

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA AMBIENTAL**

YARA BORBA FORMIGONI

**ENQUADRAMENTO DE RIOS INTERMITENTES: UM DESAFIO
AMBIENTAL, TECNOLÓGICO E ECONÔMICO À GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS**

**SÃO PAULO
2013**

YARA BORBA FORMIGONI

**ENQUADRAMENTO DE RIOS INTERMITENTES: UM DESAFIO AMBIENTAL,
TECNOLÓGICO E ECONÔMICO À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM) da
Universidade de São Paulo para obtenção do título
de Mestre em Ciência Ambiental**

**Orientadora: Profa. Dra. Monica Ferreira do
Amaral Porto**

Versão Original

(versão original disponível na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa e na Biblioteca Digital de
Teses e Dissertações da USP)

**SÃO PAULO
2013**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Formigoni, Yara Borba.

Enquadramento de rios intermitentes: um desafio ambiental, tecnológico e econômico à gestão de recursos hídricos./ Yara Borba Formigoni; orientadora : Monica do Amaral Ferreira Porto. – São Paulo, 2013.

111f.: il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo

1. Recursos hídricos. 2. Meio ambiente – aspectos econômicos. I. Título

AGRADECIMENTOS

A orientadora Profa. Dra. Monica do Amaral Porto pelos valiosos ensinamentos, experiências compartilhadas, confiança e apoio.

Ao Prof. Arisvaldo Melo pelo aprendizado, questionamentos instigantes e amizade.

A equipe da Universidade Federal de Sergipe, fundamental no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores e funcionários do PROCAM que sempre se mostraram dispostos a auxiliar no desenvolvimento deste mestrado.

Aos colegas do PROCAM, que tornaram o dia-a-dia mais leve e divertido.

A Ana Paula Brites que me acolheu pacientemente e auxiliou em muitos momentos deste trabalho. Obrigada!

A querida tropa de elite da República Quartel que com seu entusiasmo, torce por mim. Meninas vocês são parte da minha história!

A colega Cris que esteve presente em parte do desenvolvimento deste trabalho e mostra com uma alegria contagiante que o dia tem muito mais que 24 horas.

Aos meus queridos irmãos Thais e Ivan que me incentivam e amam de uma forma que só a irmã caçula pode entender.

Aos meus sobrinhos que me surpreendem e alegram a cada dia.

A minha vó Catharina, sempre presente em meus pensamentos, saudade de sua alegria e carinho.

A minha mãe, exemplo de força e esperança, porto seguro. Te amo.

Ao Pi, companheiro e amigo que me conforta.

A Deus, pela dádiva da vida.

RESUMO

Formigoni, Yara Borba. **Enquadramento de rios intermitentes: um desafio ambiental, tecnológico e econômico à gestão de recursos hídricos**, 2013. 111f. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo

O enquadramento de corpos hídricos segundo seu uso preponderante é o instrumento da Política Brasileira de Recursos hídricos que objetiva a garantia da qualidade da água, de acordo com seus usos previstos. A aplicação deste instrumento em corpos hídricos intermitentes ainda pouco tem sido discutida e aplicada, tal situação leva a uma má utilização do instrumento e a um consequente prejuízo socioambiental. Este trabalho busca identificar as especificidades do enquadramento em bacias de rios intermitentes através da análise de casos brasileiros e internacionais de definição de critérios de qualidade hídrica para rios intermitentes e do desenvolvimento de um estudo de caso em que a metodologia de enquadramento de corpos hídricos em classe de uso desenvolvida pelo Projeto “Bacias Críticas” foi aplicada para a Bacia do Rio Jacaré, em Sergipe, acometida pela intermitência de seus rios. Para a simulação da quali-quantitativa da água da Bacia do Rio Jacaré foi utilizado o Modelo MECA, especialmente desenvolvido para a formulação de propostas de enquadramento. O desenvolvimento das análises de enquadramento deste trabalho seguiu os pressupostos da Resolução CONAMA 357/2005 e CONAMA 91/2008, bem como suas considerações sobre corpos hídricos de vazões sazonais. Tomando por base que critérios de qualidade hídrica só podem ser aplicados em corpos hídricos com vazão significativa, sugere-se que o instrumento enquadramento só é válido em circunstâncias que permitam o aproveitamento da água do corpo hídrico. Em corpos hídricos intermitentes, as ações para garantia da qualidade hídrica devem se basear em um robusto monitoramento de qualidade e quantidade de água e incluir um efetivo controle de lançamento de efluentes, analisado caso a caso.

Palavras Chave: rio intermitente, enquadramento de corpos hídricos em classe de uso, gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT

Formigoni, Yara Borba. **Framework of intermittent rivers: an environmental challenge, technological and economic management of water resources**, 2013. 111f. Thesis (MA - Graduate Program in Environmental Science) – Universidade de São Paulo, 2013

The framework of water bodies according to their predominant use is the instrument of the Brazilian Water Resources Policy that aims to guarantee water quality, according to their intended uses. The application of this instrument in intermittent water bodies yet little has been discussed and applied, this situation leads to a misuse of the instrument and a consequent environmental damage. This paper seeks to identify the specifics of the framework in intermittent rivers basins by analyzing Brazilian and international cases of definition of water quality criteria for intermittent rivers and through development of a case study where the water bodies in framing classes of use methodology developed by the "Critical Watershed" Project was applied to the Rio Jacaré Basin in Sergipe, affected by the intermittency of its rivers. For the simulation of the qualitative and quantitative Rio Jacaré Basin water the MECA Model was used, specially developed for the formulation of proposals for framing. The development of the framework analysis of this study followed the assumptions of CONAMA Resolution 357/2005 and CONAMA 91/2008, as well as its considerations on water bodies seasonal stream flow. Based on water quality criteria that may be applied in watercourses with significant flow, it is suggested that the instrument framework is valid only under circumstances that allow the use of water from the water body. In intermittent water bodies, actions to guarantee the water quality should be based on a robust monitoring of quality and quantity of water and include an effective control of sewage discharge, analyzed case by case.

Keywords: intermittent river, water bodies in framing classes of use, water resources management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da bacia do Rio Jacaré, Sergipe.....	14
Figura 2 - Etapas para efetivação do enquadramento.....	15
Figura 3 - Pontos de monitoramento na bacia do Rio Jacaré.....	16
Figura 4 - Curva representativa da permanência da DBO.....	55
Figura 5 - Fluxograma do MECA.....	57
Figura 6 - Esquema de Metas Progressivas.....	58
Figura 7 - Usuários de água da bacia do Rio Jacaré cadastrados na SEMARH.....	69
Figura 8 - Curva de permanência das vazões	74
Figura 9 - Curva de permanência das vazões	74
Figura 10 - Curva de permanência das vazões	75
Figura 11 – DBO monitorada Bacia Jacaré	76
Figura 12 – DBO monitorada Bacia Jacaré.....	76
Figura 13 – DQO monitorada Bacia Jacaré.....	76
Figura 14 – Sólidos totais monitorados Bacia Jacaré.....	76
Figura 15 – Sulfato monitorado Bacia Jacaré.....	76
Figura 16 – N total monitorado Bacia Jacaré.....	76
Figura 17 – Nitrato monitorado Bacia Jacaré.....	77
Figura 18 – Nitrito monitorado Bacia Jacaré.....	77
Figura 19 – Amônia monitorada Bacia Jacaré.....	77
Figura 20 – Magnésio monitorado Bacia Jacaré.....	77
Figura 21 – Cálcio monitorado Bacia Jacaré.....	77
Figura 22 – Potássio monitorado Bacia Jacaré.....	77
Figura 23 – Sódio monitorado Bacia Jacaré.....	77
Figura 24 – Cloreto monitorado Bacia Jacaré.....	77
Figura 25 – Fósforo monitorado Bacia Jacaré.....	78
Figura 26 – Condutividade monitorada Bacia Jacaré	78
Figura 27 – pH monitorado Bacia Jacaré.....	78
Figura 28 - Diagnóstico DBO MECA - Caiçá Cheia.....	80
Figura 29 - Calibração DBO MECA - Caiçá Cheia.....	80
Figura 30 – Diagnóstico OD Caiçá Cheia	81
Figura 31 – Calibração OD Caiçá Cheia.....	81
Figura 32 - Diagnóstico de vazão MECA Caiçá Cheia	82
Figura 33 – Simulação P – Caiçá Cheia.....	82
Figura 34 - Diagnóstico DBO MECA - Jacaré Cheia	83
Figura 35 - Calibração DBO MECA - Jacaré Cheia	84
Figura 36 – Diagnóstico OD – Jacaré Cheia	84
Figura 37 – Calibração OD Jacaré Cheia.....	84
Figura 38 - Diagnóstico vazão MECA - Jacaré Cheia	85
Figura 39 – Simulação cenário de fósforo.....	86
Figura 40 - Diagnóstico DBO MECA - Caiçá Seca.....	87
Figura 41 – Calibração DBO Caiçá Seca	87
Figura 42 – Diagnóstico OD MECA – Caiçá Seca.....	88
Figura 43 – Calibração OD Caiçá Seca.....	88
Figura 44 – Vazão no rio Caiçá–seca.....	89
Figura 45 – Simulação cenário fósforo – Caiçá Seca	89
Figura 46 – Diagnóstico DBO – rio Jacaré Seca	90

Figura 47 – Calibração DBO rio Jacaré Seca	91
Figura 48 – Simulação OD – rio Jacaré Seca	91
Figura 49- Calibração OD Jacaré Seca	92
Figura 50 – Vazão rio Jacaré Seca	92
Figura 51 – Diagnóstico cenário P – Jacaré Seca.....	93
Figura 52: Cenário de despoluição Caiçá Cheia – Q95.....	94
Figura 53 Cenário de despoluição Jacaré Cheia – Q95.....	94
Figura 54 Cenário de despoluição Caiçá seca – Q95.....	95
Figura 55 Cenário de despoluição Caiçá seca – Q95.....	95
Figura 53 - Situação do abastecimento em Sergipe 2025.....	98
Figura 57 – Vazão Caiçá cheia 2015.....	99
Figura 58 - Vazão Jacaré Cheia 2015.....	99
Figura 59 – Vazão Caiçá seca 2015.....	99
Figura 60 - Vazão Jacaré seca 2015.....	99
Figura 61 – DBO Caiçá Cheia 2015.....	100
Figura 62 - DBO Jacaré Cheia 2015.....	100
Figura 63 – DBO Caiçá Seca 2015.....	100
Figura 64 - DBO Jacaré Seca 2015.....	100
Figura 65 – Vazão Caiçá Cheia 2020.....	101
Figura 66 - Vazão Jacaré Cheia 2020.....	101
Figura 67 – Vazão Caiçá Seca 2020.....	101
Figura 68- Vazão Jacaré Seca 2020.....	101
Figura 69 – DBO Caiçá Cheia 2020.....	102
Figura 70 - DBO Jacaré Cheia 2020.....	102
Figura 71 – DBO Caiçá Seca 2020.....	102
Figura 72 - DBO Jacaré Seca 2020.....	102
Figura 73 – Vazão Caiçá Cheia 2025.....	103
Figura 74 - Vazão Jacaré Cheia 2025.....	103
Figura 75 – Vazão Caiçá Seca 2025.....	103
Figura 76 - Vazão Jacaré Seca 2025.....	103
Figura 77 – DBO Caiçá Cheia 2025.....	103
Figura 78 - DBO Jacaré Cheia 2025.....	103
Figura 79 – DBO Caiçá Seca 2025.....	104
Figura 80 - DBO Jacaré Seca 2025.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Periodização das fases do IOCS, IFOCS e DNOCS.....	34
Tabela 2 – Classes de água de acordo com seu uso.....	40
Tabela 3: Dados da Matriz de Fontes de Poluição e uso.....	53
Tabela 4: Variáveis de simulação da qualidade hídrica no MECA.....	56
Tabela 5 - Municípios da bacia do Rio Jacaré e suas áreas.	64
Tabela 6 - População Bacia do Jacaré.....	64
Tabela 7 - Clima dos municípios da bacia do rio Jacaré.....	65
Tabela 8 – Abastecimento na bacia Jacaré.....	67
Tabela 9 - Cadastro de usuários da bacia do rio Jacaré - SEMARH-SE.....	70
Tabela 10 - Vazões monitoradas na bacia do rio Jacaré.....	72
Tabela 11 -Taxa de Crescimento populacional brasileiro estimada.....	97
Tabela 12- Estimativa da População residente na bacia do Jacaré no período de 2015 a 2025.....	97

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	12
1.2	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	12
2.	MÉTODOS	14
2.1	ÁREA DE ESTUDO.....	14
2.2	ETAPAS METODOLÓGICAS.....	14
2.2.1	<i>Monitoramento da qualidade e da quantidade</i>	16
2.2.2	<i>Matriz de fontes de poluição e uso da água</i>	17
2.2.3	<i>Hidrologia</i>	18
2.2.4	<i>Modelo de qualidade de água – Simulação da qualidade</i>	18
2.2.5	<i>Medidas de despoluição hídrica</i>	19
2.2.6	<i>Prognóstico da qualidade e da quantidade hídrica</i>	20
3.	RIOS INTERMITENTES.....	21
3.1	ASPECTOS CONCEITUAIS	21
3.2	RIOS INTERMITENTES NO BRASIL	22
3.3	QUALIDADE DE ÁGUA EM RIOS INTERMITENTES	23
4.	GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.....	27
4.1	BREVE HISTÓRICO DA GESTÃO DAS ÁGUAS NO BRASIL	28
4.2	A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	33
5.	O ENQUADRAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS COMO FERRAMENTA DE GESTÃO	39
5.1	ASPECTOS LEGAIS RELACIONADOS AO ENQUADRAMENTO.....	42
5.1.1	<i>A Resolução CONAMA 357 de 2005</i>	46
5.2	A PARTICIPAÇÃO SOCIAL NO ENQUADRAMENTO COMO ESTRATÉGIA DE EFETIVAÇÃO	50
5.3	BASE TÉCNICA PARA O ENQUADRAMENTO E AS INOVAÇÕES METODOLÓGICAS DO PROJETO ENQUADRAMENTO DE BACIAS CRÍTICAS....	51
5.3.1	<i>Matriz de fontes de poluição e uso</i>	52
5.3.2	<i>Curva de permanência de qualidade da água</i>	53
5.3.3	<i>Modelo para o enquadramento dos corpos d’água – MECA</i>	56
5.3.4	<i>Metas progressivas</i>	58
5.4	O ENQUADRAMENTO DE RIOS INTERMITENTES NO BRASIL.....	60
6.	FORMULAÇÃO DA PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DE RIOS INTERMITENTES	63
6.1	DIAGNÓSTICO	63
6.1.1	<i>Área de estudo</i>	63

6.1.2	<i>População</i>	64
6.1.3	<i>Clima</i>	65
6.1.4	<i>Saneamento básico</i>	65
6.1.5	<i>Usos da água</i>	69
6.1.6	<i>Arranjo institucional e legal referente ao enquadramento</i>	71
6.1.7	<i>Disponibilidade hídrica</i>	71
6.1.8	<i>Qualidade</i>	75
6.1.9	<i>Simulação da qualidade e da quantidade por meio do MECA</i>	78
6.2	SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE DESPOLUIÇÃO HÍDRICA PARA A BACIA DE ESTUDO	93
6.3	PROGNÓSTICO	96
6.3.1	<i>Crescimento populacional</i>	96
6.3.2	<i>Crescimento agropecuário</i>	97
6.3.3	<i>Abastecimento de água</i>	98
7	CONCLUSÃO	104
7.1	CONSIDERAÇÕES	106
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107

1. INTRODUÇÃO

A água é elemento essencial à vida e ao seu desenvolvimento. O crescente adensamento populacional, os diversos usos concorrentes da água e sua escassez podem resultar em grande dispêndio de recursos para sua obtenção e em situações extremas de utilização, muitas vezes em detrimento das demais espécies e do ambiente.

A variável hídrica quantitativa não é a única limitadora à utilização da água, a qualidade também afeta o uso, podendo existir ambas as limitações, qualitativa e quantitativa, em um mesmo ambiente. A superação destas limitações exige medidas de gestão específicas, porém complementares, uma vez que qualidade e quantidade hídrica são inter-relacionadas.

A percepção da importância do binômio qualidade-quantidade na gestão dos recursos hídricos leva ao desenvolvimento da ferramenta enquadramento de corpos d'água em classes de uso. Tomando por base a bacia hidrográfica, esse instrumento evidencia a necessidade de ação em conjunto com o Plano de Bacia, zoneamento e uso do solo e demais instrumentos de gestão para a garantia da qualidade hídrica, já que a água de determinado corpo hídrico é resultado dos lugares por onde ela passou, trazendo marcas do uso e da ocupação do solo de sua bacia.

O enquadramento, ainda que essencial para a garantia de um meio saudável, não é amplamente aplicado, seja por dificuldades metodológicas, técnicas ou falta de recursos. Além disso, conceitos estratégicos desse instrumento, como as metas de qualidade progressivas, acabam sendo subutilizados.

Para que ocorra a eficaz gestão dos recursos hídricos, as ferramentas técnicas desenvolvidas, como o enquadramento de corpos hídricos, devem ser analisadas sob as diferentes características a que as regiões são submetidas.

Em regiões como o Semiárido, onde a escassez de recursos hídricos é a característica sicionatural que diferencia a região, a questão hídrica é ainda mais intensa. Neste sentido, a construção de infraestrutura hídrica, o gerenciamento dos recursos hídricos e o gerenciamento do risco climático são caminhos necessários para a construção de uma estratégia robusta de adaptação das sociedades do Semiárido à natureza (ASSIS, 2012).

1.1 OBJETIVOS

O objetivo central deste projeto é identificar as peculiaridades na formulação do enquadramento de corpos hídricos intermitentes em classes de uso, no que tange aos aspectos tecnológico, ambiental e econômico.

Outros objetivos inerentes a este trabalho são:

- Avaliar a disponibilidade hídrica na Bacia do Rio Jacaré, em Sergipe;
- Avaliar a qualidade da água na bacia de estudo em relação às variáveis indicativas de qualidade arroladas;
- Avaliar o comportamento das variáveis de qualidade hídrica nos período seco e úmido;
- Identificar o arranjo institucional da gestão de recursos hídricos na bacia de estudo.

1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Os corpos d'água de regiões acometidas por seca, ainda que sazonais, representam fontes importantes para o abastecimento da população, à dessedentação de animais e à irrigação. No estado de Sergipe, onde está localizada a bacia de estudo do presente trabalho, a tarifa de água (R\$/m³) dos prestadores de serviço é a mais alta do Nordeste (SNIS, 2008), evidenciando a necessidade de fontes alternativas de obtenção do recurso hídrico. O aproveitamento da água em rios intermitentes, em períodos de cheia, dá à população um incremento na disponibilidade de água passível de uso, carecendo, no entanto, de estudos específicos.

A utilização da água de rios intermitentes, sem devido controle e análise, tem efeito prejudicial ao ambiente e à comunidade. Efeitos estes potencializados em épocas secas e que podem também causar danos em trechos hídricos a jusante. A qualidade da água é influenciada pela vazão, e, em rios intermitentes, o entendimento de tal dependência ainda é pouco explorado, porém essencial para a gestão dos recursos hídricos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos traz, entre os seus instrumentos, o enquadramento de corpos hídricos em classes de uso, que visa à garantia da qualidade de água compatível a seu uso. Embora de grande importância, tal instrumento não possui regulação e

metodologia específica para rios intermitentes, levando à formulação de propostas de enquadramento que não retratam a realidade da bacia e a um consequente enfraquecimento do instrumento.

Os textos legais demonstram a necessidade de tratamento especial para o assunto, mas ainda pouco concretamente se avançou na questão. A recente formulação, no Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de um grupo específico para a discussão de instrumentos de gestão aplicados a rios intermitentes mostra a preocupação e a iniciativa da área técnica brasileira sobre a questão. O instrumento enquadramento de corpos de água em classes de uso é a ferramenta para garantia de qualidade hídrica do Sistema Brasileiro de Gestão de Recursos Hídricos e a não adaptação metodológica desse instrumento para rios intermitentes constitui uma omissão para com o ambiente e a sociedade.

2. MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A bacia escolhida para o estudo do presente trabalho é a Bacia do Rio Jacaré, que está localizada entre os estados de Sergipe e Bahia, pertencendo à região hidrográfica do Atlântico Leste (ANA, 2009). A sub-bacia hidrográfica do Rio Jacaré possui uma área e drenagem de aproximadamente 772 km². Na bacia, estão insertos parcialmente seis municípios: Adustina e Paripiranga, municípios baianos; Poço Verde, Simão Dias, Tobias Barreto e Lagarto, municípios sergipanos (Figura 1). Ainda na figura 1, estão destacados os dois rios que integraram o estudo: Rio Jacaré, com 62,82 km de extensão, e o Rio Caiçá, com 24,15 km de extensão.

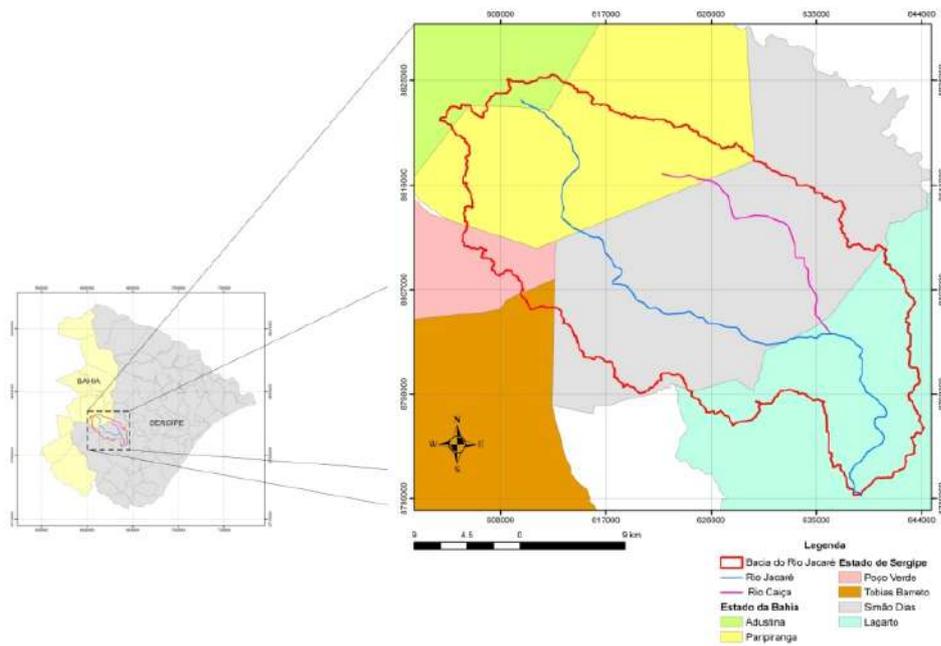


Figura 4 - Mapa da Bacia do Rio Jacaré, Sergipe.

2.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

A metodologia do trabalho abrange duas etapas.

A primeira etapa constitui fase de consulta bibliográfica sobre rios intermitentes, a fim de compreender seu regime hidrológico específico e seu ambiente, além de levantamento bibliográfico acerca de enquadramento de corpos d'água e metodologia aplicável.

Foram utilizados como fonte de pesquisa artigos publicados, relatórios de projetos, legislação aplicável ao tema, além de documentos de órgãos como a Agência Nacional de Águas (ANA), Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Secretarias de Meio Ambiente, entre outros.

Na segunda etapa metodológica, dá-se a aplicação do método de enquadramento de corpos d'água na área de estudo do trabalho.

Foi realizada a caracterização da bacia quanto a seus aspectos físico, climático, socioeconômico e institucional, constantes de dados disponíveis em *sites* do IBGE e do Sistema Nacional de Saneamento Ambiental, análise de projetos já realizados na área de estudo pela Superintendência de Recursos Hídricos de Sergipe, além de artigos publicados, dando início à fase de diagnóstico do enquadramento.

A metodologia adotada neste trabalho é baseada na desenvolvida no projeto “Bacias críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão ” (2007)¹ (Figura 2) e segue as orientações e diretrizes da Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) 91/2008 .

