar a infraestrutura, uso de energias renováveis e em programas empresariais e na tecnologia da informação³⁷.

Investimentos tanto na melhoria das estações de tratamento, como na recuperação de nascentes e grupos integrados de trabalho demonstram uma estrutura organizada e articulada dos órgãos ambientais e de recursos hídricos do Distrito Federal. Tais medidas subsidiam não somente a manutenção do enquadramento proposto, como de possíveis melhorias nas classes e na qualidade dos corpos hídricos. Para tanto, é preciso continuar investindo e traçando metas para a revitalização dos corpos hídricos poluídos, em soluções individuais para a correta destinação dos efluentes domésticos em localidades afastadas e em programas voltados ao combate à lançamentos irregulares nas redes de galeria.

É possível verificar a necessidade de melhoria na gestão dos recursos hídricos no Distrito Federal também no que diz respeito à educação ambiental, quando a população utiliza o ribeirão Sobradinho para recreação de contato primário, mesmo este uso não sendo permitido pelo seu enquadramento (BARBOSA et al., 2021). O que torna necessário investir na educação ambiental para que a população conheça os riscos associados ao descumprimento do enquadramento, como a contaminação e problemas de saúde decorrentes da ingestão de água de má qualidade.

Cabe também destacar as dificuldades envolvendo a ausência de metas intermediárias para o enquadramento do Distrito Federal. O que pode dificultar a implementação de ações

³⁷ Agência Brasília. CAESB investe quase R\$ 2 bi na melhoria de serviços. Disponível em: <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2021/04/08/caesb-investe-quase-r-2-bi-na-melhoria-de-servicos/>>. Acesso em 01 de Maio de 2021.

imediatas, pois ao se trabalhar com um horizonte temporal de muitos anos (pensando no atendimento somente em 2030), pode haver a prorrogação de determinados programas e políticas, de modo que, uma execução tardia pode não dar conta de garantir o atendimento ao enquadramento proposto de determinados corpos d'água mais sensíveis.

De um lado, embora existam falhas no que cerne a gestão dos recursos hídricos do Distrito Federal, principalmente nos aspectos qualitativos da água, foram identificados programas e políticas públicas que visam a adequação do enquadramento e, assim, na sustentabilidade dos usos múltiplos da água. Portanto, é necessário não somente o atendimento aos Plano vigentes, como também na busca e investimento em soluções alternativas, individuais e que, cada vez mais, promovam a adequação do enquadramento dos corpos hídricos do Distrito Federal, como o reuso dos efluentes tratados na agricultura, na revitalização de nascentes e corpos hídricos ameaçados e no combate à poluição difusa através de programas que visem adequar as fossas sépticas e erradicar possíveis lançamentos clandestinos, por exemplo.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As conclusões aqui identificadas permitem diferentes reflexões atinentes à gestão dos recursos hídricos no Distrito Federal, ao se considerar, sobretudo, a análise dos passos em busca da sustentabilidade proporcionada pelo atendimento ao enquadramento.

Utilizar indicadores e modelos para avaliar a qualidade da água e o possível ou não atendimento ao enquadramento é de grande importância. Desse modo, é possível subsidiar, com base nos dados obtidos, a formulação de programas e políticas públicas diretas que atuam justamente nos pontos mais frágeis e que merecem mais atenção.

Como resultado da aplicação do ICE, em todas as estações e em toda a série histórica analisada (2015-2020) os coliformes totais foram o parâmetro mais problemático, atingindo números muito acima do permitido na Resolução CONAMA nº 357/2005. Isso se traduz nos baixos resultados obtidos pelo índice, já que uma das variáveis calculadas é justamente a amplitude entre o valor observado e o normatizado.