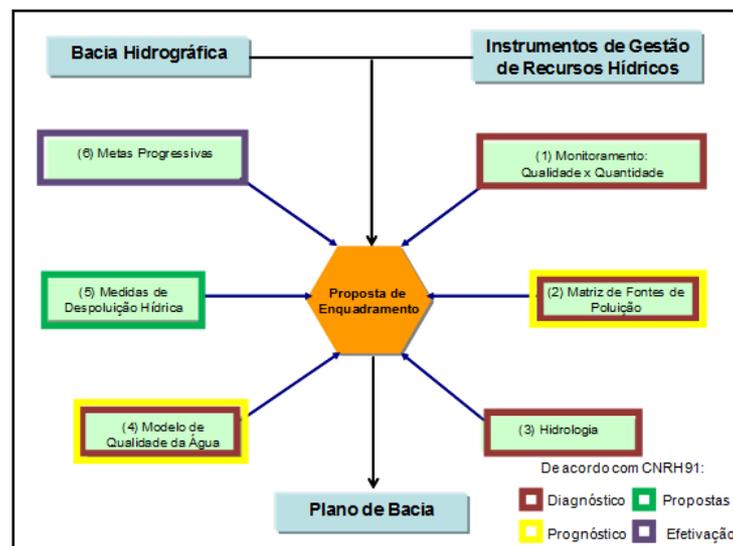


Figura 5 - Etapas para efetivação do enquadramento. Fonte: Adaptado do Projeto “Bacias Críticas”, 2007.

¹Tal projeto foi desenvolvido por uma parceria entre a Escola Politécnica da USP e a Universidade do Paraná entre o período de 2004 a 2008 e contou com financiamento FINEP/ CT-HIDRO. A metodologia desenvolvida pelo Projeto “Bacias Críticas” foi base para o desenvolvimento do presente trabalho, porém, dadas as diferenças de objeto de estudo e a necessidade de concisão do trabalho, não abrangemos todas as etapas descritas na Figura 2. As etapas realizadas no presente trabalho são descritas na apresentação metodológica.

Para o estudo da aplicabilidade do Enquadramento de corpos hídricos neste trabalho, foram desenvolvidas as seguintes etapas pertencentes à metodologia base do Projeto “Bacias Críticas”:

2.2.1 Monitoramento da qualidade e da quantidade

Dada a total ausência de dados na área de estudo, foram arrolados três pontos na Bacia do Rio Jacaré em Sergipe para monitoramento mensal de qualidade e vazão hídrica, durante o período de abril de 2010 a março de 2011.

A escolha dos três pontos de monitoramento teve como base os seguintes critérios: i) Facilidade de acesso; ii) Proximidade de fontes potenciais de poluição; iii) Canal principal do rio bem encaixado; iv) Estabilidade da seção transversal; e v) Não proximidade de possíveis obstruções a montante que pudessem modificar o regime de fluxo.

Os pontos P1 e P3 estão localizados no Rio Jacaré e o ponto P2 está localizado no Rio Caiçá (Figura 3) (Relatório do Projeto “Bacias Críticas”, 2012).

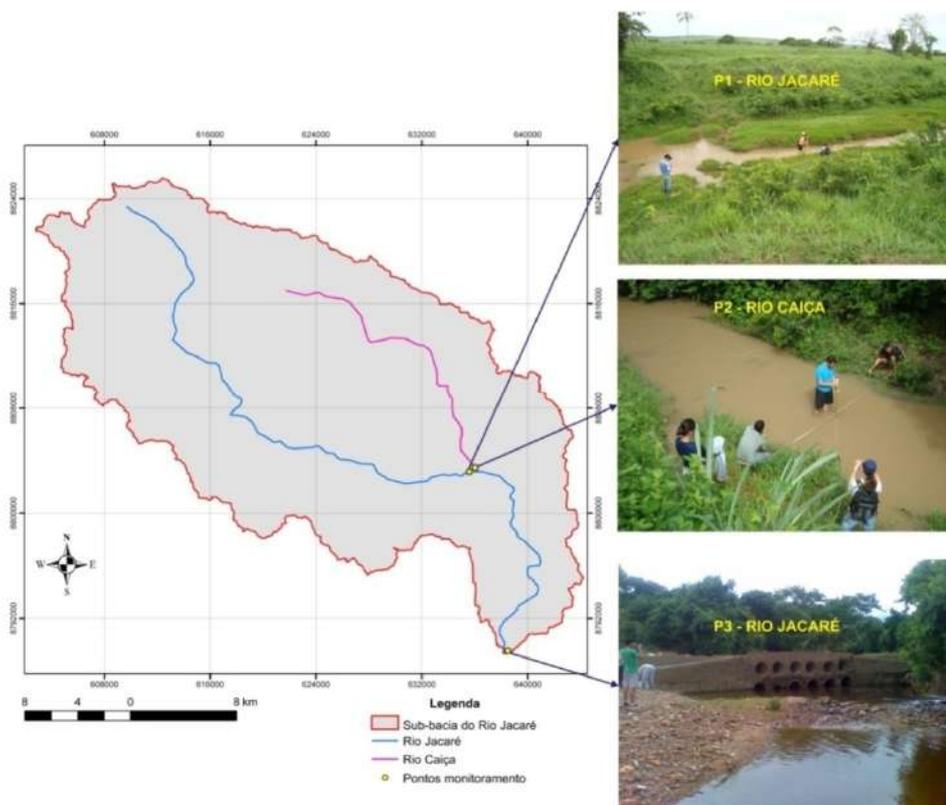


Figura 3 - Pontos de monitoramento na Bacia do Rio Jacaré. Fonte: Projeto “Bacias Críticas” (2012).

As variáveis indicadoras da qualidade hídrica monitoradas no estudo foram Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Oxigênio Dissolvido (OD), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Condutividade Elétrica, concentrações de Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo total e pH. Esses parâmetros foram analisados pelo Laboratório de Química da Universidade de Sergipe, que seguiu os padrões e normas estabelecidos pela American Public Health Association (APHA) (1998).

Em todos os pontos onde foram coletadas amostras de água, também foram realizadas medições da vazão hídrica, pela aferição da velocidade da água (ms^{-1}) e pela determinação da altura da lâmina de água (m). Para medir a velocidade do fluxo nas seções, foi utilizado o micromolinete fluviométrico da Global Water modelo FP101.

2.2.2 *Matriz de fontes de poluição e uso da água*

A matriz de fontes de poluição e uso da água contém dados de entrada para a modelagem da bacia de estudo e foi elaborada no projeto “Integra” - Disponibilidade Hídrica para Aplicação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos: Quantidade e Qualidade de Água². A elaboração da matriz da bacia deste estudo se deu a partir de dados da Secretaria de Recursos Hídricos de Sergipe (SRH – SE) relativos à outorga de direito e uso da água e lançamento de efluentes nos Rios Jacaré e Caiçá no estado de Sergipe, de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e por meio de informações baseadas em literatura.

Os Rios Jacaré e Caiçá foram divididos em trechos de aproximadamente 1 km gerando 87 áreas de contribuição ao longo da sub-bacia e para cada quilômetro foram preenchidas informações referentes à largura da base, ao decaimento das margens, ao coeficiente de *manning*, à vazão, à coleta de esgoto da população, à DBO e ao OD de fontes pontuais e difusas.

²O projeto “Integra” (Disponibilidade Hídrica para Aplicação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos: Quantidade e Qualidade de Água) é uma continuação do projeto “Bacias Críticas” e foi desenvolvido no período de 2009 a 2011.

2.2.3 Hidrologia

Para fomentar a matriz de fontes de poluição e uso da água e posterior aplicação do modelo de simulação da qualidade da água, os Rios Jacaré e Caiçá foram divididos em trechos de aproximadamente 1 km gerando 87 áreas de contribuição ao longo da sub-bacia. As vazões de cada área de contribuição foram calculadas por relação de área.

Para a avaliação hidrológica, foi desenvolvida a curva de permanência de vazão. Como o período de monitoramento do projeto abrangeu apenas um ano, não havia dados suficientes para a elaboração dessa curva; para tanto, foram utilizados dados de simulação hidrológica³ obtidos por meio do modelo SMAP, para o período de janeiro de 2001 a dezembro de 2009.

2.2.4 Modelo de qualidade de água – Simulação da qualidade

O *software* utilizado para a avaliação da qualidade da água e disponibilidade hídrica aplicados ao enquadramento é o Modelo para o Enquadramento dos Corpos d'água (MECA), desenvolvido por Brites (2010). O MECA associa as rotinas fundamentais para a análise do enquadramento em um único programa desenvolvido em Microsoft Office EXCEL 2007 vinculado à linguagem de programação Visual Basic for Application – VBA.

Para a simulação da qualidade hídrica, foram arroladas as variáveis indicativas de qualidade Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD) e Fósforo.

Tendo em vista a ausência de dados na área estudada, para a realização da simulação da qualidade de água na bacia que foi objeto do estudo, houve a necessidade de complementar dados com base na literatura.

A simulação da DBO

Na simulação de qualidade baseada na variável indicativa de qualidade DBO, utilizou-se a concentração de 337,5 mg/l para efluentes advindos de esgoto domésticos (VON

³A simulação hidrológica foi realizada no desenvolvimento do Projeto “Integra”. A metodologia específica dessa simulação não é escopo deste trabalho, podendo ser obtida no relatório final do Projeto “Integra”.

SPERLING, 1996). Para a carga difusa, foi adotada a concentração de 5mg/l para áreas rurais e 15 mg/l para áreas urbanas.

A taxa de decaimento da DBO (k_1) adotada para a simulação da qualidade foi de 0,3.

A simulação de OD

Para a simulação de oxigênio dissolvido, adotou-se a concentração de 0 mg/l para efluentes advindos de esgoto doméstico e 3 mg/l para lançamento no corpo d'água derivado de fontes difusas de áreas agrícolas. Tendo em vista a ausência de saneamento na bacia, para áreas urbanas e/ou com concentração populacional acima de 150 habitantes por km², foi estipulada que a concentração de OD nesses pontos também era de 0mg/l.

No modelo MECA, pode-se escolher, para a definição da reaeração do trecho hídrico, entre as equações desenvolvidas por O'Connor-Dobbins, Churchill, Owens e Gibbs, ou ainda definir valor específico.

Dada a baixa vazão dos trechos hídricos, optou-se, para a definição da taxa de reaeração, pela Equação de Owens e Gibbs no período seco e pela Equação de O'Connor-Dobbins para o período de cheia.

A simulação de fósforo

Para a simulação do fósforo na área de estudo, foram consideradas as cargas difusas geradas proporcionalmente em cada área de contribuição da bacia e a contribuição dos efluentes domésticos advindos do esgoto. Para carga difusa de áreas agrícolas, foi adotado o valor de 0,137 (kgkm²/dia), já para as cargas difusas de áreas urbanas foi adotado o valor de 0,274(kgkm²/dia), apresentados em Chapra (1997) e Von Sperling (2007). A carga considerada no lançamento de efluentes de esgoto doméstico foi de 0,4kg/hab/ano (VON SPERLING, 1996).

2.2.5 Medidas de despoluição hídrica

Para a formulação de cenários de ações estruturais para a despoluição hídrica e o impacto dessas ações na qualidade hídrica, utilizou-se o software MECA (BRITES, 2010). Os cenários de despoluição hídrica foram desenhados para a variável indicadora de qualidade DBO e OD.

Foram desenhados três cenários de despoluição para a bacia, quais sejam:

- Cenário I: Considera a implantação de sistema de tratamento primário que atende a geração de efluentes de toda a população residente na Bacia do Rio Jacaré.
- Cenário II: Considera a implantação de sistema de tratamento secundário (Lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa e de lagoa de alta taxa) em áreas urbanas e tratamento primário no restante da Bacia do Rio Jacaré.
- Cenário III: Considera a implantação de sistema de tratamento secundário (Lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa e de lagoa de alta taxa) que atende a geração de efluentes de toda a população residente na Bacia do Rio Jacaré.

2.2.6 Prognóstico da qualidade e da quantidade hídrica

A etapa de prognóstico foi formulada para o período de 2015, 2020 e 2025. Para sua elaboração, foram considerados o aumento da população e a intensificação da atividade agropecuária na bacia de estudo.

O crescimento populacional foi estimado baseado no IBGE (2008). Segundo esta projeção populacional, a taxa de crescimento da população brasileira entre os anos de 2010 a 2020 será de 0,7% ao ano, e a taxa de crescimento nos anos de 2020 a 2030 será de 0,44% ao ano. Essas taxas foram aplicadas à população da bacia de estudo identificada no Censo IBGE 2010.

Tendo em vista que a atividade agropecuária desenvolvida na região é voltada basicamente para a subsistência, adotou-se neste trabalho que o aumento da atividade agropecuária se dará na mesma taxa que o incremento populacional da região.

3. RIOS INTERMITENTES

3.1 ASPECTOS CONCEITUAIS

Corpos hídricos intermitentes são, em geral, característicos de regiões de clima árido e semiárido. A literatura apresenta várias definições para rios intermitentes, mas basicamente considera aqueles que têm seu fluxo dependente de fontes de água sazonais, como chuvas ou águas advindas de derretimento de geleiras, dependendo das características geográficas da região onde está inserido. Em períodos de estiagem, rios intermitentes têm trechos com vazão que chega a zero, já em épocas de cheias, voltam a correr e podem apresentar trechos secos alternados com trechos de fluxo de água contínuo (VILLELA, 1975). Fiuza et al (2003) consideram rios intermitentes os que tenham as suas calhas facilmente identificadas e que visualmente possa ser constatada, em condições naturais, a ausência de água, ou ainda que apresentem na sua maior parte a condição de seco mesmo que ocorram pequenos lagos não conectados no seu leito, não constituindo, todavia, uma condição lítica inerente aos corpos d'água fluviais.

Levick et al (2008) diferenciam rios intermitentes de corpos hídricos efêmeros: estes teriam seus cursos como resposta imediata às chuvas e suas calhas são sempre acima do nível das águas subterrâneas. Amaral (2011) considera rios efêmeros os rios de pequeno porte nos quais só ocorre o escoamento após um evento de chuva. Já os rios intermitentes têm curso contínuo em determinadas épocas do ano, quando recebem fontes de águas superficiais, subterrâneas, de chuvas, ou, por exemplo, de derretimento de geleiras (LEVICK et al, 2008) e, para Amaral (2011), são os que escoam durante o período (época) de chuvas. Os estados de Arizona (ARIZONA, 2008) e Kansas (EPA, 1980), nos Estados Unidos (EUA), definem rios intermitentes de maneira similar. Para estes, rios intermitentes apresentam-se acima do lençol freático e com fluxo contínuo de água em determinadas épocas do ano, quando recebem água de uma fonte de superfície, como chuvas ou derretimento de geleiras.

O estado de Idaho, também nos EUA, considera rio intermitente o córrego ou massa de água que, naturalmente, tem um período de fluxo zero em pelo menos uma semana, durante anos. E alterando a definição tradicional, considera também que, onde exista monitoramento de vazão, é considerado intermitente o trecho que possui vazão $Q_{7,2}$ (vazão

dos sete dias consecutivos mais secos no período de recorrência de dois anos) menor que 0,1 m³/s (IDAHO, 2008).

A vazão tendente a zero pode então caracterizar um rio como intermitente, uma vez que a vazão é tão baixa que não permite a utilização do recurso. Outra consideração a respeito de vazões extremamente baixas é que, de acordo com a densidade demográfica da região circunvizinha à bacia e a quantidade de seus lançamentos pontuais no corpo hídrico, a vazão representada em certo ponto pode não representar a vazão natural e sim, a vazão do lançamento de efluentes no corpo hídrico.

Os rios intermitentes possuem duas fases de perturbações hidrológicas: a seca e a cheia. Esses eventos extremos particularizam ainda mais a região árida e semiárida. As cheias ocorrem em resposta a um evento de precipitação de alta intensidade e são responsáveis pelo carregamento de sedimentos na bacia. As secas podem durar entre 1 e 11 meses no ano (BARCELÒ, SAUBATER, 2010). A seca é agravada, pois esses rios não recebem água do lençol freático, uma vez que este se encontra em nível inferior ao do leito do rio (VILLELA, 1975).

Tendo como base as definições de rio intermitente apresentadas, para o presente trabalho afirma-se que rios intermitentes são corpos d'água que possuem fluxo de água dependente de fontes naturais externas, como chuvas e geleiras, e que sua vazão em período de seca seja tendente a zero e insuficiente para assegurar usos de água prioritários na bacia.

3.2 RIOS INTERMITENTES NO BRASIL

Os rios intermitentes do Brasil ocorrem no semiárido, região que abrange 21% do território nacional e engloba os estados do Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e partes de Minas Gerais e Espírito Santo, no Sudeste. Em 2005, o Ministério da Integração Nacional (MI) delimitou a nova área do semiárido brasileiro seguindo três critérios: (i) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; (ii) índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e (iii) risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990. São 1.133 municípios que se encaixam em tais pré-requisitos e se beneficiarão de bônus de

adimplência de 25% dos recursos do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE), enquanto no restante da Região Nordeste esse percentual é de 15% (Ministério da Integração Nacional, 2005).

O semiárido brasileiro é extremamente complexo devido à amplitude térmica anual mínima (entre 25 e 30 °C), alta evapotranspiração, períodos de seca que variam de 1 a 11 meses e alto povoamento (MALTCHIK, 1999). Não possui alta capacidade de produção de água subterrânea; essa característica se dá pela baixa pluviosidade, alta evapotranspiração e baixa capacidade de armazenamento, uma vez que em grande parte da região os solos são rasos e o substrato é cristalino (TUCCI et al, 2003). A água subterrânea apresenta papel secundário na manutenção de córregos e rios nessa região (MALTCHIK, MEDEIROS, 1999).

O semiárido brasileiro apresenta três fases hidrológicas (MALTCHIK, MEDEIROS, 1999). (i) Reumedecimento: início das enchentes na estação chuvosa formando pequenos córregos; (ii) Fase Úmida: fluxo superficial contínuo que pode ser de semanas (para pequenos córregos) ou meses (rios maiores), ocorrendo em anos chuvosos; e (iii) Fase Seca: ausência de chuvas.

Assim como em outros climas, os períodos chuvosos e os secos no semiárido não são uniformes, tanto em duração como em intensidade. Existem anos chuvosos com índices pluviométricos mais altos ou mais baixos que a média e existem períodos de seca extrema ou mais amena.

Os rios intermitentes possuem ecologia própria e o conhecimento mais aprofundado de sua hidrologia e da qualidade hídrica é essencial para a manutenção de seu ambiente. As espécies que vivem em áreas de rios intermitentes são dependentes desses regimes hídricos sazonais. Na Bacia do Rio Taperoá, região semiárida paraibana, comunidades de perifíton, macrófitas, macroinvertebrados e peixes sofrem grande influência das perturbações hidrológicas em seu funcionamento (MALTCHIK, 1999). Essas comunidades tendem a se expandir ou desaparecer dependendo do período hidrológico.

3.3 QUALIDADE DE ÁGUA EM RIOS INTERMITENTES

A escassez hídrica em regiões semiáridas torna essencial o uso da água disponível em rios intermitentes, levando muitas vezes ao seu uso em condições qualitativas impróprias.

Os principais problemas relacionados à qualidade de água no Nordeste são salinização dos corpos hídricos, formações cristalinas normalmente salinas, elevados índices de turbidez, assoreamento em importantes bacias e processo crescente de poluição dos recursos hídricos causado principalmente por esgotos domésticos, industriais, matadouros, lixo, fertilizantes químicos e agrotóxicos (VIEIRA, 1996). Os problemas relacionados à qualidade variam de acordo com a região, tipo de ocupação do solo e fontes de poluição. Em locais com baixa densidade demográfica e vocação agrícola, o problema do lançamento pontual de esgoto sanitário se torna menos importante do que a poluição difusa e agrícola, por exemplo.

Sobral et al (2005) realizaram estudo no Rio Ipojuca em Pernambuco a fim de monitorar a qualidade de água em rios intermitentes de modo a representar as fontes poluidoras e seu potencial de poluição. É enfatizada no estudo a necessidade de se avaliar a qualidade de água natural do corpo hídrico, bem como a do controle dos esgotos domésticos e efluentes industriais lançados no rio. No Rio Ipojuca, como em outros casos brasileiros, os locais e a frequência de amostragem não são ótimos para que se possa caracterizar e avaliar as fontes poluidoras. Não obstante as deficiências apontadas, pontos de coleta localizados a jusante de indústrias sucroalcooleiras da região revelam uma dependência na qualidade da água em função do período do ano. Ou seja, os valores de pH, Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) apresentam no decorrer do ano valores piores no período seco e valores melhores no período da chuva, evidenciando a necessidade do controle de efluentes principalmente em períodos secos do ano.

O monitoramento hidrológico nos corpos hídricos se faz essencial ao processo de gestão. No entanto, no Brasil este processo ainda é ineficiente, especialmente no semiárido. Existem diversas variáveis indicadoras de qualidade hídrica, no entanto faltam recursos para monitorá-las em sua totalidade e nem todas se aplicam a todas as bacias, tendo em vista que o monitoramento deve refletir as substâncias que interferem na qualidade de cada bacia. Nesse sentido, Oliveira et al (2010) identificaram parâmetros de qualidade relevantes para o semiárido brasileiro. A escolha dos parâmetros leva em conta as fontes potenciais de poluição, a identificação dos usos da água no trecho hídrico analisado e a coleta das amostras de água e sedimento. Foram definidos 17 parâmetros de maior importância para rios intermitentes: cor, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), cloreto, OD, DBO, pH, nitrato, fosfato, alumínio, cobre, ferro, manganês, níquel, chumbo, e coliformes termotolerantes. Devido às altas taxas de evapotranspiração e à constituição do solo, a salinidade deve ser prioritariamente determinada em áreas semiáridas devido a seu efeito limitador do uso.

Nos Estados Unidos, o *Clean Water Act* (CWA) protege todas as águas dos EUA incluindo as águas de trechos intermitentes, porém os padrões de qualidade (*Water quality standards* -WQS) são definidos primariamente por cada estado. A competência federal é de estabelecer normas nacionais para redução da poluição e os limites de lançamento de efluentes, enquanto os estados implementam ações e as executam. Cabe aos estados definir os padrões de qualidade de água (*Water Quality Standards* – WQS) dos corpos de água em conformidade com o CWA. O WQS deve ser aprovado pela *Environmental Protect Agency* (EPA) ou, caso o estado submeta à EPA alguns WQS que não estejam em conformidade com o CWA, a EPA deve estabelecer os WQS para o referido estado (VEIGA, MAGRINI, 2009). Os padrões de qualidade de águas interestaduais são definidos pela EPA (EPA, 1980).

A EPA estabelece os critérios nacionais de qualidade de água recomendados para a proteção da vida aquática e para a saúde humana nas águas superficiais para cerca de 150 poluentes (EPA, 2011). Esses critérios servem de base para os estados adotarem seu WQS. Os WQS são constituídos de três elementos: o uso designado para o corpo hídrico, o critério de qualidade da água necessário para proteger o uso e a política de antidegradação (EPA,1980). A definição do uso para os corpos hídricos é de competência estadual, levando em consideração a demanda e o valor da água para assegurar o abastecimento público, a propagação de peixes e de fauna selvagem, os fins recreacionais, a agricultura, a indústria e a navegação (VEIGA, MAGRINI, 2009). Como os critérios de qualidade e uso da água são definidos por cada estado, os rios intermitentes poderão ter padrões de qualidade e definições diferentes para cada estado.

No estado de Wyoming, os corpos hídricos intermitentes não podem ser enquadrados na classe 1, a mais restritiva. Eles podem ser enquadrados na classe 2 (que deve assegurar a existência de peixes e o consumo humano); na classe 3 (que deve assegurar o abrigo de vida aquática, recreação, agricultura e valor paisagístico) e na classe 4 (que deve assegurar o abrigo de vida aquática, recreação, agricultura, valor paisagístico e industrial). Nos estados de Arizona e Wyoming, caso a vazão do corpo hídrico seja tão baixa que impeça o uso da água, o administrador da qualidade de água pode reduzir a classificação, remover o uso designado ao corpo hídrico, estabelecer subcategorias de uso ou ainda estabelecer critérios específicos por meio de uma Análise de Viabilidade (IDAHO 2008; WYOMING, 2006).

Em Idaho, os padrões de qualidade numéricos só podem ser aplicados nos rios intermitentes durante períodos em que a vazão suporte o uso designado. Para o lazer, o fluxo ideal é igual ou superior a 5 m³/s e para a vida aquática é igual ou superior a 1 m³/s. E os

níveis de qualidade do rio intermitente ou de baixo fluxo podem ser alterados, mas a legislação não discorre a respeito da suspensão do uso.

O despejo de efluentes ou o TDML deve ser reanalisado caso esteja prejudicando os corpos hídricos a jusante de rios intermitentes ou efêmeros (ARIZONA, 2008).

Em Wyoming e no Colorado, os efluentes, desde que não prejudiquem o ambiente ou o uso, podem ser contabilizados como vazão do rio para o uso.

A gestão de recursos hídricos e seu instrumento de enquadramento de corpos hídricos se tornam fundamentais para o atendimento de índices de qualidade de água compatíveis com os usos preponderantes da bacia em diferentes períodos hidrológicos.

4. GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

A Revolução Industrial e a conseqüente urbanização modificaram a demanda de água das sociedades, tanto em meio urbano como rural. A água, antes vista como recurso abundante, já não consegue mais atender os múltiplos usos a que se destina, tendo em vista demandas elevadas e concentradas.

No Brasil, a abundância do recurso água negligenciou e subestimou os efeitos da superexploração e da falta de investimentos em infraestrutura hídrica. Embora o País apresente 11% da quantidade de água doce disponível no mundo (TUCCI et al, 2003), sua distribuição não é equitativa. A Região Norte detém 68% da disponibilidade hídrica brasileira, enquanto o Nordeste possui apenas 3%. Por outro lado, a Região Norte apresenta menos de 8% da população brasileira e a Região Nordeste, mais de 28% da população do País (IBGE, 2007).

Os desafios na área hídrica se apresentam em diversificadas facetas, como a escassez, o atendimento a níveis de qualidade e as cheias; o enfrentamento desses problemas em face de uma sociedade complexa exige a consolidação de uma nova área de pesquisa e de ação, a Gestão das Águas.

O termo gestão das águas se refere à gestão do elemento natural e não da parcela desse elemento que pode ser considerada recurso, no caso, o recurso hídrico (LANNA, 2001). A gestão das águas está inserta e inter-relacionada com a gestão ambiental, sendo voltada à formulação de princípios e diretrizes, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisão objetivando o inventário, uso, controle, proteção e conservação das águas. A gestão das águas articula perspectivas distintas, porém complementares, da gestão do ambiente e da gestão dos recursos hídricos e deve buscar um equilíbrio entre uma visão preservacionista e outra mais utilitária, cabendo, portanto a cada sociedade encontrar seu ponto de equilíbrio (PORTO & LOBATO, 2004). A gestão de recursos hídricos, no entanto, se apropria da água enquanto recurso e trata da gestão da alocação e do uso da água.

Já o gerenciamento de recursos hídricos trata da aplicação de instrumentos legais e metodológicos para o preparo e a execução do planejamento no que tange à oferta e ao uso dos recursos. O gerenciamento está relacionado com o contexto socioeconômico, natural, político, legal, institucional e administrativo dos recursos (LANNA, 2001).

4.1 BREVE HISTÓRICO DA GESTÃO DAS ÁGUAS NO BRASIL

A gestão da água no Brasil teve sua primeira tentativa em 1934 com o Código das Águas. Esse documento de caráter inovador para a época introduziu a discussão sobre conceitos comuns ao moderno gerenciamento de recursos hídricos, como alocação, o conceito de outorga de direito de uso da água, cobrança pelo uso da água e já previa ser ilícita a contaminação de águas. Nesse documento, a dominialidade das águas poderia ser de propriedade particular ou pública de uso comum. As águas situadas em zonas periodicamente assoladas pelas secas, objeto de estudo do presente trabalho, já eram tratadas no Código e também são consideradas águas públicas de uso comum.

O Código, no entanto não chegou a ser regulamentado, salvo a parte condizente ao setor elétrico. Isto se deve ao contexto histórico de fomento industrial no Brasil alavancado por Getúlio Vargas. O uso da água para a geração de energia elétrica foi considerado prioritário para suprir as necessidades da fase desenvolvimentista brasileira.

Embora não regulamentado em sua totalidade, o Código das Águas de 1934 demonstra que a essencialidade do recurso água para a vida das espécies passa também a ser disputa de interesses econômicos e políticos. Logo, a questão de alocação e uso da água começa a ganhar espaço não somente na área técnica, mas também na política.

A década de 1970 traz o surgimento dos movimentos ambientalistas, que atentam para a crise ambiental e a finitude dos recursos naturais, dada a crescente demanda. Na questão hídrica, a mobilização internacional se inicia com a Conferência das Nações Unidas de Mar de Plata, na Argentina, em 1972, que buscou discutir a eficiência e o planejamento no uso da água e controle de poluição (RIBEIRO, 2008).

No Brasil, a década de 1970 foi marcada pelo milagre econômico. As altas taxas de crescimento econômico impulsionavam a exploração de recursos naturais como a água e seus grandes usos para a indústria, para irrigação e para grandes ocupações, culminando em discussões significativas sobre a alocação desse recurso, qualidade e usos prioritários.

Desde 1934, o Ministério de Minas e Energia regulava sobre as questões hídricas no Brasil. Dadas as crescentes demandas de água de outros setores econômicos, em 1976 foi estabelecido um acordo entre o Ministério de Minas e Energia e o Governo do Estado de São Paulo para a melhoria das condições sanitárias das Bacias do Alto Tietê e de Cubatão. O êxito dessa experiência fez que em 1978 fosse criado o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH) (PORTO; PORTO 2008). Nesse comitê, outros órgãos e

Ministérios do Estado dividiriam a regulação dos recursos hídricos. Nesse momento, o Estado admite a complexidade da questão hídrica, seus múltiplos usos e interesses, ainda que o compartilhamento de decisões no comitê só abrangesse a esfera pública.

Em 1983, foi promovido pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e CEEIBH, o seminário internacional de gestão de recursos hídricos. Representantes de França, Inglaterra, Alemanha apresentaram os sistemas de seus países e iniciaram no País um processo de reflexões e análises voltadas ao aprimoramento do gerenciamento de recursos hídricos no Brasil. Seguiram-se diversos encontros de órgãos gestores de recursos hídricos em diversas capitais brasileiras os quais discutiram, com ampla participação de técnicos e representantes de entidades públicas, alternativas a serem propostas. Papel relevante teve o DNAEE na promoção de cursos sobre gerenciamento de recursos hídricos e a Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) na realização de discussões técnicas e divulgação de experiências (LANNA, 2008).

Essa movimentação e discussão podem ser percebidas na formulação, pela ABRH, de documentos como a Carta de Salvador (1987) e a Carta de Foz do Iguaçu (1989), que trouxeram a necessidade de um Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, tendo em vista seus usos múltiplos e a necessidade de associação de critérios de qualidade hídrica aos de quantidade.

Como resultado desse processo, houve a inserção da questão hídrica na Constituição Federal de 1988. Esta trouxe duas mudanças importantes no campo da gestão hídrica: (i) É extinto o domínio privado da água. As águas passam a ser bem da União e dos estados; e (ii) Compete à União instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e critérios para a outorga e direito de uso. Esse inciso foi posteriormente regulado pela Lei Federal 9.433/1997.

Além das disposições especiais sobre a água, a Constituição traz em seu Capítulo VI, referente ao Meio Ambiente, no artigo 225 que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

A responsabilidade compartilhada entre o Estado e a sociedade perante um ambiente sadio é definida. Cabe a todos sob ordenação do Estado preservar o meio ambiente para as atuais e futuras gerações. Brinckmann (2006) atenta para a importância do Estado no processo

de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, como tutor, regulador e fiscalizador, de maneira a zelar pelos interesses comuns das gerações atuais e futuras.

Após a Constituição Federal de 1988, os estados brasileiros, em suas respectivas Constituições Estaduais, incluem os sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos, como a Constituição Estadual de São Paulo, de 1989, em seu artigo 205, e a Constituição Estadual de Sergipe, de 1989, em seu artigo 239. A discussão sobre gestão hídrica é então deflagrada no âmbito dos estados.

Em 1992, a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente de Dublin trata da escassez e do mau uso das águas doces, os quais afetam o desenvolvimento sustentável, e aponta que o gerenciamento de recursos hídricos só pode ser eficaz por meio de comprometimento político e do envolvimento dos níveis mais altos de governo até as menores comunidades. Esta conferência resultou na formulação de quatro princípios:

1 – A água potável é recurso vulnerável e finito, essencial para a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente.

2 – O manejo da água deve ser baseado em uma abordagem participativa, envolvendo usuários, planejadores e criadores de políticas em todos os níveis.

3 – As mulheres têm parte central na provisão, no manejo e na salvaguarda da água.

4 – A água tem valor econômico em todos os seus usos e deve ser reconhecida como bem econômico.

Os Princípios de Dublin bem como a Agenda 21 demonstram o início do diálogo da comunidade mundial sobre a necessidade de preservação ambiental e, mais especificamente, da água, da qual tratam os Princípios de Dublin. Esses desafios deixam de ser encarados sob uma perspectiva local e ganham escala global. Isto se dá cada vez mais com a conscientização de que os riscos nas sociedades contemporâneas se dão em grandes magnitudes e extrapolam o conceito de Estados nacionais (BECK, 2006).

Respondendo à nova necessidade, a Lei Federal 9.433 de 08/01/1997 avança em matéria de recursos hídricos no País e se destaca no cenário mundial sobre a legislação no assunto. Ela institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A lei 9.433/97 reconhece a água como recurso, já que possui valor econômico e enfrenta escassez. O uso múltiplo das águas deve ser estimulado e a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. A unidade de gestão de recursos hídricos é a bacia hidrográfica.

Para que a efetivação do gerenciamento dos recursos hídricos ocorra, são propostos no art. 5 da Política Nacional de Recursos Hídricos alguns instrumentos, a saber:

I - os Planos de Recursos Hídricos;

Os Planos de Recursos Hídricos são planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos. Os planos apresentam horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e podem ser elaborados por bacia hidrográfica, por estado e para o País.

II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;

O enquadramento tem por objetivo definir metas de qualidade hídrica de acordo com o uso prioritário que a água assume na bacia em questão. Cada classe de enquadramento apresenta limites para as variáveis indicativas de qualidade hídrica a fim de monitorar seu atendimento e planejar as ações de despoluição. Trata-se de um instrumento que atrela aspectos de qualidade e quantidade hídrica e que está diretamente relacionado a questões de zoneamento das cidades.

III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;

Tendo em vista que a Constituição Federal de 1988 estabelece que os recursos hídricos brasileiros são de domínio da União e dos estados, o instrumento de outorga tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos ao seu acesso. São sujeitos à outorga a captação, o lançamento e outros usos que alterem o regime ou as condições qualitativas ou quantitativas dos recursos hídricos, o uso para fins de aproveitamento de potenciais hidroelétricos e a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo.

IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

A cobrança pelo uso de recursos hídricos tem como objetivos estimular o uso racional da água e gerar recursos financeiros para investimentos na recuperação e na preservação dos mananciais das bacias. No Brasil, o pagamento pelo uso da água iniciou-se efetivamente em março de 2003, na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Em janeiro de 2006, a bacia hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí foi a segunda bacia a implementar a cobrança, seguida pela Bacia do Rio São Francisco, em julho de 2010 (ANA, 2010).

V - a compensação a municípios;

O instrumento compensação a municípios teve seus parágrafos vetados em sua íntegra.

VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, cabe à ANA organizar e implementar o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Esse instrumento foi chamado pela ANA de Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH); trata-se de uma ferramenta computacional integrada, voltada para a disponibilização de informações consistentes sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos, atualizando permanentemente informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos e fornecendo subsídios para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos (SOUSA et al, 2007).

Embora os instrumentos estejam previstos na Lei, a utilização deles e a implementação em sua totalidade são facultativas. Cada bacia vai definir o que é condizente com sua realidade e que instrumentos cabem ao seu Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, podendo incluir outros instrumentos que não os constantes na Política Nacional de Recursos Hídricos.

A gestão hídrica sustentável precisa ser pensada em cada região individualmente sob a óptica de suas peculiaridades, e é dependente de instrumentos e ferramentas capazes de gerar subsídios para que os anseios da sociedade sejam atendidos. Esses anseios devem respeitar as limitações do ambiente assegurando assim a disponibilidade hídrica em conformidade com padrões de qualidade e quantidade para futuras gerações.

Os instrumentos de gestão possuem objetivos distintos, por exemplo, a outorga se apresenta como um instrumento de disciplinamento, já o enquadramento e o plano de bacias têm um caráter de planejamento. E justamente por serem distintos e apresentarem vantagens e desvantagens diferentes, os instrumentos de gestão são complementares e devem ser aplicados conjuntamente. Há necessidade de que os instrumentos sejam pensados e formulados conjuntamente e que seus objetivos se complementem para uma maior eficácia.

O aprimoramento do arcabouço jurídico-institucional teve como objetivo promover um processo de gestão hídrica mais participativo, justo e eficiente, surgindo assim a possibilidade de que a realidade e as necessidades regionais sejam contempladas.

No Brasil, a gestão hídrica se dá através do recorte territorial em bacias hidrográficas. Uma vez que as bacias englobam diferentes áreas administrativas, há a necessidade de que a gestão da administração pública, órgãos de saneamento, instituições ligadas à atividade

agrícola, gestão ambiental, entre outros, sejam compartilhados (PORTO & PORTO, 2008). Aqui se dá um dos grandes desafios da gestão hídrica, a superação dos interesses de cada unidade administrativa e de seus atores envolvidos em prol do sucesso da implementação da gestão das águas. Esse sucesso é alcançado pela busca participativa de consensos e constante avaliação do Plano da bacia.

4.2 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Historicamente a problemática do semiárido brasileiro com a questão hídrica se dá com a escassez do recurso água. As secas que assolam a região têm registros históricos desde o século XVI. A Companhia de Jesus do Brasil fez relato histórico de uma grande seca ocorrida na Bahia em 1559 (GUERRA, 1981). A partir do século XIX, no entanto, as informações sobre as secas que assolam o Nordeste são mais precisas e seguras. A assistência do governo à população nesse período se dava na forma de distribuição de esmolas e construção de obras a fim de empregar a mão de obra carente. A história das secas no Nordeste brasileiro é marcada por fome, disseminação de doenças e mortes.

Em 1877, motivado pela grande seca ocorrida naquele ano, o Governo Imperial cogitou pela primeira vez ações definitivas de necessidade da água suficiente à população, aos animais e ao estabelecimento de sistemas de irrigação. Desde então, ainda que com interrupções, muitos planos foram traçados, executados e recursos foram despendidos a fim de combater o efeito das secas.

Guerra (1981) relata que no período da República, em 1909, sob o mandato presidencial de Nilo Peçanha, o decreto 7.619 criava uma Divisão especial do então Ministério da Viação, a Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS). Surge um marco no tratamento das secas na Região Nordeste. O IOCS tinha a missão de centralizar e unificar os serviços nas áreas acometidas pelas secas. A Inspetoria deu grande ênfase a estudos de caracterização da região, como topográficos e de clima, porém obras como perfuração de poços e açudes também foram realizadas.

Em 1919, a Inspetoria teve seu nome alterado para Inspetoria Federal de Obras contra as Secas (IFOCS). No ano seguinte, é criada a Lei Federal 3.965 que autorizava a construção de obras necessárias à irrigação de terras cultiváveis no Nordeste brasileiro. Iniciou-se então um período frenético de obras. O então presidente Epitácio Pessoa, que era natural do Nordeste,

aumentou o fluxo de verbas para a região. Porém, com o fim de seu mandato, as verbas foram severamente reduzidas e as obras foram abandonadas.

As obras retornaram em 1932 com Getúlio Vargas e em 1936 o polígono das secas é pela primeira vez traçado.

Em dezembro de 1945, o IFOCS se transforma no Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS), nome que tem até os dias atuais. Cabe ao DNOCS parte da execução, operação e manutenção de projetos no campo da irrigação no Nordeste. Velloso (2000) periodiza as atividades do IOCS, IFOCS e DNOCS (até 1999) de acordo com suas fases (Tabela 1).

PERÍODO	FASES	ATIVIDADES PRINCIPAIS	
IOCS	1909-1919	Hidráulica (Científica)	Estudos e reconhecimento dos recursos naturais.
IFOCS	1920-1945	Hidráulica (Politécnica de Engenharia)	Obras hidráulicas (poços e açudes) e infraestrutura (rodovias e portos).
DNOCS	1946-1970	Hidrotécnica	Intensificação das obras hidráulicas e de infraestrutura energética.
	1971-1999	Hidroagrícola	Aproveitamento hídrico (abastecimento, piscicultura e agricultura irrigada).

Tabela 1 - Periodização das fases do IOCS, IFOCS e DNOCS. Fonte: Baseado em (VELLOSO, 2000).

As ações voltadas aos recursos hídricos, historicamente, no Nordeste semiárido brasileiro se iniciam em forma de criação de infraestrutura hidráulica e políticas de assistencialismo e tais ações são marcadas por interesses políticos regionais, dificultando a continuidade delas e o planejamento acerca do provimento de água. Havia naquele momento uma luta contra a seca e não o planejamento regional em prol de atividades duradouras de provimento e vivência com a escassez. A necessidade da garantia ao acesso à água é crucial para a sobrevivência da população e a questão da qualidade hídrica é tida como acessória neste momento.

A SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste foi criada em 1960 e deveria coordenar o DNOCS e a Comissão do Vale do São Francisco. A SUDENE conseguiu alguns incentivos fiscais a projetos industriais de interesse ao desenvolvimento do Nordeste, porém beneficiou alguns empresários que tinham interesse em dedução no Imposto de Renda

(GUERRA, 1981). A SUDENE também teve grande importância na formação de profissionais especializados para atuação na área de recursos hídricos na região, uma vez que elaborou, com a participação de empresas estrangeiras da França, de Israel, de Portugal e da Espanha, planos de aproveitamento hidroagrícola dos potenciais hidráulicos, nos quais estavam inseridas novas técnicas para a realização de estudos hidrológicos de reservatórios (AMARAL, 2011).

Guerra (1981) relata que a partir da década de 1970 grandes esforços se conjugaram a fim de vencer o longo período perdido.

Nos últimos anos, grandes projetos têm sido desenvolvidos a fim de minimizar o problema da escassez de água doce no semiárido brasileiro, considerando critérios qualitativos e quantitativos, como o Proágua semiárido (convênio entre a Secretaria de Recursos Hídricos, o Ministério do Meio Ambiente, a EMBRAPA e o Banco Mundial). Em 2008, foi desenvolvido o Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido a fim de diminuir as desigualdades desta região para com o resto do País e prover a quantidade hídrica em qualidade necessária ao desenvolvimento da população.

A partir da década de 1990, a de gestão dos recursos hídricos no Brasil tem evoluído para a formação de políticas que integram a gestão da água. A Lei Federal 9.433/97 evidencia a necessidade do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá referências aos Sistemas de Gerenciamento de Recursos Hídricos que serão formulados a partir de então. Antes mesmo da aprovação desta lei conhecida como “Lei das Águas”, alguns estados do Nordeste já tinham regulamentação sobre seu Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, como Ceará, Sergipe e Bahia. No entanto, depois da aprovação da Lei 9.433/97, houve algumas modificações a fim de que os Sistemas Estaduais de Gerenciamento Hídrico fossem condizentes com a legislação federal.

Souza Filho (2012) atenta que diferentes políticas públicas com base em uma solução tecnológica específica passaram pelo semiárido, como por exemplo, a pequena açudagem, os poços com dessalinizadores e as cisternas. Essas políticas frequentemente não estão baseadas em uma visão integrada do território e promovem uma solução homogênea para um espaço dinâmico e heterogêneo. Há necessidade da formulação de uma política que integre alternativas de abastecimento adequadas para os diferentes espaços, juntamente com uma cesta de tecnologias de abastecimento e de modelos gerenciais que produzam solução sustentável do ponto de vista técnico, financeiro, administrativo e social. Neste sentido, a lei 9.433/1997 é um vetor importante na gestão dos recursos hídricos, possibilitando que práticas

assistencialistas e clientelistas migrem para práticas democráticas e participativas, levando-se em conta a diversidade de cada bacia hidrográfica.

4.2.1 A gestão hídrica do estado de Sergipe

A identificação do arcabouço legal referente aos recursos hídricos no estado de Sergipe objetiva levantar aspectos relevantes ao sistema de gerenciamento de recursos hídricos com foco no enquadramento dos corpos hídricos, objeto de estudo deste trabalho.

A Constituição Estadual de Sergipe, de 1989, no artigo 239 define a responsabilidade do estado em formular seu Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos são instituídos pela Lei nº 3.870 de 25 de setembro de 1997, que traz a água como recurso dotado de valor econômico essencial à vida e ao desenvolvimento econômico e social de Sergipe, atrelado a um meio ambiente equilibrado. Prevê princípios de gerenciamento participativo e descentralizado dos recursos hídricos, bem como a indissociação entre aspectos qualitativos e quantitativos.

São instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos:

I - o Plano Estadual de Recursos Hídricos;

O plano de recursos hídricos para o estado de Sergipe tem como principal objetivo o estabelecimento de diretrizes, metas, programas e projetos para a gestão dos recursos hídricos, nos quais serão ajustadas as demandas e as disponibilidades hídricas do estado, visando atingir o equilíbrio no fornecimento de água. Esse plano está sendo elaborado em cinco fases pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH, com apoio do Governo Federal, por meio da Agência Nacional de Águas. As cinco fases do plano englobam: Atividades Preliminares (etapa já concluída), Avaliação Integrada dos Recursos Hídricos, Previsão e compatibilização do uso da água, Definição de mudanças necessárias e Conclusão e Elaboração do Projeto de Lei; essas quatro últimas fases ainda estão em processo de revisão.

II- o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;

Dentro das Atividades Preliminares previstas para a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado de Sergipe, ocorreu a “Revisão e Enquadramento de Corpos

d'água" do estado. O documento, elaborado em novembro de 2009, traz o enquadramento de corpos hídricos da região de acordo com a Resolução CONAMA Nº 357 de 2009.

III - o Fundo Estadual de Recursos Hídricos;

Com recursos advindos da União, do estado e dos municípios, da arrecadação proveniente do aproveitamento de petróleo ou dos recursos hídricos, entre outros, o Fundo Estadual de Recursos Hídricos no estado de Sergipe (FUNERH) tem por objetivo dar suporte financeiro a programas e ações, prioritariamente decorrentes dos planos de recursos hídricos, que promovam a racionalização do uso dos recursos hídricos no território sergipano e a melhoria, quanto aos seus aspectos quantitativo e qualitativo. O decreto nº 19.079, de 5 de setembro de 2000, dispõe sobre a regulamentação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos-FUNERH.

IV - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;

A outorga de uso de recursos hídricos no estado de Sergipe é regulamentada pelo Decreto nº 18.456 de 1999 e a Resolução nº 1 de 19 de abril de 2001 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH/SE, que dispõem sobre os critérios para a Outorga de Uso de Recursos Hídricos, enquanto não forem elaborados e aprovados os Planos Diretores de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas que compõem o estado de Sergipe. De acordo com esta Resolução, até que as vazões de referência sejam estabelecidas com maior previsão nos Estudos de Disponibilidade de Água e Demanda de Recursos Hídricos, deve ser adotada como vazão de referência a $Q_{90\%}$ (vazão assegurada em 90% do ano hidrológico), para cada Unidade de Planejamento. Nas outorgas de direito de uso de água para as derivações ou captações em um corpo hídrico superficial, deve ser prevista uma vazão ambiental para jusante equivalente a 10% da $Q_{90\%}$.

A outorga de recursos hídricos deve observar, entre outros itens, a classe a que o corpo hídrico é enquadrado. O volume de água outorgado pode variar sazonalmente, em função das características hidrológicas do corpo hídrico e da necessidade de uso da água.

V - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos no estado de Sergipe ainda não está implementada. Apenas na Bacia do Rio São Francisco, que abrange parte do estado de Sergipe, há cobrança pelo uso da água.

VI - o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SIRHSE).

O SIRHSE reúne informações referentes ao cadastro de usuários de água, monitoramento de qualidade e quantidade de água da rede implantada, mapas, diagnóstico da situação dos recursos hídricos, estudos referentes ao tema, entre outros.

Em 25 de junho de 1999, pelo decreto nº 18.099, foi constituído o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH-SE. O CONERH-SE tem entre suas atribuições: promover a articulação do planejamento de recursos hídricos nos diversos níveis; aprovar o Plano Estadual de Recursos Hídricos; atuar como instância de recurso nos conflitos existentes entre os usuários das bacias hidrográficas; estabelecer critérios gerais para cobrança e outorga pelo uso da água; aprovar proposta de criação de comitês de bacia; e analisar e manifestar-se sobre propostas de alteração da legislação de recursos hídricos.