Com base nos resultados obtidos com a aplicação do modelo QUAL-UFMG foi possível observar que, para aumentos expressivos na população atendida, mesmo com o cumprimento da melhoria proposta no PDSB para a ETE Sobradinho, ela não seria capaz de tratar o afluente ao ponto de fazer lançamentos compatíveis com a classe 3. Entretanto, é válido ressaltar que os impactos da poluição difusa também interferem nesse resultado, uma vez que os dados de entrada observados para o corpo hídrico a montante do lançamento da ETE já apresentam elevadas concentrações de alguns parâmetros, como os coliformes totais. De modo que, para expandir a população atendida pela ETE de forma expressiva, como as 200 mil pessoas simuladas, são necessários os investimentos no tratamento da ETE, mas também no combate à poluição difusa e na recuperação do ribeirão Sobradinho.

Como a modelagem de qualidade da água através do QUAL-UFMG foi realizada apenas para o período de estiagem do Distrito Federal, é importante que novos estudos sejam desenvolvidos analisando também o período chuvoso. Uma vez que os corpos hídricos também sofrem com a diminuição da qualidade da água nesta época em função do aporte de sedimentos carreados pela chuva.

Tanto a aplicação do ICE como da modelagem com o QUAL-UFMG demonstraram o impacto significativo que os lançamentos das ETEs apresentam sobre a qualidade dos corpos hídricos receptores. Entretanto, também foi observado que mesmo nos pontos a montante dos lançamentos, os rios já se apresentam com alguns parâmetros em desconformidade com o previsto no enquadramento, como os coliformes e o fósforo total. O que aponta os impactos decorrentes de outros empreendimentos, da poluição difusa e de lançamentos clandestinos.

Assim sendo, é preciso investir não somente na melhoria das ETEs, mas na ampliação da rede de coleta e tratamento de esgoto, em soluções individuais para os que vivem em regiões isoladas, no reuso dos efluentes tratados na agricultura, na revitalização de nascentes e corpos hídricos ameaçados e no combate à poluição difusa (através de programas que visem adequar as fossas sépticas e erradicar possíveis lançamentos diretos clandestinos).

A divulgação dos dados monitorados pelos órgãos ambientais e de recursos hídricos é de grande importância para que a sociedade tenha consciência das problemáticas existentes e para possibilitar a realização de pesquisas e trabalhos científicos, uma vez que questões como a disponibilidade e a qualidade da água dos corpos hídricos são de grande relevância para a sociedade como um todo. Ao qual se destaca a iniciativa da ADASA neste quesito, e se salienta a importância desta medida para os demais órgãos como a CAESB e o IBRAM.

A aplicação de ferramentas de engenharia, como o ICE e o modelo QUAL-UFMG, possibilitam a análise do cenário atual e de previsões futuras em relação ao atendimento das classes propostas no enquadramento. Por essa razão, também servem para indicar se há ou não uma sustentabilidade nos usos atuais do corpo hídrico. Deste modo, os resultados obtidos apontam a falta de sustentabilidade nos usos múltiplos da água do ribeirão Sobradinho, uma vez que a qualidade da água no período analisado (2015-2020) não corresponde ao esperado para a classe 3, assim como os cenários futuros com base nas possíveis expansões urbanas também apontam para o não atendimento.

Em relação ao Melchior, que contou apenas com a aplicação do ICE, os resultados obtidos apontam a conformidade da qualidade da água no período analisado com a qualidade prevista para a classe 4. Embora o atendimento à classe 4 não configure uma água de boa qualidade,

sendo, na verdade, o contrário, pois esta classe é a menos restritiva e que permite o lançamento de maiores cargas orgânicas.

Em função do tempo, a análise da atuação dos principais órgãos ambientais e de recursos hídricos foi aqui concentrada em apenas três órgãos do Distrito Federal: a ADASA, o IBRAM e a CAESB. Entretanto, é válido ressaltar a necessidade de avaliação para a atuação dos demais órgãos envolvidos, como o Conselho Distrital de Recursos Hídricos (CRH-DF), os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal (EMATER-DF). De modo que haja uma análise ainda mais completa e que abranja os demais setores envolvidos na gestão dos recursos hídricos no Distrito Federal.