5. O ENQUADRAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS COMO FERRAMENTA DE GESTÃO

A realização deste trabalho foi motivada porque os textos legais que se referem ao enquadramento não deixam claras as metodologias a serem seguidas para a formulação de suas propostas. Entende-se que as ferramentas de gestão de recursos hídricos devem ser flexíveis o suficiente para contemplar diferentes realidades. Além disso, o enquadramento exige ferramentas técnicas que abrangem variadas áreas, uma vez que concernem aspectos hídricos qualitativos e quantitativos, uso e planejamento do solo, estratégia de investimento de recursos, participação da sociedade, questões políticas, entre outras. Essa necessidade técnica evidente, no entanto, não se tem refletido na forma como os enquadramentos têm sido formulados. Variadas vezes o enquadramento é formulado de acordo com a expectativa de qualidade de água para determinada bacia, sem a devida profundidade de análise.

O enquadramento dos corpos de água em classes segundo seu uso preponderante é um dos instrumentos do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos arrolados na Lei Federal 9.433/1997 que cria a Política Nacional de Recursos Hídricos. Esse instrumento estabelece metas de qualidade para trechos hídricos a fim de assegurar qualidade compatível aos usos a que se destinam. É uma importante ferramenta que congrega questões qualitativas e quantitativas, pois o enquadramento estabelece seus objetivos de qualidade hídrica atrelados a uma vazão de referência.

O enquadramento dos corpos de água em classes segundo seus usos preponderantes visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

As águas brasileiras, segundo a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005, que hoje estabelece os critérios para o enquadramento, são classificadas em doces (salinidade < 0,05%), salobras (salinidade entre 0,05% e 3%) e salinas (salinidade > 3%). O enquadramento se dá em treze classes de qualidade de acordo com seu uso preponderante (Tabela 2), considerando a bacia hidrográfica como unidade de gestão.

CLASSE		USO
ÁGUAS DOÇES	Especial	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; • À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; • À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
	1	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; • À proteção das comunidades aquáticas; • À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; • À irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas; • À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
	2	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; • À proteção das comunidades aquáticas; • À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; • À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins e campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; • À aquicultura e à atividade de pesca.
	3	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; • À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; • À pesca amadora; • À recreação de contato secundário; • À dessedentação de animais.
	4	<ul style="list-style-type: none"> • À navegação; • À harmonia paisagística.
ÁGUAS SALINAS	Especial	<ul style="list-style-type: none"> • À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; • À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
	1	<ul style="list-style-type: none"> • À proteção das comunidades aquáticas; • À recreação de contato primário; • À aquicultura e à atividade de pesca.
	2	<ul style="list-style-type: none"> • À pesca amadora; • À recreação de contato secundário.
	3	<ul style="list-style-type: none"> • À navegação; • À harmonia paisagística.
ÁGUAS SALOBRAS	Especial	<ul style="list-style-type: none"> • À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; • À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
	1	<ul style="list-style-type: none"> • À proteção das comunidades aquáticas; • À recreação de contato primário; • À aquicultura e à atividade de pesca; • Ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; • À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer.
	2	<ul style="list-style-type: none"> • À pesca amadora; • À recreação de contato secundário.
	3	<ul style="list-style-type: none"> • À navegação; • À harmonia paisagística.

Tabela 2 – Classes de água de acordo com seu uso. Fonte: Baseada na Resolução CONAMA 357/2005.

O enquadramento está, portanto, atrelado ao uso que se dá para a água. Ao se definir o uso prioritário de água da bacia e sua respectiva classe, automaticamente se elegem os objetivos de qualidade e os critérios ambientais a serem alcançados (PORTO, 2002).

Uma vez que os usos de água são variados, e um mesmo trecho hídrico é capaz de suportar diversos usos de água, o objetivo da qualidade hídrica deve ser definido pelo uso que exige a condição de qualidade e quantidade mais restritiva para o corpo hídrico. Os níveis suportáveis de presença de elementos potencialmente prejudiciais são definidos baseados no uso de água mais restritivo. Tendo em vista que os usos da água e as características hidrológicas de um corpo hídrico podem não ser uniformes, o enquadramento se dá por trecho e um mesmo corpo hídrico pode ter mais de uma classe de enquadramento.

O enquadramento dos corpos de água em classes não é realizado necessariamente no estado atual do corpo hídrico, mas sim nos níveis de qualidade que ele deveria atingir para o seu uso desejado ou habitual. Para o atendimento dos objetivos finais de enquadramento, podem ser estipuladas metas intermediárias progressivas de qualidade hídrica. Metas intermediárias são como “degraus” a serem percorridos para que se alcance a qualidade necessária ao uso de água que determinada bacia exige. A vantagem da utilização de metas progressivas de qualidade se dá pela possibilidade de planejamento de ações de despoluição e demais alterações necessárias à bacia. Estipular metas de qualidade únicas e extremamente distantes da realidade atual da bacia pode gerar gastos excessivos, que pouco agregam na resolução dos problemas e pode também ocasionar o enfraquecimento do instrumento de gestão, tendo em vista a dificuldade de atingir as metas estipuladas. Ao passo que as metas intermediárias tornam os resultados realistas, notórios e auxiliam nas etapas de planejamento da bacia, contribuindo para se alcançar os objetivos do enquadramento.

O enquadramento não tem por objetivo a simples classificação dos corpos hídricos ou metas de qualidade a serem alcançadas. Mais do que isso, esse instrumento tem caráter planejador e deve ser encarado em conjunto com os demais processos decisórios da bacia. O uso e ocupação do solo no entorno da bacia, por exemplo, reflete-se diretamente na qualidade hídrica dela e é fator essencial para o processo de enquadramento. Além disso, os objetivos a serem atingidos com a classificação e o enquadramento das águas orientam os processos de decisão de outorgas, uso da água, a cobrança, os planos da bacia e a qualidade ambiental dela.

O enquadramento hídrico é, portanto, um elo importante entre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) (ANA, 2009).

O enquadramento amplia o planejamento tradicional do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, permitindo, e fazendo-a essencial à sua formulação, a participação da sociedade. Dentro desta perspectiva, os atores da bacia constroem consensos quanto aos usos de água e seus respectivos objetivos de qualidade. O gerenciamento de recursos hídricos, em face aos desafios que se colocam em uma sociedade de múltiplos e grandes usos, tem no enquadramento um instrumento de garantia de qualidade hídrica associado ao planejamento da bacia e sustentado por pactos entre a sociedade (PORTO e LOBATO, 2004).

O enquadramento deve ser apreciado como ferramenta estratégica na gestão hídrica uma vez que integra disponibilidade, qualidade e usos de água. Com a definição de critérios claros de qualidade da água e controle de níveis de poluição, os gastos com tais procedimentos tendem a ser menores, uma vez que os objetivos a serem alcançados estão alinhados e levam em consideração a realidade atual e almejada para a bacia. Salienta-se a necessidade do caráter participativo desse instrumento tanto para a definição de benefícios como para a repartição do ônus entre a sociedade.

Embora de elevada importância para sociedade e para o meio, a implementação do enquadramento de corpos hídricos ainda não é usual. Brites et al (2009) atentam que esse fato ocorre devido à falta de conhecimento sobre o instrumento, dificuldades metodológicas, falta de ações em gestão e de recursos para sua efetivação, evidenciando a necessidade de aprimoramento técnico, legislativo e metodológico para a aplicação de tal instrumento.

5.1 ASPECTOS LEGAIS RELACIONADOS AO ENQUADRAMENTO

O Brasil possui dispositivos legais para controle da qualidade da água desde o período colonial. As Ordenações Filipinas, obrigatórias no Reino de Portugal e nas suas colônias, proibiam a qualquer pessoa jogar material que sujasse as águas de rios e lagos ou que pudesse matar peixes (WAINER, 1995).

O Código das Águas de 1934 trouxe disposições sobre qualidade hídrica segundo as quais a ninguém era lícito sujar e contaminar as águas que não consome com prejuízo a terceiros, porém elas não foram regulamentadas.

Desprovida de regulamentação no âmbito federal, a regulamentação sobre qualidade hídrica no Brasil ficou a cargo dos estados que legislavam sobre controle de poluição de água

com base em objetivos de proteção de saúde (DINIZ et al, 2006). O estado de São Paulo, em 1955, regulamentou o primeiro sistema de classificação de corpos d' água do País, o Decreto Estadual nº 24.806/1955. A fase desenvolvimentista, as indústrias e os novos usos de água que interferem na qualidade dos rios de São Paulo impulsionaram esse decreto, pioneiro no País.

Na esfera federal, o primeiro sistema de enquadramento de corpos hídricos a ser implementado foi a Portaria nº 13 do Ministério do Interior, em 15 de janeiro de 1976. Esta Portaria foi o primeiro instrumento normativo sobre classificação de águas no Brasil. Posteriormente, em 7 de dezembro de 1976, a Portaria nº 536 estabeleceu os padrões de qualidade das águas superficiais no território brasileiro.

Ao longo da década de 1970, iniciaram-se as discussões sobre a gestão descentralizada das águas, e em 1978 foram criados Comitês de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas para diversos rios brasileiros, principalmente na Região Sudeste.

Esses comitês eram compostos apenas por integrantes do Poder Público, não possuíam poder deliberativo, contudo realizaram diversos estudos para o conhecimento das bacias, sendo fator importante na descentralização da gestão dos recursos hídricos. Entre os estudos, destacam-se os de enquadramento dos corpos d' água das bacias do Rio Paranapanema, em 1980, e do Rio Paraíba do Sul, em 1981, conforme as classes estabelecidas pela Portaria nº 13, do Ministério do Interior. Após a edição dessa portaria, em 1976, alguns estados também realizaram o enquadramento de seus corpos d' água: São Paulo (1977), Alagoas (1978), Santa Catarina (1979) e Rio Grande do Norte (1984) (GIRAO, 2008).

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução nº 3, de 5 de junho de 1984, determina à sua secretaria executiva que promova estudos sobre o assunto e apresente proposta de resolução reformulando a Portaria do Minter nº 13/ 1976.

Em 1986, a Resolução nº 20 do CONAMA substituiu a portaria do Ministério do Interior de 1976 e propôs uma nova classificação para as águas no território nacional e, em função dos usos previstos, foram criadas nove classes.

Com a promulgação da Lei Federal das Águas 9.433/1997 e a eleição do enquadramento como um dos instrumentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos fundamentais ao Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a mobilização em torno dos procedimentos para regulamentar a implantação de tal instrumento aumentou.

O CONAMA formulou a resolução 357, de 17 de março de 2005, revogando a resolução 20/1986 e dispondo sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais

para o seu enquadramento, além de estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes.

O Poder Público poderá estabelecer restrições e medidas adicionais de caráter excepcional e temporário, em casos em que a vazão do corpo d'água estiver abaixo da vazão de referência.

Os efluentes não poderão conferir ao corpo d'água características em desacordo com as metas obrigatórias de enquadramento.

Essa Resolução surge para modernizar e flexibilizar a classificação de corpos hídricos no País através, por exemplo, dos conceitos de metas progressivas obrigatórias intermediárias e final, bem como no tratamento a corpos hídricos intermitentes, que poderão ter metas de qualidade variáveis ao longo do ano.

A Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011 complementa e altera a CONAMA 357/2005 no tocante aos padrões de lançamento de efluentes.

Os procedimentos para o enquadramento dos cursos d'água foram estabelecidos em 2000 pela Resolução nº12 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Com essa Resolução, além dos procedimentos para o enquadramento, foram definidas as competências para elaboração e aprovação do instrumento.

Em 5 de novembro de 2008, o CNRH aperfeiçoou a Resolução CNRH 12/2000 promulgando a Resolução nº 91, que dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos, tendo como referência as diretrizes e estratégias de implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos e a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os procedimentos gerais para o enquadramento de corpos hídricos superficiais e subterrâneos são dispostos na Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 91 de 2008. Nela, estão arrolados os itens necessários à proposta de enquadramento, bem como sua abrangência. Por meio dessa Resolução, a elaboração da proposta de enquadramento deverá conter as seguintes etapas:

- I - diagnóstico;
- II - prognóstico;
- III - propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento; e
- IV - programa para efetivação.

A proposta deve considerar o Plano de Bacias Hidrográficas e, se possível, ter sua elaboração em conjunto com este. O enquadramento deve considerar de forma integrada as águas superficiais e subterrâneas.

A elaboração da proposta de enquadramento fica a cargo da Agência de Bacia ou de entidade delegatária das suas funções; na ausência destas, o órgão gestor de Recursos Hídricos em articulação com o órgão de meio ambiente será responsável pela elaboração da proposta. A proposta de alternativa de enquadramento é enviada aos comitês de bacia hidrográfica para discussão, aprovação e posterior encaminhamento ao Conselho de Recursos Hídricos competente. Caso não haja comitê de bacia hidrográfica competente, os órgãos gestores de recursos hídricos, em articulação com os órgãos de meio ambiente, poderão elaborar e encaminhar as propostas de alternativas de enquadramento ao respectivo Conselho de Recursos Hídricos, para análise e deliberação.

As entidades envolvidas no processo decisório de enquadramento são: CONAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA/MMA, Conselhos Nacional e Estaduais de Recursos Hídricos, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano - SRHU/MMA, Agência Nacional de Águas - ANA/MMA, Comitês de Bacia Hidrográfica, Agências de Água, órgãos estaduais de recursos hídricos e de meio ambiente, representantes dos usuários de água e da sociedade civil (ANA, 2000).

O CONAMA é um órgão que compõe o MMA e possui caráter consultivo e deliberativo de maior hierarquia na estrutura do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA. Tem a competência de estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente e incentivar a criação, a estruturação e o fortalecimento institucional de comitês de bacia hidrográfica.

O IBAMA/MMA é o órgão executor do SISNAMA que tem a atribuição de executar a política federal, propor normas e padrões de qualidade ambiental e atuar no disciplinamento, cadastramento, licenciamento, monitoramento e fiscalização dos usos e acessos aos recursos ambientais, bem como no controle da poluição e correto uso de recursos hídricos em águas de domínio da União.

O CNRH ocupa a instância de mais alta hierarquia na estrutura do Sistema Nacional de Recursos Hídricos e tem a competência de estabelecer diretrizes complementares para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e aplicar seus instrumentos. O CNRH aprova o enquadramento dos corpos de água de domínio da União, acompanha a execução do Plano Nacional de Recursos Hídricos e determina as providências necessárias ao cumprimento de suas metas.

Ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH compete estabelecer os princípios e as diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos, aprovar proposta do Plano Estadual de Recursos Hídricos, decidir os conflitos entre comitês de bacia hidrográfica, estabelecer os critérios e as normas gerais para a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, para a cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos e deliberar sobre o enquadramento de corpos hídricos em rios estaduais.

A SRHU/MMA é o órgão coordenador e supervisor da política de recursos hídricos e também exerce o papel de secretaria-executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), apoiando o Conselho no estabelecimento de diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e aplicação de seus instrumentos, e instruir os expedientes provenientes dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e dos Comitês de Bacia Hidrográfica.

A Agência Nacional de Águas (ANA) é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, e responsável pela implementação da gestão dos recursos hídricos brasileiros. Ela disciplina, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, entre os quais se inclui o enquadramento dos corpos d'água, além de propor ao CNRH incentivos, inclusive financeiros, à conservação qualitativa e quantitativa de recursos hídricos.

No âmbito da bacia hidrográfica, os Comitês de Bacia Hidrográfica e as Agências da Água são as instâncias atuantes na gestão das águas. O Comitê é um foro democrático responsável pelas decisões a serem tomadas na bacia e a Agência é reconhecida como “braço executivo” do Comitê. Os Comitês e suas Agências de Água procuram solucionar conflitos de usos da água na bacia e dependem da política formulada pelo CNRH ou CERH e pelos órgãos federais e estaduais gestores de recursos hídricos e de meio ambiente (GIRAO, 2008).

5.1.1 A Resolução CONAMA 357 de 2005

A Resolução CONAMA 357 de 2005 surge com o objetivo de modernizar e flexibilizar o instrumento enquadramento de corpos hídricos em classes de uso.

De acordo com as definições apresentadas nessa resolução, o enquadramento é:

o estabelecimento da meta ou objetivo da qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento ou

corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos ao longo do tempo.

Já a condição de qualidade é definida como:

a qualidade apresentada por um segmento de corpo d' água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente as classes de qualidade.

Observa-se que o enquadramento é dado de acordo com o uso que a água recebe em determinado corpo hídrico e sua qualidade é dada em função deste. Portanto, não há como se definir qualidade sem que exista uma expectativa ou consolidação de uso de água. Ainda que este uso seja definido com caráter preservacionista em relação ao meio ambiente.

A necessidade já apresentada na Resolução anterior, nº 20/1986, de que a qualidade hídrica fosse atingida gradativamente, é materializada na CONAMA nº 357 com a possibilidade do estabelecimento de metas de qualidade obrigatórias intermediárias e final.

No artigo 2º é apresentada a definição de metas do enquadramento.

é o desdobramento do objeto em realizações físicas e atividades de gestão, de acordo com unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório.

As metas de qualidade surgem então para facilitar o planejamento e evidenciar a materialidade dos avanços alcançados no processo de gestão dos recursos hídricos, não se tratando de um afrouxamento dos objetivos da qualidade.

Ainda, as demais ações de Gestão de Recursos Hídricos, como outorga, cobrança e ações de gestão ambiental (como licenciamentos, Termos de Ajustamento de Conduta e controle de poluição) devem estar atrelados às metas intermediárias e final de enquadramento.

Outra característica dessa Resolução é a obrigatoriedade de que as metas de qualidade estejam relacionadas a uma vazão de referência a ser estipulada pela bacia. Essa vazão de referência deverá ser a base para o processo de gestão na bacia.

A definição de uma vazão de referência para o enquadramento surge, pois os limites dos parâmetros de qualidade hídrica são definidos com base na concentração dos poluentes. A concentração é uma medida que leva em conta a massa por determinado volume, sendo, portanto, uma medida relativa, pois não mede o total da carga existente no rio num determinado momento, que seria obtida pelo produto da concentração pela vazão, resultando em uma medida de massa/unidade de tempo.

O monitoramento qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos se faz fundamental ao Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Não há a possibilidade de enquadrar

trechos hídricos sem que se conheça a qualidade de suas águas nem o comportamento de seu regime. É necessário que o monitoramento seja constante para que o rio seja bem representado. A falta de dados de monitoramento hidrológico aflige grande parte das regiões brasileiras, como o semiárido.

A Resolução CONAMA 357/2005 define parâmetros para diversas variáveis de qualidade hídrica a serem atendidos em cada classe de uso. No entanto, para a efetivação do enquadramento, devem ser escolhidos os mais relevantes ao monitoramento da bacia. Diante de tantas variáveis indicativas da qualidade do corpo hídrico, é essencial a escolha de um conjunto para o monitoramento eficiente e que represente as ameaças a que a bacia é sujeita. Eleger vasto número de parâmetros não significa ter um enquadramento mais eficiente.

A legislação apresenta limites qualitativos para variadas substâncias possivelmente tóxicas, porém existem diversas outras, conhecidas ou não, que não estão arroladas na legislação; para isso, indicadores biológicos podem ser utilizados para a avaliação de qualidade dos ambientes aquáticos.

No que tange às condições e aos padrões de lançamento de efluentes, estes, advindos de qualquer fonte poluidora, somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, aos padrões e às exigências da classe de enquadramento a que o trecho hídrico é submetido.

Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas.

Caso julgue necessário, o Poder Público pode estabelecer condições mais restritivas ao padrão de qualidade de um corpo de água mediante fundamentação técnica.

O artigo 13 da Resolução CONAMA 357 estipula que, para corpos hídricos de Classe Especial (a mais restritiva), devem ser mantidas as condições naturais do trecho hídrico. Cabe nesse item uma observação dada a dificuldade de se estabelecer a condição natural de um trecho hídrico, tendo em vista as peculiaridades de cada região e o processo de antropofização a que estão sujeitas.

As metas de qualidade do corpo hídrico devem ser revistas periodicamente. A revisão das metas de qualidade é extremamente importante, não somente para torná-las mais restritivas em função de avanço tecnológico, ou de ações de planejamento e despoluição na bacia, mas também para que se avalie se os usos de água na bacia sofreram alterações, e como consequência, as metas de qualidade também.

Houve também uma redistribuição dos usos de água entre as classes nesta reformulação; como exemplo, as classes de água salobra e salina, que antes só possuíam duas classes de enquadramento cada uma, passaram a possuir três.

A Resolução CONAMA 430/2011 altera a 357/2005 no tocante aos lançamentos de efluentes e assinala que o órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento, mediante fundamentação técnica:

I - acrescentar outras condições e padrões para o lançamento de efluentes, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições do corpo receptor; ou

II - exigir tecnologia ambientalmente adequada e economicamente viável para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo corpo receptor.

O lançamento de efluentes tem seus padrões de especificação mais detalhados e o órgão ambiental pode exigir que o efluente lançado no corpo hídrico passe pela melhor tecnologia disponível para tratamento. Porém, não são consideradas, para efluentes industriais, a tipologia da indústria e as condições naturais do meio.

A Resolução assevera que o órgão ambiental competente deverá, no momento do licenciamento da atividade industrial, estabelecer a carga poluidora máxima da atividade ou empreendimento, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas para enquadramento do corpo receptor. Além disso, o órgão ambiental competente poderá exigir dos empreendimentos, nos processos de licenciamento ou de sua renovação, a apresentação de estudo de capacidade de suporte do corpo receptor.

Um exemplo de regulamentação do lançamento de efluentes é identificado na legislação norte-americana. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) define padrões de lançamento para mais de 50 tipologias industriais. Essas diretrizes e padrões são desenvolvidos com base no nível de redução de poluentes possível de ser atingido por cada atividade, com o uso de tecnologias específicas de controle de lançamento definidas pelo EPA, sendo: melhor tecnologia convencional de controle de poluentes (*Best Control Technology*, BCT), melhor tecnologia de controle praticável e disponível (*Best Practicable Technology* – BPT) e melhor tecnologia disponível (*Best Available Technology* – BAT). Ao estabelecer diretrizes para o lançamento de efluentes, o EPA considera dois fatores: o desempenho das melhores tecnologias de controle de poluição ou práticas de prevenção da poluição que estejam disponíveis para uma determinada tipologia industrial e a viabilidade econômica desta tecnologia ser adotada pela indústria em questão, considerando os custos e os benefícios necessários à redução do lançamento de efluentes (VEIGA e MAGRINI, 2009).

A definição de critérios específicos por tipo de atividade industrial desempenhada permite que as características de cada efluente e de cada tipo de poluidor sejam levadas em consideração.

No tocante aos rios intermitentes, a Resolução 357/2005 afirma que suas metas de qualidade poderão variar durante o ano, dada a sazonalidade de sua vazão.

Para o lançamento de efluentes tratados em leito seco de corpos receptores intermitentes, o órgão ambiental competente poderá definir condições especiais, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos.

5.2 A PARTICIPAÇÃO SOCIAL NO ENQUADRAMENTO COMO ESTRATÉGIA DE EFETIVAÇÃO

O enquadramento deve ser apreciado como ferramenta estratégica na gestão hídrica uma vez que integra disponibilidade, qualidade e usos de água, porém, para sua efetivação, é imprescindível a participação da sociedade. É por meio da construção de um pacto entre a sociedade que as metas de enquadramento serão cumpridas.

As metas de qualidade do enquadramento são sensíveis a todas as atividades e usos que ocorrem tanto nos recursos hídricos quanto ao solo na bacia hidrográfica. Portanto, a sociedade deve participar do processo de formulação do enquadramento tendo conhecimento de que a escolha da qualidade hídrica está diretamente relacionada com o aproveitamento da água na bacia, a qualidade do ambiente, ao uso do solo e aos investimentos para o atendimento as metas de qualidade. A comunidade precisa estar ciente de que objetivos de qualidade de muita excelência requerem pesados investimentos financeiros. Se essa for a prioridade local, então tal decisão deve ser adotada (PORTO, 2002).

Com a definição dos critérios de qualidade hídrica para a bacia, as características do desenvolvimento são desenhadas. Se a sociedade define que os corpos hídricos da bacia devem ser enquadrados em classe especial (a mais restritiva), não serão aceitos na região, por exemplo, parques industriais.

A proposta do enquadramento dos corpos de água é de caráter regional, ou seja, deve ser tomada pelo Comitê da Bacia Hidrográfica e, para que seja realizada de forma eficaz, devem ser consideradas a realidade atual e a almejada pela bacia promovendo um pacto quanto à repartição de benefícios e do ônus entre a sociedade. A proposta de enquadramento, ao ser construída por aqueles que a cumprirão, protegerão e sentirão o peso de suas

implicações econômicas, passa a significar um processo democrático (CHRISTOFIDIS, 2006).

O enquadramento, juntamente com o Plano de Bacias Hidrográficas, é classificado por Porto e Lobato (2004) como instrumentos de construção de consensos por meio de processos participativos que concedem espaços para inserção da sociedade civil e de agentes econômicos com interesses particulares (públicos e privados) nos processos de negociação.

A figura do comitê de bacias surge então como foro deliberativo para a construção de consensos na gestão de recursos hídricos e aprovação do instrumento enquadramento de corpos d'água. Ele rompe com práticas profundamente arraigadas de planejamento autoritário e que considera apenas o conhecimento técnico, devolvendo poder para as instituições descentralizadas de bacia. É uma alternativa para evitar a imposição das prioridades de grupos privilegiados, surgindo como arena de debate, negociação e busca de consensos, visando, por meio da descentralização decisória, às necessidades específicas, e as características locais são incorporadas na gestão hídrica (JACOBI, 2004).

O comitê tem função essencial no planejamento e decisões da bacia hidrográfica pela definição de aspectos centrais nos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, como a cobrança pelo uso da água, a outorga, o enquadramento de corpos hídricos e aprovando o Plano de Bacias. No enquadramento, tem papel planejador ao definir os usos prioritários que a água tem na bacia e a qualidade delas.

5.3 BASE TÉCNICA PARA O ENQUADRAMENTO E AS INOVAÇÕES METODOLÓGICAS DO PROJETO ENQUADRAMENTO DE BACIAS CRÍTICAS

O Projeto “Enquadramento – Bacias Críticas: Bases Técnicas para a definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os demais Instrumentos de Gestão” teve sua primeira fase no período de 2004 a 2008, e de 2009 a 2012 sua segunda fase, o Projeto “INTEGRA - Disponibilidade Hídrica para Aplicação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos: Quantidade e Qualidade de Água”. O projeto contou com financiamento FINEP/ CT-HIDRO e foi desenvolvido por uma parceria entre a Escola Politécnica da USP e a Universidade Federal do Paraná. Seu objetivo foi definir critérios claros para o enquadramento de corpos hídricos, de forma a subsidiar metodologicamente a aplicação de metas progressivas de qualidade hídrica ao enquadramento e consolidar a curva

de permanência de qualidade de água para atingir tais metas em bacias cuja disponibilidade hídrica esteja comprometida por escassez ou por excesso de uso.

A bacia estudo de caso para o desenvolvimento e aplicação das ferramentas na primeira fase do projeto foi a bacia do Alto Iguaçu no município de Curitiba, estado do Paraná. Essa bacia se encontra em área densamente urbanizada e apresenta sérios problemas de excesso de uso de água e poluição. Posteriormente, a segunda fase do Projeto replicou as ferramentas desenvolvidas ao enquadramento a uma bacia acometida por intermitência de suas águas, a fim de identificar as diferenças metodológicas em situações de disponibilidade hídrica crítica tão diversas.

O desenvolvimento de bases técnicas para a definição de metas progressivas do projeto “Bacias Críticas” integra conceitos como a definição de vazões de referência, parâmetros de qualidade da água, questões de calibração de ferramentas matemáticas e o estabelecimento de critérios de sustentabilidade para se avaliar a exequibilidade de medidas de despoluição hídrica e seu conseqüente efeito sobre as condições de enquadramento. Baseiam-se, também, na integração com os demais instrumentos de gestão de recursos hídricos, principalmente a outorga e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, ambos imprescindíveis, para a efetivação do enquadramento proposto (USP/UFPR, 2007).

A seguir, são apresentadas as metodologias desenvolvidas para a proposta de enquadramento no Projeto citado. Estas metodologias foram seguidas para o presente trabalho e aplicadas à Bacia do Rio Jacaré, a fim de verificar as peculiaridades dessas ferramentas e processo no enquadramento de rios intermitentes.

5.3.1 Matriz de fontes de poluição e uso

A matriz de fontes de poluição e uso tem por finalidade reunir e uniformizar os dados para o diagnóstico e/ou o prognóstico da bacia de estudo, adaptando suas informações para a entrada de dados no modelo de simulação da qualidade de água a ser utilizado. De uma forma simplificada, a matriz de fontes de poluição é uma tabela que traz informações como, por exemplo, pontos de captação, lançamento de efluentes, fontes difusas, vazões e cargas poluidoras. Na Tabela 3, são apresentados os dados contidos na matriz de fontes de poluição e uso.

Categorias de informações da matriz	Dados
Dados da Bacia	<ul style="list-style-type: none"> - Comprimento dos Tramos - Decaimento dos taludes e longitudinal - Largura da base do canal - Coeficiente de Manning - Dados populacionais (Ligação de esgoto e tratamento)
Vazões	<ul style="list-style-type: none"> - Quatro vazões de referência a serem adotadas na simulação (Exemplo: Q_{90}, Q_{80}, Q_{mlp} e Q_{med})
Cargas	<ul style="list-style-type: none"> - Cargas difusas e pontuais de OD e DBO. - Principal usuário de água - Vazão de lançamento pontual e difusa - Eficiência de tratamento

Tabela 3- Dados da matriz de fontes de poluição e uso.

A matriz é formulada para cada rio linearmente, ou seja, em uma bacia há uma matriz para cada rio nela contida. Cada rio é ainda dividido em trechos de um quilômetro para que os dados e características da bacia possam ser mais bem representados.

5.3.2 Curva de permanência de qualidade da água

A qualidade de um corpo hídrico é dependente da vazão dele. Uma determinada quantidade de efluente lançada pontualmente no corpo hídrico apresentará resultados de qualidade diferentes em vazões médias e em vazões mínimas deste trecho, graças ao processo de diluição do efluente. Para tanto, a Resolução CONAMA 357/2005 prevê a definição de uma vazão de referência para o corpo hídrico e define limites para as variáveis indicadoras de qualidade hídrica a partir desta vazão.

A vazão de referência do enquadramento é definida como a vazão mínima a ser considerada, para assegurar que a qualidade da água esteja compatível com o uso preponderante dos recursos hídricos enquadrados, durante a maior parte do tempo (ANA, 2009). É ela que será utilizada para a verificação das metas de enquadramento.

A vazão de referência não é especificada nos textos legais, podendo ser eleita, por exemplo, a $Q_{média}$ (vazão média do período analisado), $Q_{7,10}$ (vazão dos sete dias consecutivos mais secos no período de recorrência de dez anos), $Q_{90\%}$ (as vazões são maiores ou iguais a ela durante 90% do tempo), entre outras. O estado de São Paulo, por exemplo, adota a vazão de referência $Q_{7,10}$ (Lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994) como base para seu processo de gestão; já o estado de Sergipe adota a vazão $Q_{90\%}$ de referência.

A escolha da vazão de referência base para o processo de gestão deve ser cautelosa, tendo em vista que quanto menor ou mais restritiva a vazão de referência, mais restritivo será o uso da água e mais custosas serão as ações necessárias de despoluição hídrica para atendimento da meta de qualidade. Por outro lado, uma vazão de referência permissiva poderá acarretar sérios problemas de degradação ambiental e levar à escassez do recurso hídrico na bacia, já que pode haver a possibilidade de maior concentração de lançamento de efluentes e, também, maior vazão outorgada.

Há de se considerar ainda que a vazão e o comportamento de substâncias de um corpo hídrico são dinâmicos e sofrem influências de variados aspectos, como o clima e geologia da região, o uso e ocupação do solo, usos da água e o desempenho ambiental e econômico da bacia, tornando mais desafiadora a eleição de apenas um valor referencial de vazão, o qual se torna base para a gestão hídrica da bacia.

Uma vez que o enquadramento tem por objetivo o atendimento aos níveis de qualidade na bacia, pode ser mais conveniente a adoção de um conjunto de vazões de referência que considerem os períodos da seca e cheia e vinculá-los à qualidade de água (USP/UFPR,2007). Para tanto, o projeto “Bacias Críticas” desenvolveu um novo critério de análise para a proposta de enquadramento, integrando os aspectos de qualidade e quantidade hídrica - a curva de permanência dos parâmetros de qualidade.

A curva de permanência de parâmetros de qualidade da água é o estabelecimento da distribuição de frequências da concentração do parâmetro analisado, com o objetivo de caracterizar a probabilidade de um determinado valor ser igualado ou superado ao menos uma vez dentro de uma série amostral. Uma vez que o enquadramento define metas por meio dos parâmetros de qualidade, a elaboração da curva de permanência da qualidade permite uma visão clara do atendimento ou não das metas de enquadramento (BRITES, et al, 2009).

Para a obtenção da curva de permanência da vazão, seguem-se os seguintes passos (BRITES, 2010):

- i) São eleitas quatro vazões de referência;
- ii) Os cenários de vazão de referência servem como dado de entrada para a simulação da qualidade da água utilizando modelagem matemática;
- iii) Com o resultado da variável indicativa de qualidade hídrica em cada simulação de qualidade, é obtida a curva de permanência de qualidade de água, por meio de um ajuste exponencial dos dados.

O resultado representativo dessa análise pode ser observado na Figura 4 (BRITES, 2010).

Nessa simulação, pode-se observar que se o corpo hídrico estiver enquadrado como classe 1, o atendimento à classe será de aproximadamente 13% do tempo; se o enquadramento for de classe 2, o atendimento passa para 23% do tempo e; para a classe 3, a probabilidade do corpo hídrico atender os limites estabelecidos será de 50%.

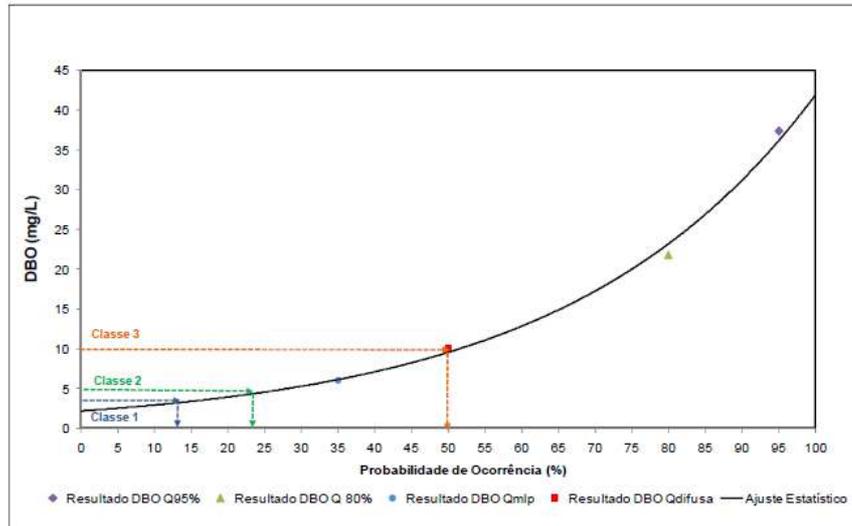


Figura 4 - Curva representativa da permanência da DBO. Fonte: Brites (2010)

Ao utilizar essa ferramenta de probabilidade de ocorrência da qualidade da água na proposta de enquadramento, incorporam-se diferentes cenários de qualidade de água, sendo, portanto, uma quebra de paradigma na gestão de recursos hídricos brasileira, que antes tinha por base apenas uma vazão de referência.

Essa associação de variáveis possibilita analisar a probabilidade de ocorrência de vazões conjuntamente, o comportamento da variável de qualidade hídrica e suas variações entre as classes do enquadramento. Ao considerar a probabilidade de ocorrência, define-se uma probabilidade mínima desejada, dentro da qual o enquadramento deverá ser obedecido. A meta de qualidade hídrica não está atrelada somente a um índice de qualidade e sim a uma porcentagem de tempo em que o rio atingiu determinado índice, sendo possível verificar, de acordo com a vazão do corpo hídrico, o comportamento dessa variável.

A variável de qualidade arrolada para a análise no Projeto “Bacias Críticas” foi a DBO. A DBO é uma variável de qualidade que permite quantificar indiretamente a matéria orgânica presente no corpo d’água ou o seu potencial poluidor. A matéria orgânica presente nos esgotos é a causadora principal do problema da poluição das águas, pois ela é responsável pelo consumo, por meio dos micro-organismos decompositores, do oxigênio dissolvido na água. Ela pode ser de origem natural (advinda de vegetais, animais e micro-organismos), ou de origem antropogênica, como de despejos domésticos e industriais (VON SPERLING,

1996). Outra relevância para a escolha desse parâmetro de dá pelo fato de que a concentração de DBO está correlacionada com a vazão do corpo hídrico, como foi demonstrado em (USP/UFPR, 2007) e Brites (2010).

5.3.3 Modelo para o enquadramento dos corpos d'água – MECA

O modelo para o enquadramento de corpos d'água (MECA) (BRITES, 2010) surge da necessidade do desenvolvimento de ferramentas computacionais que considerem aspectos técnicos, econômicos e sociais no gerenciamento de recursos hídricos. O MECA associa as rotinas fundamentais para a análise do enquadramento em um único programa desenvolvido em Microsoft Office EXCEL 2007 vinculado à linguagem de programação Visual Basic for Application – VBA.

Resumidamente, o MECA simula a quantidade e qualidade da água no corpo hídrico fornecendo automaticamente a probabilidade de ocorrência da qualidade da água. Caso a qualidade não seja satisfatória, uma próxima etapa definirá cenários de remoção de carga. A qualidade da água será novamente simulada para a obtenção das curvas de permanência da qualidade e, se atendido o critério de qualidade, são calculados os custos das medidas a serem efetuadas para a despoluição hídrica. Será realizada uma análise da disponibilidade econômica: se esta não estiver de acordo com a capacidade de investimento da comunidade, novos cenários de remoção de carga deverão ser selecionados até que sejam satisfeitos, simultaneamente, os dois critérios insertos, probabilidade de atendimento e custo (BRITES, 2010).

O MECA permite a análise e a simulação de quatro variáveis indicativas de qualidade hídrica apresentadas na Tabela 4:

Variável Indicativa de Qualidade Hídrica	Função	Método de Cálculo
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Indicador de matéria orgânica presente no corpo hídrico	Modelo de Street-Phelps
Oxigênio Dissolvido (OD)	Indicador para proteção de vida aquática	Modelo de Street-Phelps
Nitrogênio	Indicador da presença de nutrientes (relacionado com a eutrofização)	Considerou nitrogênio orgânico e amoniacal.
Fósforo	Indicador da presença de nutrientes (relacionado com a eutrofização)	Considera a seguinte equação: $P = P_0 \cdot e^{-\frac{k_p \cdot X}{v}}$

Tabela 4 - Variáveis de simulação da qualidade hídrica no MECA.

No modelo MECA, a escolha de alternativas para remoção de cargas se dá nos seguintes níveis: (i) Tratamento preliminar: remoção de sólidos grosseiros por métodos físicos; (ii) Tratamento primário: remoção de sólidos sedimentáveis e pequena parcela de matéria orgânica; (iii) Tratamento secundário: remoção de grande parte da matéria orgânica e eventualmente de nutrientes; e (iv) Tratamento terciário: remoção complementar de matéria orgânica, nutrientes, poluentes específicos e desinfecção de esgoto tratado.

Em resumo, os dados de entrada necessários e as rotinas do modelo estão esquematizados na Figura 5.

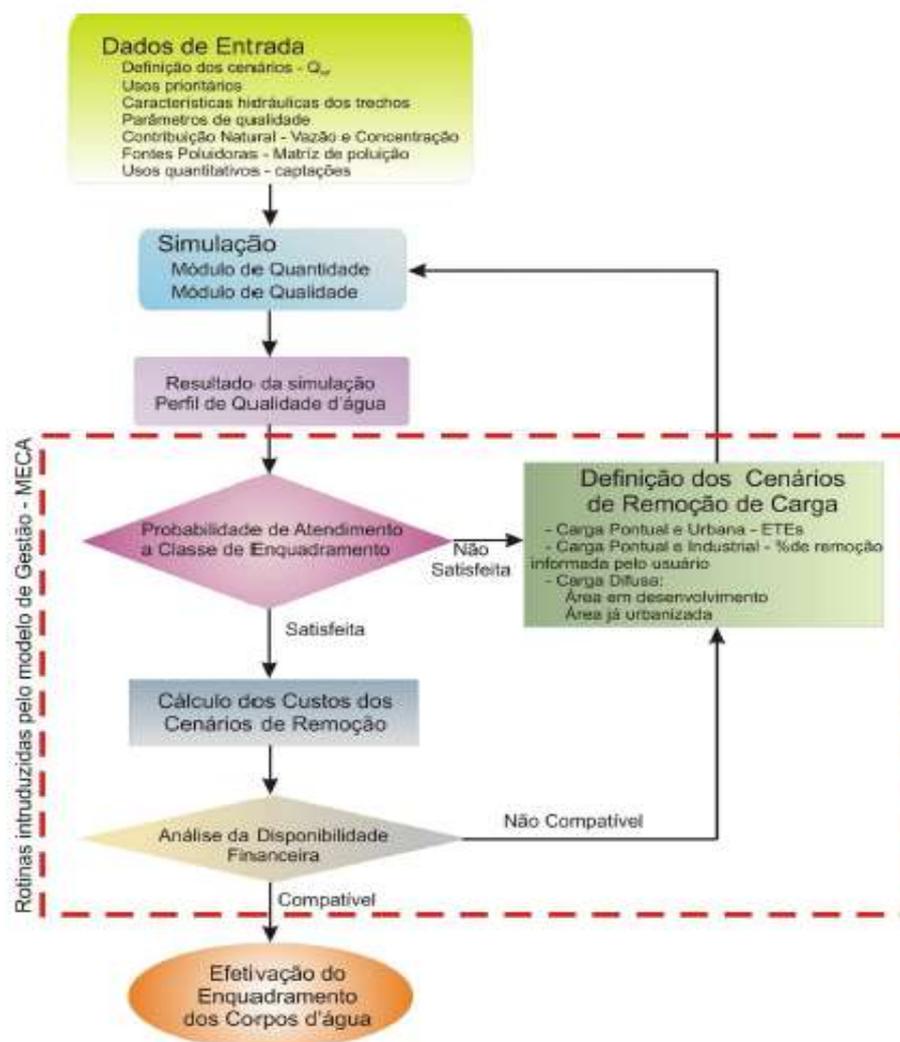


Figura 5 - Fluxograma do MECA. Fonte: Brites(2010).

O MECA insere critérios estabelecidos para análise da proposta de enquadramento dos corpos hídricos com metas progressivas em uma plataforma computacional única trazendo agilidade para o sistema de gestão da qualidade de água. Entre suas características, destacam-

se: a integração dos aspectos de quantidade e qualidade de água, a necessidade de remoção de carga utilizando critérios factíveis do ponto de vista técnico e econômico (BRITES, 2010).

5.3.4 Metas progressivas

A Resolução CONAMA 357/2005 em seu artigo 2º, inciso XXIX, afirma que o enquadramento de corpos d'água pode ser efetuado por meio de metas progressivas e meta final de qualidade de água para efeito estratégico do instrumento de gestão.

Essa abordagem se dá porque grande parte dos rios enquadrados não possui a qualidade de água compatível com o uso pretendido. Dessa forma, a classe de enquadramento é meta de qualidade a ser alcançada e não qualidade a ser mantida.

Por isso, uma estratégia de metas intermediárias de qualidade aponta para resultados mais palpáveis e gerenciáveis, além de tornar os investimentos mais factíveis (Figura 6).

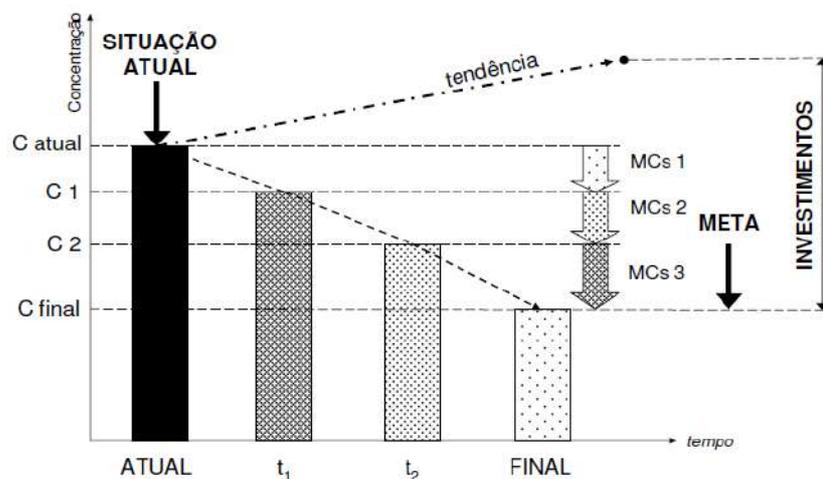


Figura 6 - Esquema de Metas Progressivas. Fonte: USP/UFPR, 2006.

O Projeto “Bacias Críticas” apresentou uma metodologia conceitual, de caráter pioneiro, visando ao enquadramento de corpos hídricos por metas progressivas. A efetivação das metas progressivas teve como base a variável de qualidade DBO.

O processo de enquadramento por metas progressivas é baseado na realidade da bacia em que se insere, portanto os horizontes temporais, as ações de despoluição e os recursos investidos variarão de acordo com o objetivo do pacto formado pela sociedade e pelas características da bacia.

Nesse sentido, a formulação da proposta de metas progressivas para o enquadramento de corpos hídricos é constituída de itens que serão desenvolvidos levando em consideração o local onde será formulado o enquadramento (USP/UFPR, 2007); (BRITES, 2010):

- Classificação das bacias em função da carga de DBO remanescente lançada no corpo hídrico.

Refere-se a uma leitura sistemática e hierarquizada da matriz de fontes de poluição, identificando as áreas mais e menos poluidoras na bacia, o que é fundamental para o processo de gestão e para a definição de estratégias de despoluição.

Divide-se a bacia em três blocos em função da carga de DBO remanescente lançada. (i) Grande Poluidor: Trecho da bacia que recebe cerca de 60% da DBO gerada na bacia; (ii) Médio Poluidor: Trecho que recebe cerca de 25% da DBO gerada na bacia e (iii) Pequeno Poluidor: Trecho que recebe cerca de 15% da DBO gerada na bacia.

- Estratégias para elaboração de cenários de remoção de carga .

São definidas três alternativas de medidas de remoção das cargas poluidoras (referentes a coleta e tratamento de efluentes) conjuntamente com três cenários de remoção de carga (relacionados à tecnologia de tratamento de efluentes).

Esses cenários são definidos em horizontes temporais que permitam o cumprimento das metas de enquadramento e devem levar em consideração o incremento populacional e as modificações de uso de solo e de uso e demanda por água na bacia.

- Implementação das medidas.

Simulação da qualidade da água considerando as alternativas de remoção de cargas do novo cenário e formulação das novas curvas de permanência de qualidade de água.

- Estratégia econômico-financeira para a implementação das metas progressivas.

Análise do custo do atendimento às metas de enquadramento e escalonamento das medidas em horizonte temporal.

5.4 O ENQUADRAMENTO DE RIOS INTERMITENTES NO BRASIL

A Resolução CONAMA 357/2005 prevê o enquadramento dos corpos hídricos superficiais nas classes estabelecidas, porém não define procedimentos ou limites de classe específicos para rios intermitentes. No entanto, considera que rios intermitentes ou corpos hídricos em que a vazão apresenta sazonalidade significativa poderão ter metas de enquadramento variáveis ao longo do ano. A variabilidade das metas de qualidade para corpos hídricos intermitentes se fundamenta no fato de que tais corpos hídricos apresentam grande variabilidade de vazão durante o ano e, portanto, diferentes capacidades de diluição de efluentes e uso. A definição de um objetivo único de qualidade hídrica para dois períodos hidrológicos distintos, o período seco e o úmido, ocasionaria sérios danos ambientais à bacia e/ou um subaproveitamento do recurso hídrico disponível.

Quanto ao despejo de efluentes em corpos de água intermitentes, segundo o CONAMA, os órgãos ambientais competentes definirão as condições específicas para o lançamento. Esta indefinição acaba por comprometer o rio intermitente, uma vez que a falta de regulação de tais águas não impede seu uso. O lançamento de efluentes indiscriminadamente é prejudicial à qualidade da água tanto no período de escassez como no período de cheias, podendo comprometer também trechos hídricos a jusante.

Na Resolução CNRH 91/2008, que dispõe sobre os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos, o processo de enquadramento deverá considerar as especificidades dos corpos de água de vazão e regime intermitente. Ainda que a necessidade de tratamento especial esteja pronunciada nos documentos referentes ao enquadramento, a aplicação de tal instrumento em rios intermitentes ainda é incipiente e pouco discutida. A indefinição acerca dos procedimentos para rios intermitentes acaba por comprometê-los, uma vez que a falta de regulação de tais águas não impede seu uso.