Para complementar esta análise da atuação dos principais órgãos que atuam com o enquadramento dos corpos hídricos no Distrito Federal, também fica recomendado a realização de uma análise da eficácia jurídica³⁸ para avaliar, não somente a atuação destes órgãos, como também o cumprimento das legislações vigentes, a fim de trazer respostas quanto à estrutura legal, normativa e de administração pública organizada para aplicar, dentro do direito dos recursos hídricos, o tratamento de saneamento e combate à poluição.

Compreender a relação entre o enquadramento em prol do fortalecimento da sustentabilidade se torna relevante para o atendimento aos usos múltiplos da água, para a atual e futuras gerações, e para a preservação e recuperação dos corpos hídricos. Assim, faz-se necessário mais estudos acerca desta relação, a fim de subsidiar tomadas de decisões mais sustentáveis.

³⁸ A eficácia jurídica é a capacidade da norma produzir efeitos, ou seja, sua aplicabilidade (VARELLA e LAUTENSCHLAGER, 2016).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Panorama do enquadramento dos corpos de água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Brasília. ANA. 2007. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DO_ENQUADRAMENTO.pdf>.

Acesso em 29 de Junho de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Recursos Hídricos e Enquadramento dos corpos de água.** Cadernos de capacitação em Recursos Hídricos. Volume 5. Brasília, 2012.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). Boletim de Consumo de Água no DF. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/abastecimento_agua_esgotamento_sanitario/Painel_BOLETIM_RESUMO.pdf>. Acesso em 26 de Abril de 2021.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). Painéis Interativos - Eficiência Operacional das ETEs. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjcwMzM4YjAtZmU5Yi00MGRILWJhZmUtOWZhYzNjYTgwNTMwliwidCI6IjczZGJmMTMyLWE0YTQtNDkwMy1hYzI2LWJiMjhmY2Y3NDdhNCJ9>>. Acesso em: 26 de Abril de 2021.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). **Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal – PGIRH/DF.** Relatório Final – Volume I – Diagnóstico. 2012.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). 2017a. **Plano Distrital de Saneamento Básico.** 2017.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). 2017b. **Plano Distrital de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.** Tomo II - Produto 2. 2017.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). 2017c. **Plano Distrital de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Tomo IV - Produto 2. 2017.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). 2017d. **Plano Distrital de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Tomo IV - Produto 3. 2017.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). 2020. Relatório Anual de Atividades - 2019. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/recursos_hidricos/monitoramento/Relatorio_Anual_Atividades_2019.pdf>. Acesso em 28 de Abril de 2021.

AMARO, Cristiane Araújo. Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento. 224 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BARBOSA, A.G., SANTOS, K.M.S., MICHELAN, D.C.G.S., Avaliação da Sazonalidade da qualidade da água do açude da Macela em Itabaiana/SE. Sergipe, Scientia cum industria. V. 7, N. 3, PP. 24 — 31, 2019.

BARBOSA, Raimundo Pereira. Avaliação de riscos ambientais na região de Sobradinho, Distrito Federal. 2010. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2010.

BARBOSA, Raimundo Pereira; MINOTI, Ricardo Tezini; GOMES, Lenora Nunes Ludolf; SOUZA, Hiarque de Oliveira. Bacia Hidrográfica do Ribeirão Sobradinho (DF): o conflito entre o planejamento territorial e os usos de suas águas pela população. in: MORAES, Gabriela G. B. Lima; MONTEZUMA, Talita de Fátima P. F.; FERRAÇO, André Augusto G. (Orgs.). Estudo de Direito das águas, volume I: Desafios jurídicos sociais e agravantes climáticas. Editora Lumen Juris, 2021.

BORTOLIN, T. A.; GUERRA, G. S. ; PERESIN, D. ; MENDES, L. A. ; SCHNEIDER, V. E. Avaliação do índice de conformidade ao enquadramento em um trecho da bacia do rio são marcos. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves.