Nas leis estaduais do sistema de gerenciamento de todos os estados pertencentes à área delimitada como semiárido brasileiro, o enquadramento de corpos hídricos nas classes de uso é mencionado. Ainda que em alguns estados, como Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, o enquadramento dos corpos hídricos em classes de uso não esteja caracterizado como instrumento de gestão, a necessidade de monitoramento da qualidade de água de acordo com seu uso predominante é estabelecida.

Em 2003, foi elaborado o Programa de Enquadramento dos Cursos d'Água do Estado de Sergipe, que enquadrou todos os rios pertencentes ao estado. A metodologia desse programa foi norteada pela Resolução CONAMA 20/1986. Para a determinação da qualidade

hídrica, foram realizadas três análises, sendo a primeira para a identificação de possíveis pontos relevantes ao estudo e as demais já com os pontos definidos para monitoramento. Na metodologia, não há indicação sobre quais períodos do ano foram realizadas as coletas de qualidade hídrica e tampouco considerações acerca da vazão dos rios enquadrados. Desse modo, as características dos rios intermitentes da região não foram consideradas quando da proposta de enquadramento. A não correlação dos dados de monitoramento de qualidade com os de vazão trazem informações insuficientes para o enquadramento, uma vez que este busca unir os aspectos qualitativo e quantitativo. Em 2009, a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Sergipe (SEMARH) realizou um ajuste no enquadramento dos rios estaduais, uma vez que estes eram enquadrados sob a CONAMA 20/1986. Foi realizada a atualização do enquadramento anterior de acordo com a resolução CONAMA 357/2005. Não houve novo programa de enquadramento, a nomenclatura anterior foi adaptada à nova resolução. Este reenquadramento na CONAMA 357/2005 ocorreu sem que se fizesse uso de ferramentas importantes estipuladas pela Resolução, como as metas intermediárias de qualidade hídrica e a variabilidade de metas para corpos hídricos com vazões sazonais.

A necessidade de uma formulação metodológica específica para rios intermitentes levou o Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Bahia a desenvolver uma Proposta Metodológica para enquadramento dos corpos de água em bacias de regiões semiáridas (PROENQUA) e teve como base uma proposta de enquadramento aplicada à Bacia do Rio Salitre no estado da Bahia, a fim de suprir a omissão do enquadramento destes corpos na legislação brasileira (MEDEIROS et al, 2009). A metodologia proposta abrange as etapas de diagnóstico, prognóstico e elaboração e apresentação de propostas, seguindo as diretrizes estabelecidas pela Resolução CNRH 12/2000 (vigente na data de formulação do projeto). A metodologia é baseada na construção participativa do enquadramento e conta com a participação da comunidade em todas as fases, abrangendo seminários nas comunidades da bacia e entrevistas locais. Foi o início da discussão e de trabalhos metodológicos sobre o tema no Brasil.

Fiuza et al (2003) propõem o enquadramento do rio intermitente Salitre no estado da Bahia a fim de suprir a omissão do enquadramento destes corpos na legislação brasileira. Com metodologia que abrange seminários nas comunidades circunvizinhas da bacia e entrevistas locais, o enquadramento proposto dá início à discussão no Brasil. Ele propõe que para rios intermitentes que abriguem atividades de: (i) Dessedentação humana; (ii) Locomoção através do seu canal desde que não efetuada através de veículos motorizados; (iii) Harmonia paisagística; e (iv) Preservação de espécies animais e vegetais, seja criada a classe

específica “trecho intermitente”, não podendo haver despejo de efluentes, salvo se sua qualidade for igual ou superior a do trecho de jusante. As atividades de tomada de água só serão aceitas para abastecimento público, devendo as demais passar por prévia avaliação. A metodologia desenvolvida para o enquadramento do Rio Salitre abrange um ponto importante do enquadramento, que é a ferramenta construída a partir da participação social. O enquadramento permite a participação da sociedade na formulação de objetivos de qualidade hídrica e, por consequência, nos objetivos de melhoria ambiental. No entanto, a metodologia desenvolvida não abrange as limitações hidrológicas e qualitativas a que os corpos hídricos do semiárido são submetidos.

O Conselho Nacional de Recursos hídricos possui um grupo de trabalho sobre rios intermitentes. Desenvolvido para estabelecer procedimentos gerais para a implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos em rios intermitentes, este grupo teve sua primeira reunião em agosto de 2011 e em sua quarta reunião ocorrida em janeiro de 2012, houve um projeto de Resolução do CNRH que objetiva estabelecer critérios técnicos para implementação dos instrumentos de outorga e enquadramento em rios intermitentes e efêmeros. Os artigos 6º e 8º trazem informações extremamente relevantes ao processo de enquadramento de rios intermitentes.

Art. 6º. O enquadramento em rios intermitentes ou efêmeros somente se aplica no período em que o corpo hídrico apresenta escoamento superficial

Art. 8º. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ter a outorga de lançamento em rios intermitentes ou efêmeros após o devido tratamento, levando em consideração estudos específicos que avaliem possíveis impactos em reservatórios a jusante, aquíferos ou seus leitos, a critério da autoridade outorgante.

O presente trabalho, voltado ao enquadramento de rios intermitentes, objetiva aplicar os avanços metodológicos e tecnológicos desenvolvidos ao longo do Projeto “Bacias Críticas”, referentes à formulação do instrumento enquadramento de corpos hídricos em classes de uso, e observar as adaptações necessárias a corpos hídricos intermitentes.

6. FORMULAÇÃO DA PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DE RIOS INTERMITENTES

Neste capítulo, são apresentadas as etapas desenvolvidas nesta dissertação para a Formulação da Proposta de Enquadramento da Bacia do Rio Jacaré no estado de Sergipe, de acordo com o descrito no capítulo 2 “Métodos”.

6.1 DIAGNÓSTICO

Esta etapa de diagnóstico buscou o conhecimento da área de estudo e o entendimento da situação da bacia, a fim de subsidiar e balizar as atividades desenvolvidas na formulação da proposta de enquadramento e atender a Resolução CONAMA 91/2008 referente aos requisitos para a formulação da proposta de enquadramento.

6.1.1 Área de estudo

Na bacia, estão insertos parcialmente seis municípios: Adustina e Paripiranga, municípios baianos; Poço Verde, Simão Dias, Tobias Barreto e Lagarto, municípios sergipanos.

A bacia é predominantemente rural, 769,17km², 95% da área da bacia é caracterizada como tal. Na Tabela 5, é apresentada a área total dos municípios pertencentes à bacia de estudo e sua distinção entre em área rural e urbana, bem como a presença da respectiva sede municipal na bacia.

A distinção da área de estudo é fundamental para esta pesquisa, pois além de apresentar as características gerais de uso e ocupação do solo, é base, também, para os processos de simulação de qualidade de água, já que o uso dado ao solo interfere diretamente nas cargas lançadas na bacia.

Município	Área total (km ²)	Área na bacia (km ²)		Presença de sede municipal na bacia
		Urbana	Rural	
Adustina	633,18	0	12,40	Não
Lagarto	968,12	0	163,18	Não
Paripiranga	434,74	1,30	208,49	Sim
Poço Verde	388,37	0	22,20	Não
Simão Dias	555,44	1,53	358,14	Sim
Tobias Barreto	1060,20	0	4,76	Não
Total	4040,05	2,83	769,17	–

Tabela 5 - Municípios da Bacia do Rio Jacaré e suas áreas. Fonte: Projeto “Bacias Críticas” (2012).

6.1.2 População

De acordo com os dados do IBGE (2010), os municípios da bacia estudada são de pequeno porte⁴.

Na Tabela 6, é apresentada a população total dos municípios, bem como a população inserida na bacia. Percebe-se que 95% da área da bacia é rural, e 49,3% da população total da bacia vive nesta área. O restante da população (50,7%) vive na área urbana da bacia (5% da área total), cerca de 2,8 km².

Município	População total por município (hab.)			População Equivalente na bacia (hab.)		
	Pop. Urbana	Pop. Rural	Pop. Total	Pop. Urbana	Pop. Rural	Pop. Total
	Adustina	5.574	10.132	15.706	0	198
Lagarto	48.889	45.963	94.852	0	7.747	7.747
Paripiranga	9.534	18.248	27.782	9.534	8.778	18.312
Poço Verde	12.306	9.662	21.968	0	552	552
Simão Dias	20.449	18.275	38.724	20.449	11.816	32.265
Tobias Barreto	32.223	15.816	48.039	0	71	71
Total	128.975	118.096	247.071	29.983	29.162	59.145

Tabela 6 – População da Bacia do Jacaré. Fonte: Baseado em dados do Censo (2010).

⁴Adotou-se a definição de porte de cidades de Santos (1994), na qual a cidade a partir de 100 mil habitantes é considerada de porte médio.

6.1.3 Clima

De acordo com a nova delimitação do semiárido brasileiro (Ministério da Integração Nacional, 2005), apenas o município de Lagarto em Sergipe não é caracterizado com clima semiárido; os demais municípios são considerados integrantes da área do semiárido. Aproximadamente 78% da área da bacia está inserida no semiárido.

Na Tabela 7, são apresentadas informações sobre o clima da área de estudo, com suas características pluviométricas e de temperatura.

Município	Clima	Temperatura média anual	Precipitação média anual
Adustina	Megatérmico seco a subúmido e semiárido	24,7 ° C	608 mm
Lagarto	Megatérmico seco e subúmido	24,5° C	1.032,1mm
Paripiranga	Megatérmico subúmido a seco e semiárido	23,2° C	930 mm
Poço Verde	Megatérmico transição para seco a subúmido e semiárido	23,7° C	786,5mm
Simão Dias	Megatérmico seco e subúmido	24,1° C	880mm
Tobias Barreto	Megatérmico e semiárido	23,7 °C	786,5mm

Tabela 7 - Clima dos municípios da Bacia do Rio Jacaré. Fonte: Baseado em CPRM (2005).

6.1.4 Saneamento básico

A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, considerando saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais.

No tocante a este assunto, a Região Nordeste apresenta um dos índices mais baixos de saneamento básico do País, ficando à frente apenas da Região Norte.

O diagnóstico relativo ao saneamento básico nos municípios inseridos na Bacia do Rio Jacaré teve como base os dados do Plano Nacional de Saneamento Básico (2008), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM)(2005), Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2008) e do Atlas Nordeste da ANA de abastecimento urbano (2009).

Abastecimento de água

Nos municípios integrantes da área de estudo, os Rios Jacaré e Caiçá não são utilizados como fonte de captação de água para abastecimento público pelos prestadores de serviço responsáveis. Os municípios da área de estudo são abastecidos por mananciais superficiais e subterrâneos. Os municípios baianos de Adustina e Paripiranga têm como prestador de serviço de abastecimento a Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A (EMBASA) e os municípios sergipanos de Lagarto, Poço Verde, Simão Dias e Tobias Barreto têm como prestador de serviço de abastecimento a Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO).

Os sistemas produtores de água existentes podem ser sistemas integrados, que atendem a mais de um município, e sistemas isolados, que abastecem apenas um município. Os municípios de Adustina, Lagarto, Paripiranga e Simão Dias possuem sistemas de abastecimento integrado com outros municípios. Já os municípios de Poço Verde e Tobias Barreto possuem sistema de abastecimento isolado (ANA, 2009).

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2008) considerou, para a formulação das informações de abastecimento de água, que o município possui rede geral de distribuição de água quando esta atende pelo menos a um distrito, ou parte dele, independentemente da extensão da rede, número de ligações ou de economias abastecidas. Quanto às estações de tratamento de água, a pesquisa considerou a frequência da estação de tratamento de água que teve maior volume de água tratada, quando a entidade utiliza mais de uma estação de tratamento de água com frequências diferentes para um mesmo tipo de análise da água tratada nas estações.

A Tabela 8 apresenta as informações sobre atendimento de demanda hídrica de 2009 e prevista para 2015, tipo de tratamento de água adotado e volume para abastecimento da população em cada município da bacia de estudo.

Município	Manancial e atendimento da demanda hídrica	Atendimento da demanda urbana até 2015	Tipo de tratamento de água	Volume de água tratada (l/dia)
Adustina	Poços de Fátima e Paripiranga (100%)	Requer ampliação do sistema	Simples desinfecção	713
Lagarto	Açude Dionísio Machado (50%), Rio Piauitinga (50%) e poços (<1%)	Abastecimento satisfatório	Convencional e não convencional	19.950
Paripiranga	Poços de Fátima e Paripiranga (100%)	Requer ampliação do sistema	Simples desinfecção	1.123
Poço Verde	Sistema Poço Verde (100%)	Requer ampliação do sistema	Simples desinfecção	2.733
Simão Dias	Açude Dionísio Machado (50%), Rio Piauitinga (50%) e poços (<1%)	Abastecimento satisfatório	Simples desinfecção	6.573
Tobias Barreto	Barragem Jabiberi (62%) Riacho Capoeira (BA) e Poços (38%)	Abastecimento satisfatório	Convencional* e Simples desinfecção**	9.522* e 960**

Tabela 8 – Abastecimento na Bacia do Jacaré. Fonte: Baseado em dados da ANA (2009) e IBGE (2008).

Esgotamento Sanitário

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2008) considerou que o município tinha rede coletora de esgoto quando esta atendesse pelo menos a um distrito, ou parte dele, independente da extensão da rede, número de ligações ou de economias esgotadas. De acordo com a PNSB (2008), todos os municípios da Bacia do Rio Jacaré apresentam rede coletora de esgoto. Nenhum município apresenta estação de tratamento de esgoto e em todos os municípios são utilizadas fossas sépticas e comuns como alternativas para a destinação do esgoto doméstico. Nos municípios de Adustina, Paripiranga, Poço Verde e Tobias Barreto, a prefeitura é a única responsável pelo serviço de esgotamento; já nos municípios de Lagarto e Simão Dias, o serviço é prestado por outra entidade.

Já no diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto apresentado pelo SNIS (2008), os municípios de Adustina, Paripiranga, Poço Verde e Tobias Barreto não apresentam informações sobre esgotamento sanitário, e os municípios de Lagarto e São Dimas apresentam índice de atendimento de esgoto (população total atendida com esgotamento/ população total do município atendida por abastecimento de água) inferior a 20%.

Manejo de resíduos Sólidos

A PNSB (2008) considerou que o município tinha serviço de manejo de resíduos sólidos quando este existisse em pelo menos um distrito, ou parte dele, independentemente da cobertura e da frequência. Foi considerado como principal local para disposição no solo aquele que recebesse a maior parcela de resíduos coletados e/ou recebidos pela entidade executora do manejo de resíduos sólidos.

Todos os municípios possuem sistema de coleta de resíduos sólidos com disposição em lixões a céu aberto e em nenhum dos municípios existe programa de coleta seletiva.

Os municípios de Adustina, Lagarto, Paripiranga e Poço Verde coletam seus resíduos de saúde sépticos⁵ e os destinam em lixões. O município de Simão Dias encaminha seus resíduos de saúde sépticos a aterro de terceiros e o município de Tobias Barreto não coleta tais resíduos.

A prefeitura é única responsável pela coleta de resíduos sólidos nos municípios da Bacia do Rio Jacaré, com exceção de Poço Verde, que conta também com outra entidade para prestação do serviço.

Manejo de águas pluviais

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2008) considerou que o município tinha serviço de manejo de águas pluviais quando este existisse em pelo menos um distrito, ou parte dele, independentemente da extensão da rede de drenagem.

Apenas o município de Adustina declarou possui sistema de drenagem superficial em ruas pavimentadas abrangendo de 75 a 100% de suas vias e com lançamento do efluente em rio intermitente. Os demais municípios (Lagarto, Paripiranga, Poço Verde, Simão Dias e Tobias Barreto) declararam ter serviço de drenagem urbana subterrâneo. O município de Lagarto faz o lançamento desses efluentes em rios permanentes e intermitentes; Paripiranga e Simão Dias fazem-no em áreas livres, públicas ou particulares; Tobias Barreto lança esses efluentes em rios permanentes, intermitentes e em lagoas; Poço Verde lança-os em rios permanentes e outros. Apenas o município de Tobias Barreto declara possuir algum sistema de amortecimento ou detenção de vazão de águas pluviais urbanas.

O manejo das águas pluviais é realizado em todos os municípios estudados pela prefeitura.

⁵Constituem resíduos sépticos de serviços de saúde ou hospitalar os que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos. São produzidos em serviços de saúde, tais como hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde etc.

6.1.5 Usos da água

A Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe (SEMARH-SE) possui cadastro de 91 usuários distribuídos na área da Bacia do Rio Jacaré (Figura 7). Na Tabela 9, são apresentados os usos de água outorgados na área, sendo certo que o tipo de uso predominante da água é para a atividade agropecuária.

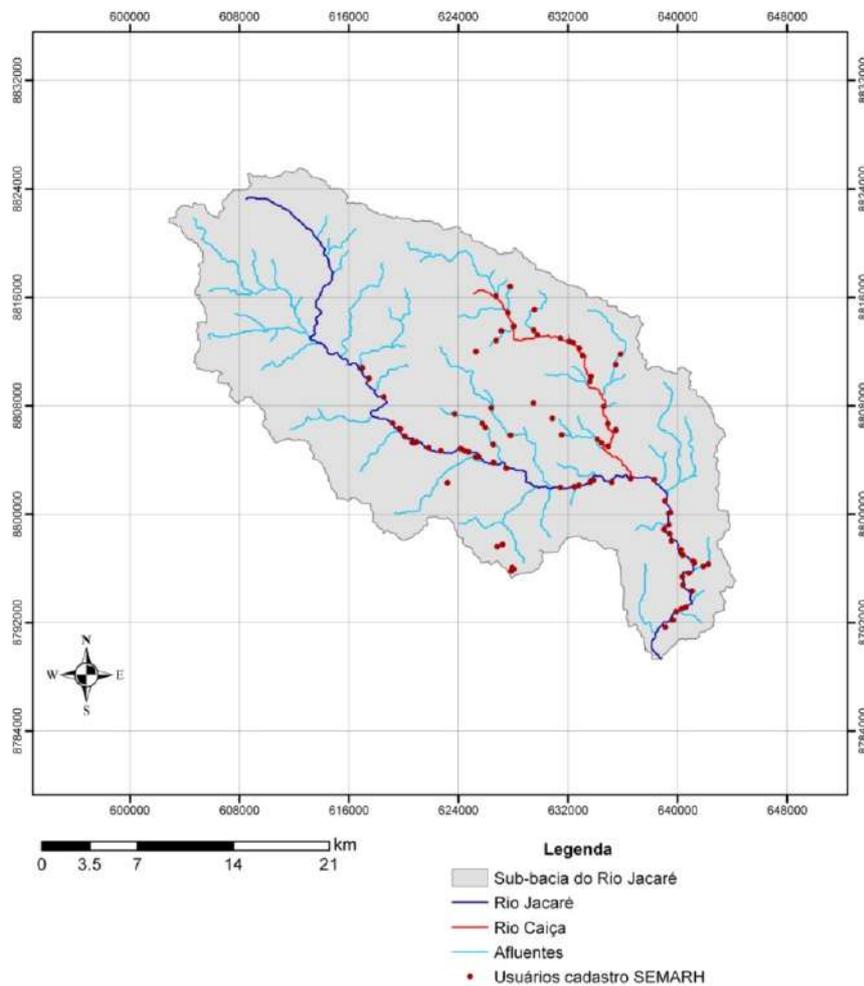


Figura 7 - Usuários de água da Bacia do Rio Jacaré cadastrados na SEMARH. Fonte: Projeto “Bacias Críticas” (2012).

Usuário	Rio	Q (m ³ s ⁻¹)	Uso ⁶	Usuário	Rio	Q (m ³ s ⁻¹)	Uso
1	Jacaré	0,000066	AGP	47	Jacaré	0,003366	AGP
2	Jacaré	0,000163	AGP	48	Tamanca	0,000046	AGP
3	Jacaré	0,000125	AGP	49	Jacaré	0,000475	AGP
4	Jacaré	0,000138	AGP	50	Pedras	0,000061	AGP
5	Jacaré	0,000197	AGP	51	Jacaré	0,000922	AGP
6	Jacaré	0,000139	AGP	52	Jacaré	0,000767	AGP
7	Jacaré	0,000046	AGP	53	Pedras	0,000052	AGP
8	Jacaré	0,000042	AGP	54	Jacaré	0,000932	AGP
9	Jacaré	0,000053	AGP	55	Donana	0,000507	AGP
10	Olhod'água	0,000046	AGP	56	Minante	0,000565	AGP
11	Olhod'água	-	AGP	57	Caiçá	0,000068	AGP
12	Olhod'água	0,000141	AGP	58	Caiçá	0,000046	AGP
13	Macuna	0,000035	AGP	59	Jacaré	0,000475	AGP
14	Minante	0,000015	AGP	60	Jacaré	0,001087	AGP
15	Jacaré	0,000052	AGP	61	Barroca	0,001224	AGP
16	Jacaré	0,000082	AGP	62	Caiçá	0,000528	AGP
17	Jacaré	0,00005	AGP	63	Tamanca	0,002895	AGP
18	Jacaré	-	AGP	64	Jacaré	0,000028	AGP
19	Jacaré	0,000122	AGP	65	Pedras	0,000557	AGP
20	Minante	0,000079	AGP	66	Malhadas	0,00716	AGP
21	Olhod'água	0,001602	AGP	67	Donana	0,00674	AGP
22	Jacaré	0,000034	AGP	68	Caiçá	0,076639	AGP
23	Jacaré	0,000069	AGP	69	Pedras	-	AGP
24	Jacaré	0,000156	AGP	70	Jacaré	0,000521	AGP
25	Jacaré	0,00005	AGP	71	Caiçá	0,000046	AGP
26	Jacaré	0,000139	AGP	72	Jacaré	0,000384	AGP
27	Jacaré	0,000046	AGP	73	Caiçá	0,004438	AGP
28	Jacaré	0,000202	AGP	74	Jacaré	0,000973	AGP
29	Jacaré	0,000114	AGP	75	Jaqueira	0,000481	AGP
30	Jacaré	0,002475	AGP	76	Caiçá	0,000772	AGP
31	Jacaré	-	AGP	77	Jaqueira	0,000174	AGP
32	Jacaré	0,000612	AGP	78	Baixa da paca	0,001224	AGP
33	Jacaré	0,001425	AGP	79	Caiçá	0,000611	AGP
34	Jacaré	0,00084	AGP	80	Caiçá	0,001123	AGP
35	Jacaré	-	AGP	81	Caiçá	-	AGP
36	Jacaré	0,000642	AGP	82	Baixa do Boeiro	0,005543	AGP
37	Jacaré	0,000468	AGP	83	Caiçá	0,000475	AGP
38	Jacaré	0,00053	AGP	84	Buriti	0,000481	AGP
39	Jacaré	0,028365	AGP	85	Caiçá	0,001406	AGP
40	Jacaré	-	AGP	86	Buriti	0,000065	AGP
41	Jacaré	0,000475	AGP	87	Caiçá	0,001315	AGP
42	Jacaré	0,000475	AGP	88	Caiçá	0,003306	AGP
43	Jacaré	0,000096	AGP	89	Buriti	0,007187	AGP
44	Jacaré	0,000055	AGP	90	Caiçá	0,00232	AGP
45	Jacaré	0,000374	AGP	91	Mercador	0,007393	AGP
46	Jacaré	0,000041	AGP	-	-	-	-

Tabela 9 - Cadastro de usuários da Bacia do Rio Jacaré - SEMARH-SE. Fonte: Projeto "Bacias Críticas" (2012).

⁶AGP = uso da água para fim agropecuário.

De acordo com os dados do cadastro da SEMARH, a vazão outorgada do rio principal ou de seus afluentes é de 0,186254 m³/s. A vazão retirada pelos usuários no Rio Jacaré é de 0,048888 m³/s e no Caiçá, de 0,093093 m³/s.

6.1.6 Arranjo institucional e legal referente ao enquadramento

O estado de Sergipe apresenta o enquadramento de corpos hídricos em classes de uso como instrumento do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A identificação da legislação de recursos hídricos relevante ao enquadramento no estado de Sergipe consta no item 6.2.1.

Não foi identificada na área de estudo nenhuma legislação ou área de proteção ambiental específica, que influenciaria diretamente nas classes de enquadramento dos corpos hídricos analisados.

O Rio Jacaré é considerado afluente do lado esquerdo do Rio Piauí no estado de Sergipe e, por isso, é considerada uma sub-bacia do Rio Piauí. Já na Bahia, o Rio Jacaré faz parte da Bacia do Vaza Barris. No entanto, há uma discussão a respeito da dominialidade do Rio Jacaré e, por consequência, da definição das bacias. A vazão do Rio Jacaré seria maior que a do Rio Piauí e portanto passaria a ser o rio principal, tornando a bacia interestadual. No entanto, o trecho do Rio Jacaré no estado da Bahia é pequeno e com vazão intermitente, não justificando, até agora, a alteração da dominialidade da bacia.

Não existe comitê de bacia formado no âmbito da Bacia do Rio Jacaré. No estado de Sergipe, o comitê da Bacia do Rio Piauí encontra-se em fase de estruturação.

6.1.7 Disponibilidade hídrica

Subterrânea

A área de estudo localiza-se basicamente em dois domínios hidrogeológicos. O Fraturado – Cárstico (rochas calcárias) e o Fraturado (cristalino) (ANA, 2009). Ambas

compreendem as rochas do embasamento cristalino. O domínio Fraturado apresenta o menor potencial hídrico. As vazões dos poços são, em geral, baixas, inferiores a 10 m³/h e as águas apresentam problemas quanto à salinidade. No domínio Fraturado-Cárstico, a faixa mais comum de vazões varia de 5 m³/h a 60 m³/h, para profundidades dos poços geralmente entre 50 e 150 m, apresentando médio potencial hídrico (ANA, 2009). Devido à contribuição de rochas calcárias, as águas podem apresentar problemas localizados quanto à dureza.

Superficial

Na Tabela 10, são apresentadas as vazões nos pontos monitorados na Bacia do Rio Jacaré no período de abril de 2010 a março de 2011, sendo que elas variaram de 0,02 m³/s a 10,47m³/s.

O ponto de monitoramento P1, localizado no Rio Jacaré antes da confluência com o Rio Caiçá, apresentou em geral, as menores vazões. Já o P3, na Foz do Rio Jacaré, apresentou a maior e a menor vazão do monitoramento, 10,47m³/s e 0,02 m³/s. O Rio Caiçá (P2) apresentou vazões que variaram de 0,02m³/s a 4,16m³/s. As maiores e menores vazões foram identificadas respectivamente nos meses de julho e fevereiro.

Mês	Vazão (m ³ /s)		
	P1	P2	P3
Abril	0,37	0,30	0,26
Mai	0,10	0,21	0,65
Junho	0,25	0,42	3,01
Julho	1,88	4,16	10,47
Agosto	0,24	0,34	1,30
Setembro	2,54	2,76	8,21
Outubro	0,17	0,19	0,49
Novembro	0,14	0,18	0,53
Dezembro	0,09	0,14	0,33
Janeiro	0,07	0,16	0,25
Fevereiro	0,33	0,02	0,02
Março	0,1	0,03	0,2

Tabela 10 - Vazões monitoradas na Bacia do Rio Jacaré.

Por meio da simulação hidrológica realizada com o modelo SMAP para o período 2001 – 2010, foram formuladas as curvas de permanência das vazões nos pontos de monitoramento, para a vazão de referência Q₉₅.

De acordo com a simulação realizada, o período de maiores vazões se encontra em geral nos meses de junho a setembro, com o mês de julho se destacando em todos os pontos com as vazões mais altas.

Para a distinção dos períodos secos e de cheias, os resultados da simulação foram separados por mês em cada ponto de monitoramento e foram calculadas as medianas das vazões de cada mês e também o percentil 75% de todos os dados monitorados para o ponto de monitoramento em questão. Os meses que tinham mediana de vazão acima do percentil 75% de todos os valores para o período foram considerados de cheia, já os meses que apresentaram valores de mediana de vazão abaixo do percentil 75% de todos os valores do período completo foram considerados secos.

Em cada ponto de monitoramento, foram formuladas as curvas de permanência da vazão para o período seco, o de cheia e o completo. Essa separação ocorreu a fim de analisar a disponibilidade hídrica em cada período hidrológico distinto e verificar as características hidrológicas no período seco de um corpo hídrico intermitente. A análise da curva de permanência em cada período é relevante ao enquadramento de corpos hídricos, pois a disponibilidade hídrica afeta diretamente a qualidade e o uso da água na bacia, e a curva de permanência abrangendo ambos os períodos não alcança as potencialidades e limitações de cada um, tendo em vista que os objetivos de qualidade para corpos hídricos intermitentes podem ser sazonais.

Na curva de permanência do P1 (Figura 8), localizado no Rio Jacaré a montante da confluência com o Caiçá, percebe-se que a vazão é maior que $1\text{m}^3/\text{s}$ em apenas 7% do tempo na curva que considera a série hidrológica completa, em aproximadamente 15% do tempo na curva que considera o período das cheias e não atinge tal vazão no período seco. Já a Q_{80} atinge valores de $0,024\text{m}^3/\text{s}$ na curva que considera a série hidrológica completa, $0,15\text{ m}^3/\text{s}$ na curva que considera o período das cheias e $0,014\text{ m}^3/\text{s}$ na curva formulada para o período das secas.

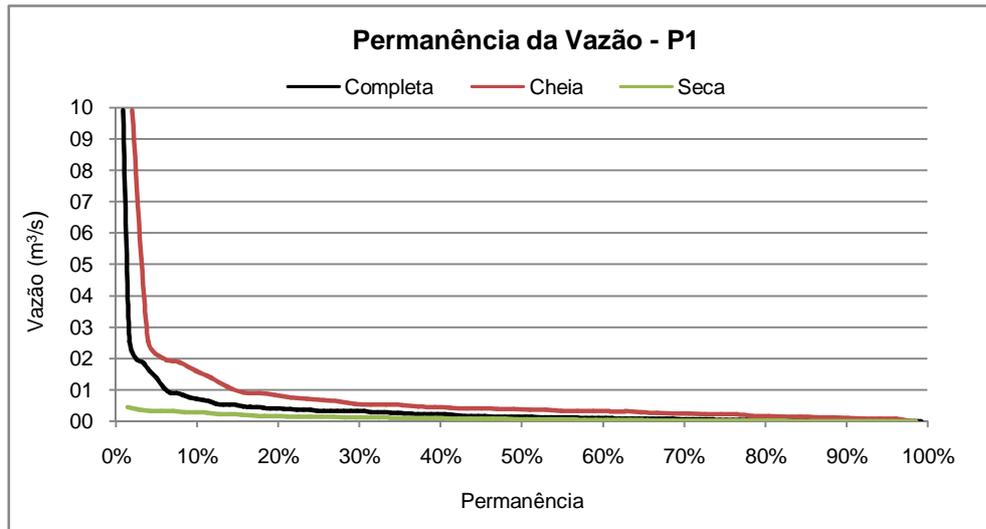


Figura 8 - Curva de permanência das vazões - P1.

O P2 é localizado no Rio Caiçá. O rio Caiçá é lindeiro a um adensamento urbano no município de Simão Dias. O principal uso da água na bacia é para a agropecuária. O volume de água outorgado no Rio Caiçá é de 0,093 m³/s (SEMARH, 2011). Com base nas curvas de permanência da vazão formuladas (Figura 9), no período seco a vazão do corpo hídrico é superior à vazão outorgada durante aproximadamente 15% do tempo, já no período de cheias a vazão é superior em aproximadamente 74% do tempo. O excesso de uso pode levar a danos ambientais em períodos secos, podendo vir a interferir até nos períodos de cheias.

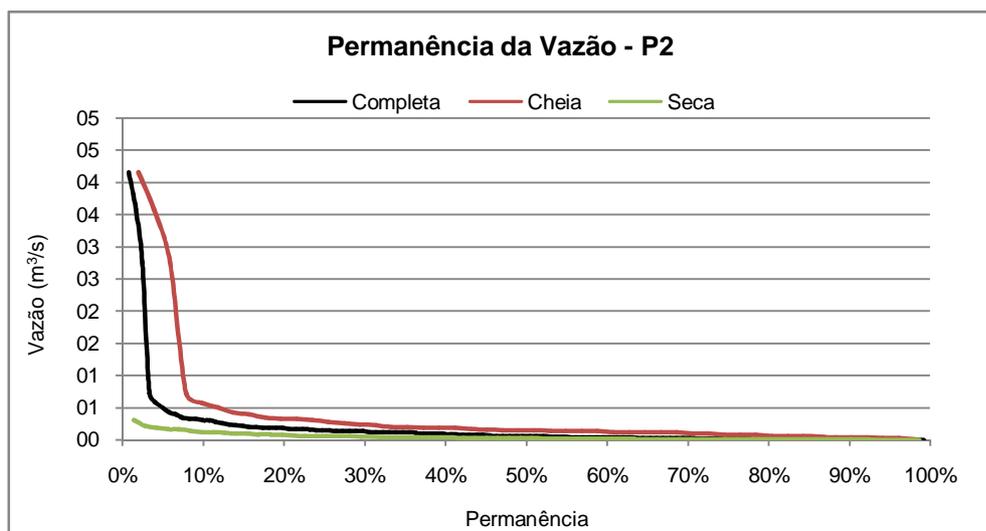


Figura 9 - Curva de permanência das vazões - P2.

O ponto P3 está localizado no Rio Jacaré num ponto a jusante da confluência com o Rio Caiçá. De acordo com as curvas de permanência (Figura 10), a Q_{80} atinge valores de

0,036m³/s na curva que considera a série hidrológica completa, 0,26 m³/s na curva que considera o período das cheias e 0,02 m³/s na curva formulada para o período das secas.

As outorgas em todo o Rio Jacaré em Sergipe contabilizam 0,05 m³/s (SEMARH, 2011). Com base nas curvas de permanência da vazão formuladas, no período seco a vazão do corpo hídrico é superior à vazão outorgada durante aproximadamente 63% do tempo, já no período de cheias a vazão é superior em aproximadamente 96% do tempo.

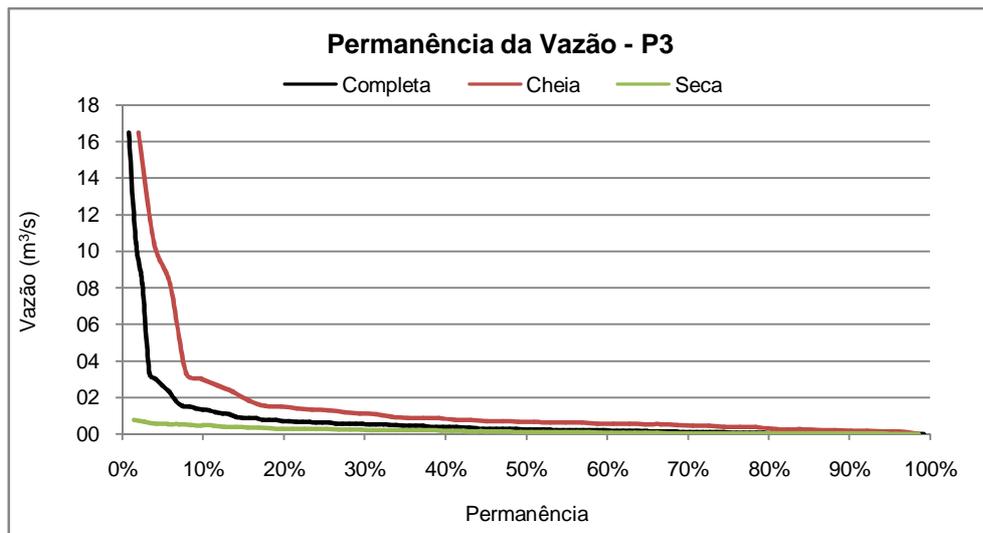


Figura 10 - Curva de permanência das vazões - P3.

6.1.8 Qualidade

Os pontos escolhidos para o estudo foram monitorados pelo período de um ano (abril/2010 a março/2011).

As figuras 11 a 27 apresentam os resultados de qualidade de água monitorados. Quando há limite de qualidade da variável monitorada, definido para a classe de enquadramento, ele é identificado no respectivo gráfico. Para todos os pontos de monitoramento, segundo o enquadramento realizado pelo Governo do estado de Sergipe, a classe de enquadramento é classe 2 de águas salobras.

Os pontos das figuras em que não há valor correspondente ao mês apontado representam valores abaixo dos limites detectáveis pela análise laboratorial.

Os parâmetros nitrito, amônia e P-Total no P1 apresentaram valores abaixo do limite detectável em 92%, 75% e 42% das amostras. No P2 os parâmetros nitrito, amônia e P-Total apresentaram valores abaixo do limite detectável em 92%, 83% e 42% das amostras, respectivamente. No P3 os parâmetros nitrito e amônia apresentaram valores abaixo do limite detectável em 83% das amostras; o parâmetro P-Total em 75% das amostras apresentou valor abaixo do limite detectável.

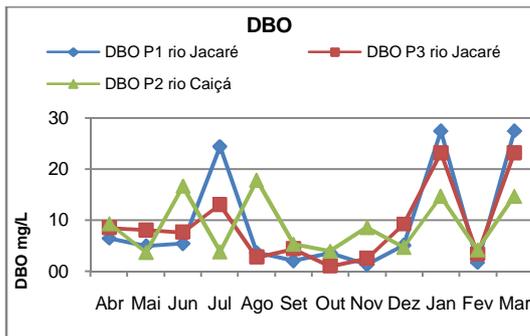


Figura 11 – DBO monitorada na Bacia do Jacaré

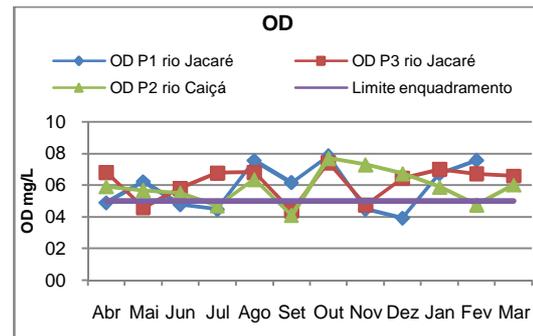


Figura 12 – DBO monitorada na Bacia do Jacaré

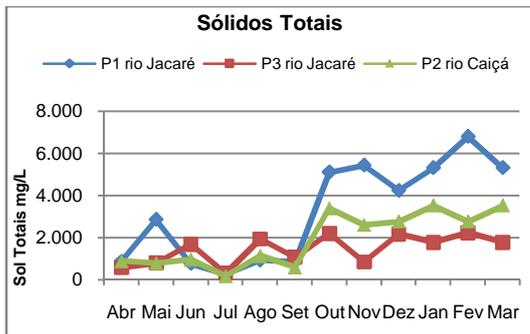


Figura 13 – DQO monitorada na Bacia do Jacaré

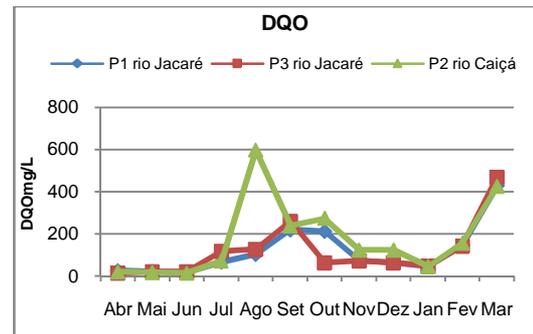


Figura 14 – Sólidos totais monitorados na Bacia do Jacaré

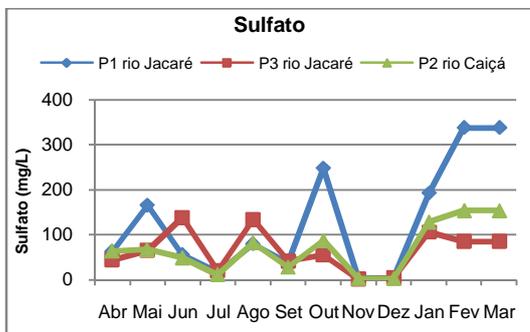


Figura 15 – Sulfato monitorado na Bacia do Jacaré

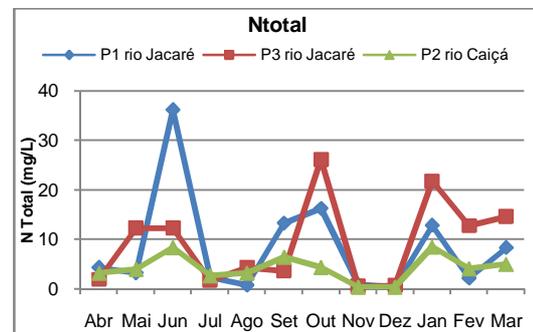


Figura 16 – N total monitorado na Bacia do Jacaré

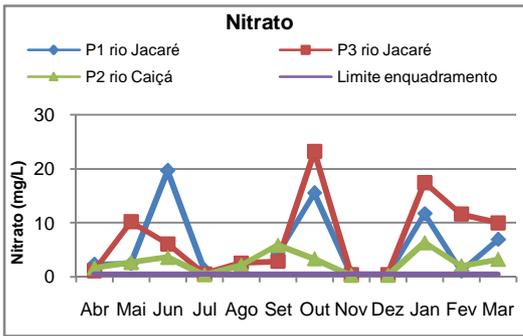


Figura 17 – Nitrato monitorado na Bacia do Jacaré

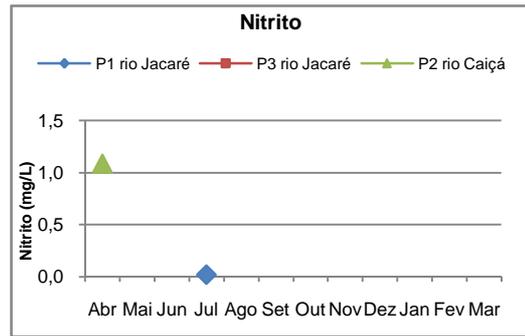


Figura 18 – Nitrito monitorado na Bacia do Jacaré

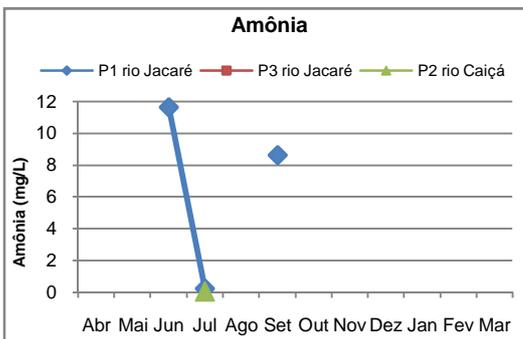


Figura 19 – Amônia monitorada na Bacia do Jacaré

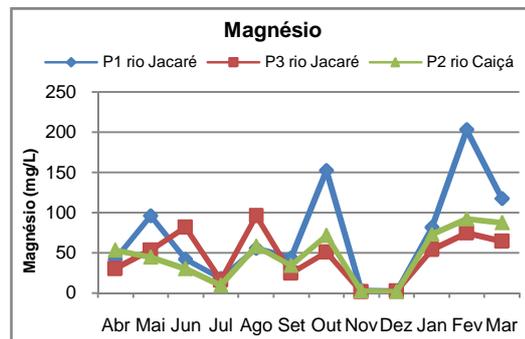


Figura 20 – Magnésio monitorado na Bacia do Jacaré

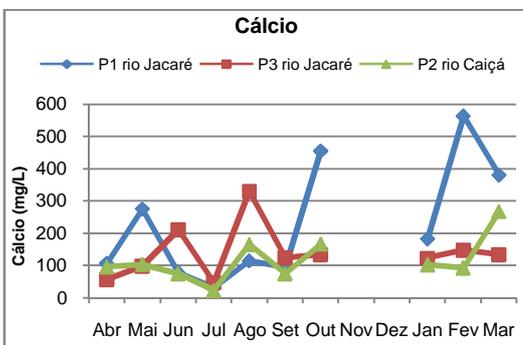


Figura 21 – Cálcio monitorado na Bacia do Jacaré

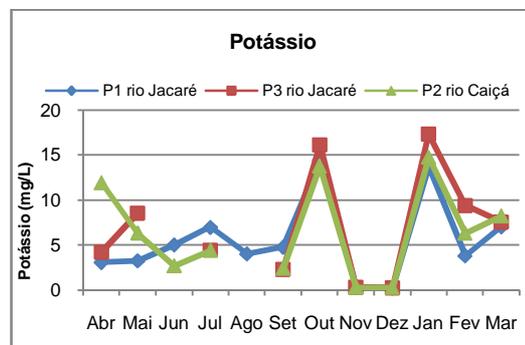


Figura 22 – Potássio monitorado na Bacia do Jacaré

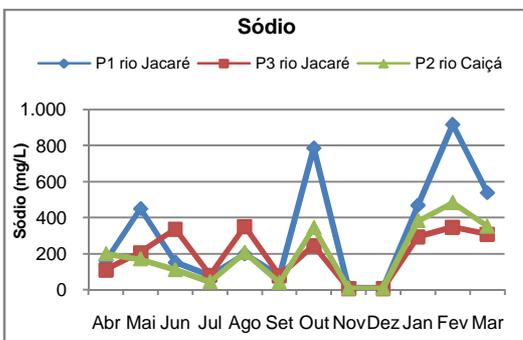


Figura 23 – Sódio monitorado na Bacia do Jacaré

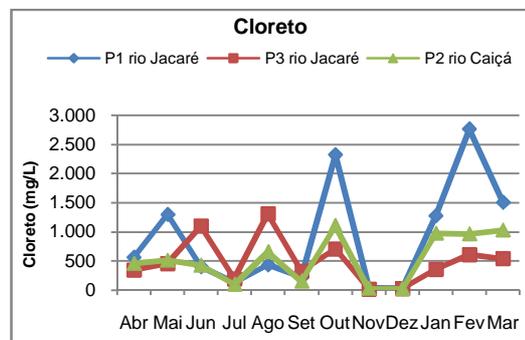


Figura 24 – Cloreto monitorado na Bacia do Jacaré

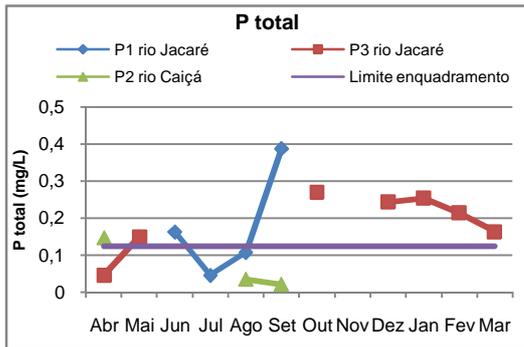


Figura 25 – Fósforo monitorado na Bacia do Jacaré

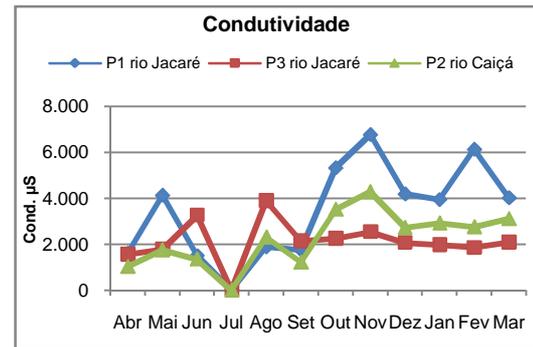


Figura 26 – Cond. elétrica monitorada na Bacia do Jacaré

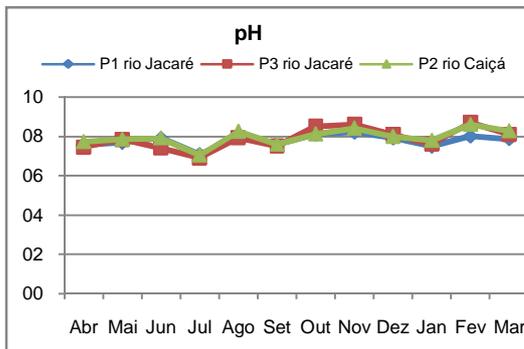


Figura 27 – pH monitorado na Bacia do Jacaré

De acordo com o monitoramento, a água dos Rios Jacaré e Caiçá na Bacia do Rio Jacaré só são classificadas como doces no mês mais chuvoso, julho. Percebe-se alta concentração de sódio nos pontos monitorados da Bacia do Rio Jacaré, influenciando negativamente o uso prioritário da bacia, que é de irrigação de culturas agrícolas e utilização em pecuária.

A classe 2 de águas salobras possui limite para 3 das variáveis indicativas de qualidade monitoradas na Bacia do Rio Jacaré, OD, nitrato e fósforo total. O enquadramento não é atingido na maioria dos monitoramentos.

6.1.9 Simulação da qualidade e da quantidade por meio do MECA

A simulação no MECA foi realizada para os Rios Jacaré e Caiçá discretizados em trechos de 1 km, sendo realizada separadamente para o período seco e para o período chuvoso em cada corpo hídrico.