BROWN, Linfield C.; BARNWELL, Thomas O. Jr. (1987). The Enhanced Stream Water Quality Model QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Computer Program Documentation and User Manual. Athens: United States Environmental Protection Agency, 1987, 189 p.

BUCCI, Maria Paula Dallari. (2006). **O conceito de política pública em direito. In Políticas Públicas: Reflexões sobre o Conceito Jurídico.** São Paulo: Saraiva.

CARVALHO, Délton Winter de. (2013). AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A FORMAÇÃO DO DIREITO DOS DESASTRES. *Novos Estudos Jurídicos*, 18(3), 397-415.

CCME. Canadian Council of Ministers of the Environment. **Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.** CCME Water Quality Index 1.0 User's Manual. 2001.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Proposta de método para a reclassificação de corpos d'água superficiais de acordo com os dispositivos legais vigentes. São Paulo, SP. 1989.

CHAPRA, Steven C. (1997) "Surface Water Quality Modeling". New York: McGraw-Hill, 1997. 844 p.

DERÍSIO, José Carlos. **Introdução ao Controle da Poluição Ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos. 4ª ed. 2012.

FREY, Klaus. (2000). Políticas públicas: um debate conceitual e reflexões referentes à prática da análise de políticas públicas no Brasil. Brasília: *Planejamento e políticas públicas*, n. 21.

GOMES, Sara Helena Raupp. Modelagem da qualidade da água do Rio dos Sinos/RS utilizando o modelo QUAL-UFMG Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Pelotas, 2016.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL/GDF. A crise e o consumo de água em Brasília, , Texto para Discussão - n. 39 - Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal – CODEPLAN, 2018.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL/GDF. Grupo de Trabalho Ribeirão Sobradinho: Relatório de Diagnósticos e Soluções para a Recuperação Ambiental do Ribeirão Sobradinho. 2012, 36 p.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL/GDF. **Zoneamento Ambiental e Plano de Manejo da área de Relevante Interesse ecológico Parque Juscelino Kubitschek**. Volume I, Tomo I. 2006. Disponível em: <<http://www.ibram.df.gov.br/jk/>>.

IDE, Willian Ribeiro; RIBEIRO, Maria Lucia. (2009) *Calibração do modelo de qualidade da água QUAL-UFMG para o rio Taquarizinho em período de estiagem*. Relatório de Iniciação Científica CNPq, Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

KNAPIK, Heloise Garcia; FERNANDES, Cristovao Scapulatempo; BASSANESI, Karine; PORTO, Monica Ferreira do Amaral. Qualidade da água da Bacia do Rio Iguaçu: Diferenças conceituais entre os modelos QUAL2E e QUAL2K. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.16, p. 75-88, 2011.

LIRA, WS; CÂNDIDO, GA. orgs. *Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa* [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013.

LOWI, Theodore J. (1972). Four Systems of Policy, Politics and Choice. In: *Public Administration Review*, v.32, n. 4, p. 298-310.

MACHADO, Enéas Souza; KNAPIK, Heloise Garcia; BITENCOURT, Camila de Carvalho Almeida de. **Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, [s.l.], v. 24, n. 2, p. 261-269, abr. 2019.

MAIA, Nilson Borlina. *Indicadores ambientais : Conceitos e aplicações*. [s. l.]: EDUC, 94 p. 2002.

MENEZES, Juliana Magalhães; SILVA JUNIOR, Gerson Cardoso da; PRADO, Rachel Bardy. Índice de Qualidade de Água (IQACCME) Aplicado à Avaliação de Aquíferos do Estado do Rio de Janeiro. *ÁGUAS SUBTERRÂNEAS*, v. 27, p. 79-92, 2013.

MESQUITA, Luis Fábio Gonçalves. Os comitês de bacias hidrográficas e o gerenciamento integrado na Política Nacional de Recursos Hídricos. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 45, p. 56-80, 2018.

MILARÉ, Édís. *Direito do ambiente: doutrina, jurisprudência, glossário*. 5 ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2007.

MORAES, Gabriela G. B. Lima; SOUZA, Hiarque de Oliveira. A importância do aprimoramento das medidas de proteção ambiental no Aterro Sanitário de Brasília: uma análise das condicionantes do seu licenciamento ambiental e eventos de contaminação de água e solo em 2019, in: MORAES, Gabriela G. B. Lima; MONTEZUMA, Talita de Fátima P. F.; FERRAÇO, André Augusto G. (Orgs.). *Estudo de Direito das águas, volume I: Desafios jurídicos sociais e agravantes climáticas*. Editora Lumen Juris, 2021.

OLIVEIRA, Ivanise da Silva; PANTA, Larissa Mylena Leite Silva; BARBOSA, Ioná Maria Beltrão Rameh; SILVA, Simone Rosa da. Índice de Conformidade ao Enquadramento nos Reservatórios Jucazinho, Bituri, Botafogo e Pirapama, em Pernambuco, Brasil. *REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA*, v. 11, p. 1575-1584, 2018.

PERIN, LUCAS T. *Uso do Modelo QUAL-UFGM no estudo da qualidade da água e da capacidade de Autodepuração do Rio Km119 – Campo Mourão - PR. 44 f. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL) – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. CAMPO MOURÃO, 2013.*

PIVELE, Roque Passos; KATO, Mario Takayuki. (2005). **Qualidades das águas e poluição: aspectos físico-químicos: aspectos físico-químicos**. 1 ed. São Paulo: ABES.

SACHS, Ignacy. *Desenvolvimento: incluyente, sustentável, sustentado*. [s. l.]: Garamond, 2004.

SILVA, Ana Caroline Machado. Participação na gestão dos recursos hídricos como estratégia para uma regulação de interesse público: uma análise dos Comitês de Bacia Hidrográfica a partir da teoria processual administrativa da regulação. *Revista de Direito Setorial e Regulatório / Journal of Law and Regulation*, v. 4, p. 19-40, 2018.

SILVEIRA, LIVIA GARCIA. Estudo Comparativo da Utilização do IQA-NSF e IQA-CCME para Análise da Qualidade da Água no Estado do Rio de Janeiro. 93 f. Dissertação (Mestrado) em GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2018.

SOUTO, Camila da Silva. **ANÁLISE DE DIRETRIZES PARA O ENQUADRAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS EM CLASSES DE USOS PREPONDERANTES ESTUDO DE CASO:** a bacia do rio guandu - rj. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Alberto Luiz Coimbra de pós-graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SOUZA, Hiarque de Oliveira; MORAES, Gabriela Garcia de Lima. **Os desafios de efetividade jurídica socioambiental na transição do Aterro Controlado da Estrutural para Unidade de Recebimento de Entulho:** reflexões em torno de um desastre tecnológico crônico e as medidas de aprimoramento de gestão de resíduos no Distrito Federal. Revista de Estudos Empíricos em Direito (REED). 2021. No prelo.

UN-WATER. (The United Nations Inter-Agency mechanism on all freshwater related issues, including sanitation). **Water Security & the Global Water Agenda**. 2013.

VARELLA, Marcelo Dias; LAUTENSCHLAGER, L. Critérios de Efetividade na Proteção Ambiental. In: Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC, v. 36.1, p. 295-329, 2016.

VON SPERLING, Marcos. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; Editora UFMG. v. 7. 588 p. 2007.

VON SPERLING, Marcos (a). Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG. 4 a ed., 472 p. 2014.

VON SPERLING, Marcos (b). Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volume 7. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Editora UFMG. 2 a ed, 592 p. 2014.

VARELLA, Marcelo Dias; LAUTENSCHLAGER, L. **Cr terios de Efetividade na Prote o Ambiental**. In: Revista do Programa de P s-Gradua o em Direito da UFC, v. 36.1, p. 295-329, 2016.