As vazões de referência arroladas para a simulação foram: Q_{95} , Q_{80} , Q_{mlp} e Q_{dif} (BRITES, 2010).

Os dados sobre os usuários de água, bem como a respectiva vazão outorgada a eles, foram obtidos do cadastro da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe. A captação de água outorgada foi inserida no respectivo quilômetro do trecho hídrico no *software* de simulação.

A simulação da qualidade foi realizada para as variáveis DBO, OD e fósforo.

A simulação da variável indicativa de qualidade hídrica Fósforo foi realizada a partir da suposição de cenários. Durante as campanhas de monitoramento, não foi possível obter dados quantificados em todas as análises, o que impossibilitou a calibração destes dados. Optou-se por realizar essa simulação baseada em suposição de cenário, tendo em vista a importância do fósforo na eutrofização dos corpos hídricos no Nordeste brasileiro.

Para a simulação da carga difusa, foi considerada a concentração de 0,000005kg/l de DBO em áreas rurais e 0,000015 kg/l em áreas urbanas (PORTO et al. ,2007). Para a simulação da carga difusa do fósforo, considerou-se a carga de 0,137 (kgkm²/dia) para áreas agrícolas e de 0,274 (kgkm²/dia) para áreas urbanas (CHAPRA, 1997 e VON SPERLING, 2007).

Para OD, foi considerada a carga difusa de 2mg/l em áreas agrícolas.

Em áreas urbanas, foi considerado que o esgoto gerado era lançado in natura nos corpos d'água e, para tal, a concentração de DBO adotada foi de 337,5 mg/l , 0 mg/l para OD e carga de fósforo de 0,4 kgkab/ano. Além das áreas definidas como centros urbanos pelo governo municipal, foi considerado o lançamento de esgoto in natura em locais em que a densidade demográfica era superior a 150 hab/km². Esta consideração teve como pressuposto Abramovay (2000), que considera que áreas com densidade demográfica superior a 150 hab/km² já seriam consideradas áreas urbanas devido à complexidade de relações ali desenvolvidas.

Período Chuvoso

Rio Caiçá

De acordo com a simulação para a variável indicativa de qualidade DBO, os resultados para o Rio Caiçá são apresentados na Figura 28. Nota-se que entre os quilômetros 6 e 10, há uma elevada concentração de DBO. Os picos de concentração atingem valor superior a 150 mg/l na Q_{95} . Entre esses pontos, está localizado um aglomerado populacional urbano e, tendo

em vista a ausência de rede de captação e tratamento de esgoto na área de estudo, a qualidade hídrica nessa área tende a piorar. A DBO apresenta resultado de concentração decrescente nas vazões Q_{95} , Q_{80} , Q_{difusa} e Q_{mlp} , respectivamente, graças à diluição da carga de DBO.

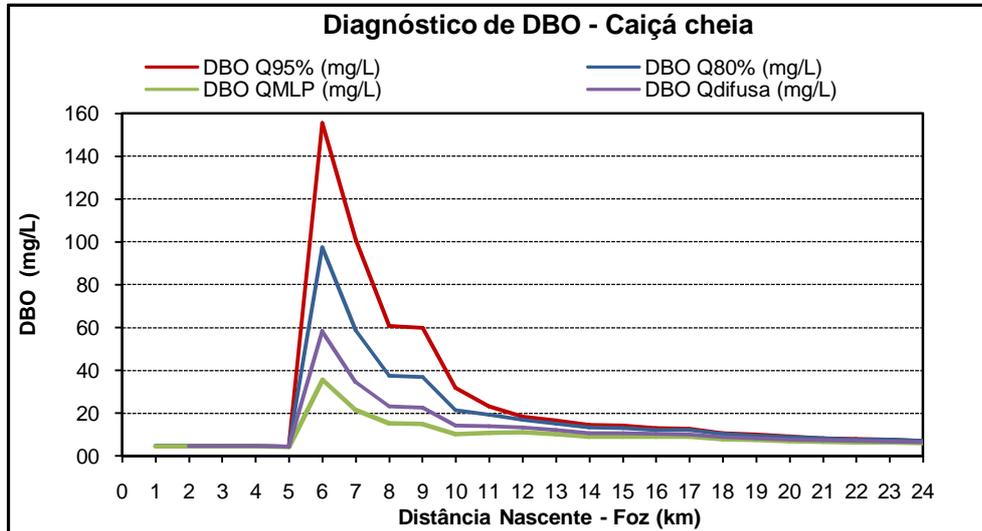


Figura 28 – Diagnóstico de DBO MECA - Caiçá Cheia

O estudo apresenta um ponto de monitoramento no rio Caiçá, localizado a 18 quilômetros de distância de sua nascente. A calibração de DBO do modelo, apresentada na Figura 29, levou em consideração apenas os dados relativos ao período chuvoso, tendo em vista que a simulação utilizou dados no mesmo período.

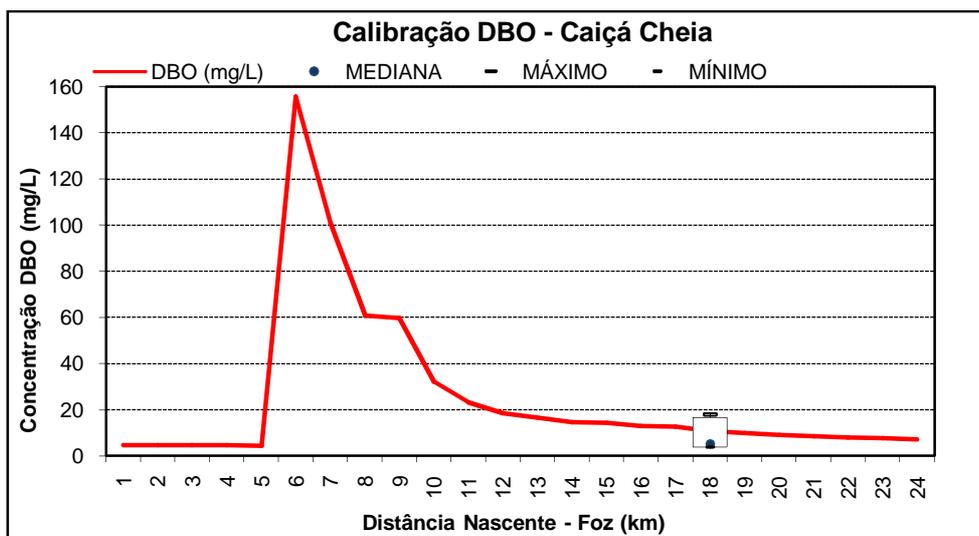


Figura 29 - Calibração de DBO MECA - Caiçá Cheia

Na Figura 30, é apresentado o diagnóstico de OD para o rio Caiçá no período da cheia. Segundo o enquadramento dos corpos hídricos do estado de Sergipe, o rio Caiçá possui classe de água salobra 2. Isso significa que, o mínimo aceitável para OD no trecho hídrico é de 4mg/l. Na simulação realizada, o corpo hídrico não atinge tal nível apenas no trecho de adensamento urbano, recuperando-se poucos metros depois.

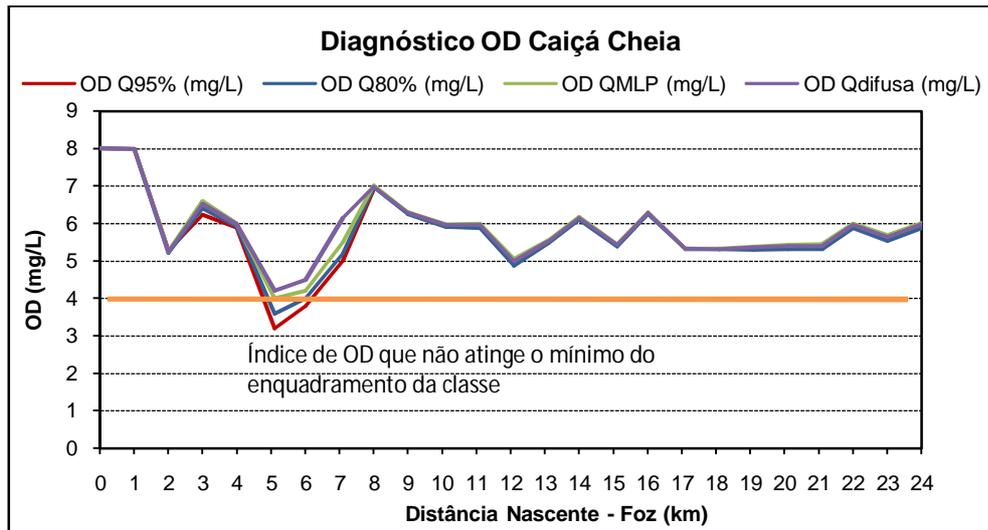


Figura 30 – Diagnóstico OD Caiçá Cheia

Na Figura 31, é apresentada a calibração da simulação de OD para o Rio Caiçá no período da cheia. A calibração levou em conta apenas os resultados de monitoramento de qualidade do período chuvoso. Pode-se observar que a simulação atendeu aos critérios de calibração no trecho hídrico estudado.

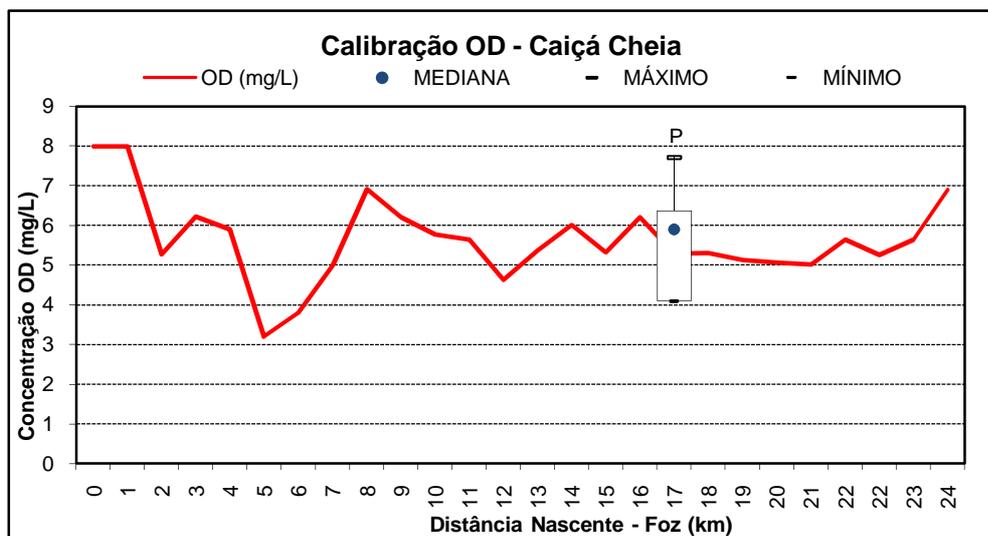


Figura 31 – Calibração de OD - Caiçá Cheia

De acordo com a simulação no modelo MECA, considerando as contribuições de efluentes de esgoto e as vazões outorgadas pela SEMARH – Sergipe, a vazão disponível no período chuvoso no Rio Caiçá é apresentada na Figura 32.

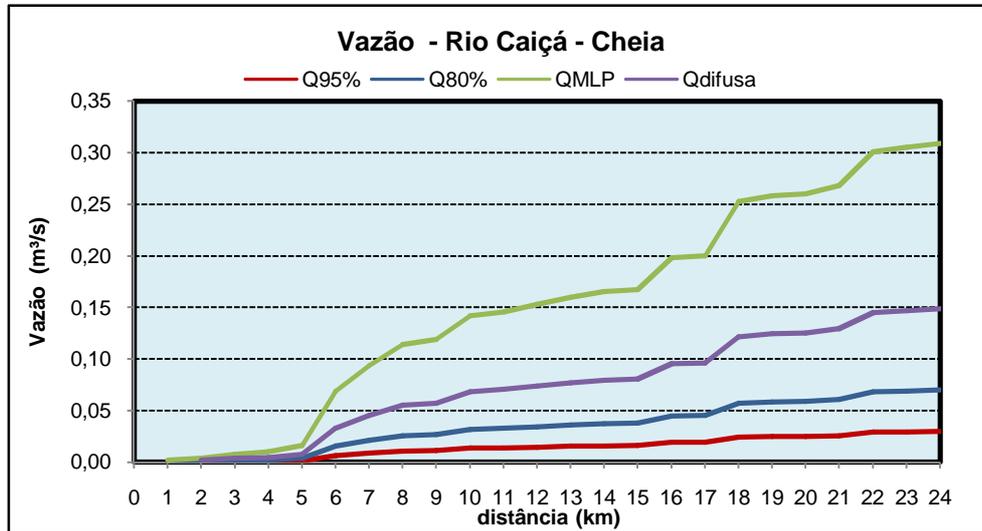


Figura 32 - Diagnóstico de vazão MECA Caiçá Cheia

Nota-se que, de acordo com a simulação realizada, considerando as vazões outorgadas para uso agropecuário no Rio Caiçá, a vazão disponível é mínima, porém em nenhum momento chegou a zero ou não supriu as necessidades da outorga.

Na Figura 33, é apresentada a simulação de cenário de qualidade hídrica para a variável fósforo na Bacia do Rio Caiçá no período da cheia.

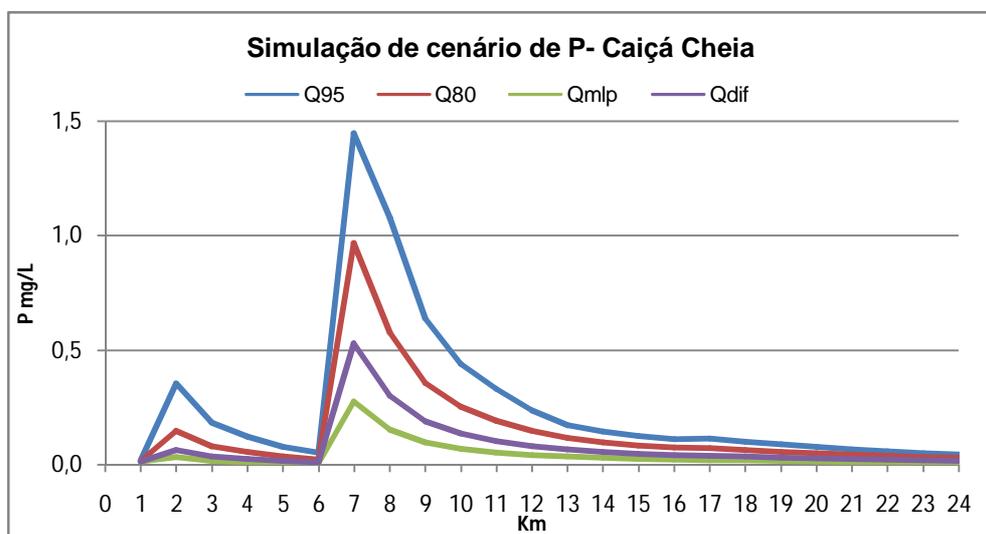


Figura 33 – Simulação P – Caiçá Cheia

Nesta simulação, não há como realizar a calibração da variável fósforo, tendo em vista que não há monitoramento para tal. A carga de fósforo da bacia é em grande parte advinda de fontes difusas das atividades agropecuárias ali desenvolvidas. A carga difusa na simulação de qualidade é distribuída igualmente ao longo do tempo, já na bacia ela é levada ao corpo hídrico imediatamente após as chuvas, e não é identificada em monitoramentos de qualidade pontuais em períodos que não sejam após as chuvas.

Rio Jacaré

De acordo com a simulação para a variável indicativa de qualidade DBO, os resultados para o Rio Jacaré são apresentados na Figura 34. Nota-se que a concentração de DBO atinge maiores valores até os 25 quilômetros iniciais do Rio Jacaré, porém a concentração máxima obtida na simulação da Q_{95} foi de 19 mg/l de DBO. Neste corpo hídrico, não há aglomerado urbano, porém, devido à falta de tratamento de efluentes, alguns trechos com maior densidade populacional apresentam resultados de qualidade inferiores ao restante da bacia. A DBO apresenta concentração decrescente nas vazões Q_{95} , Q_{80} , Q_{difusa} e Q_{mlp} , respectivamente, graças à diluição da carga de DBO.

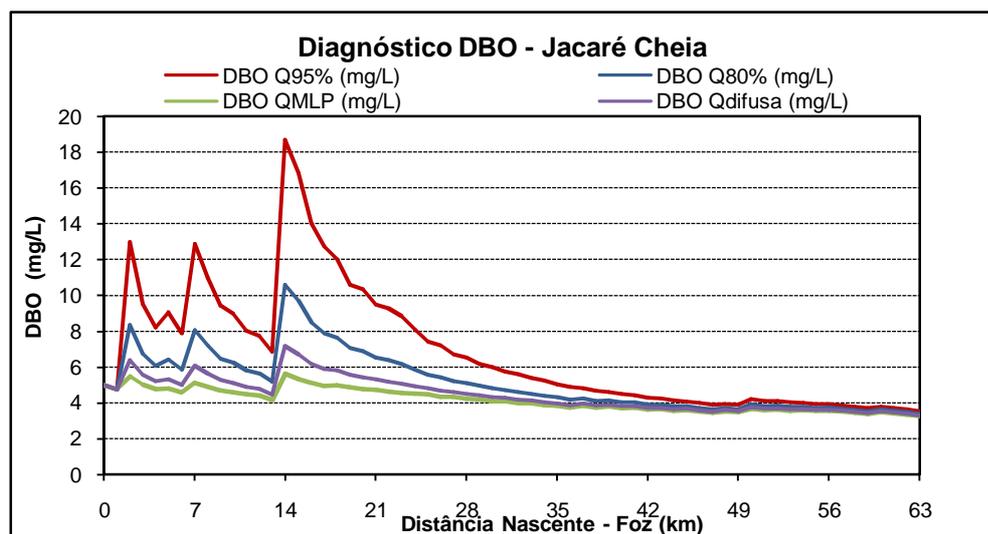


Figura 34 – Diagnóstico de DBO MECA - Jacaré Cheia

O estudo apresenta dois pontos de monitoramento no Rio Jacaré, um deles localizado a 43 quilômetros de distância da nascente e o outro na foz do mesmo rio. A calibração de DBO do modelo apresentada na Figura 35 levou em consideração apenas os dados relativos ao

período chuvoso, tendo em vista que a simulação utilizou dados no mesmo período, mostrando que a simulação da qualidade por meio da DBO está de acordo com os dados obtidos em monitoramento.

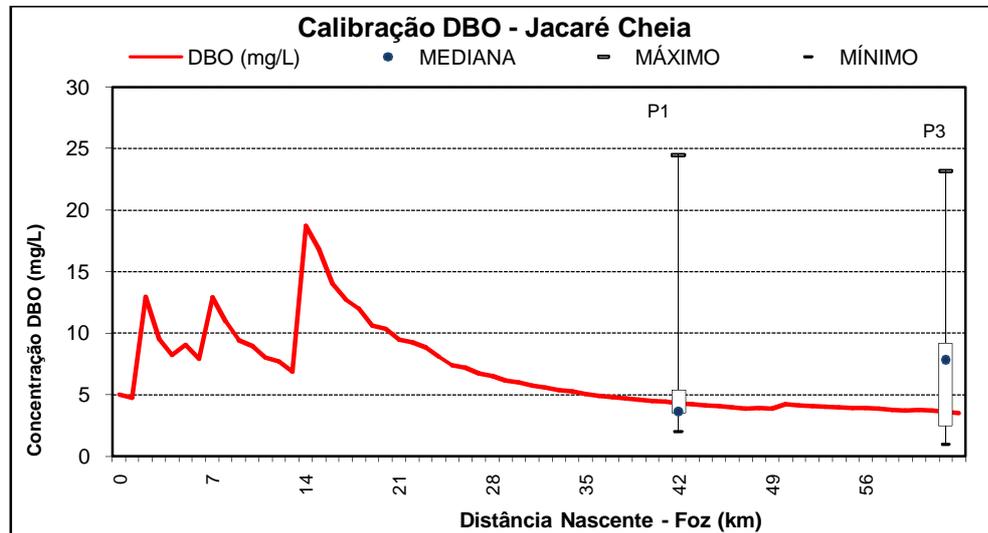


Figura 35 - Calibração de DBO MECA - Jacaré Cheia

Na Figura 36, é apresentado o diagnóstico do OD para o Rio Jacaré no período chuvoso. O OD simulado é sempre superior ao mínimo exigido pela classe 2 salobra (4 mg/l), que o Rio Jacaré é enquadrado. Na figura 37, é apresentada a calibração desta simulação de OD.

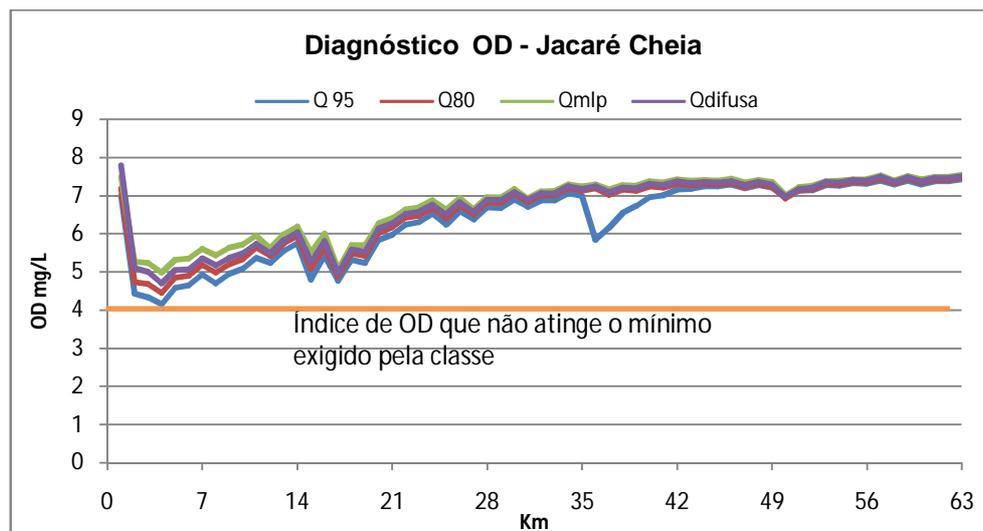


Figura 36 – Diagnóstico de OD – Jacaré Cheia

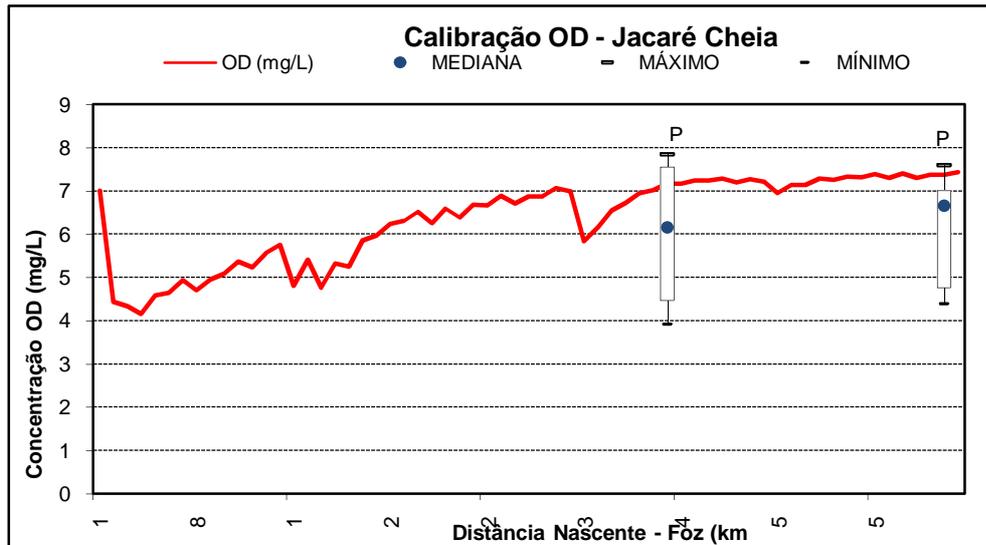


Figura 37 – Calibração de OD Jacaré Cheia

De acordo com a simulação realizada, considerando as contribuições de efluentes de esgoto e as vazões outorgadas pela SEMARH – Sergipe, a vazão disponível no período chuvoso no Rio Jacaré é apresentada na Figura 38. Pode-se notar que, no período de cheia, a vazão disponível é mínima, porém em nenhum momento chegou a zero, ou não supriu as necessidades da outorga.

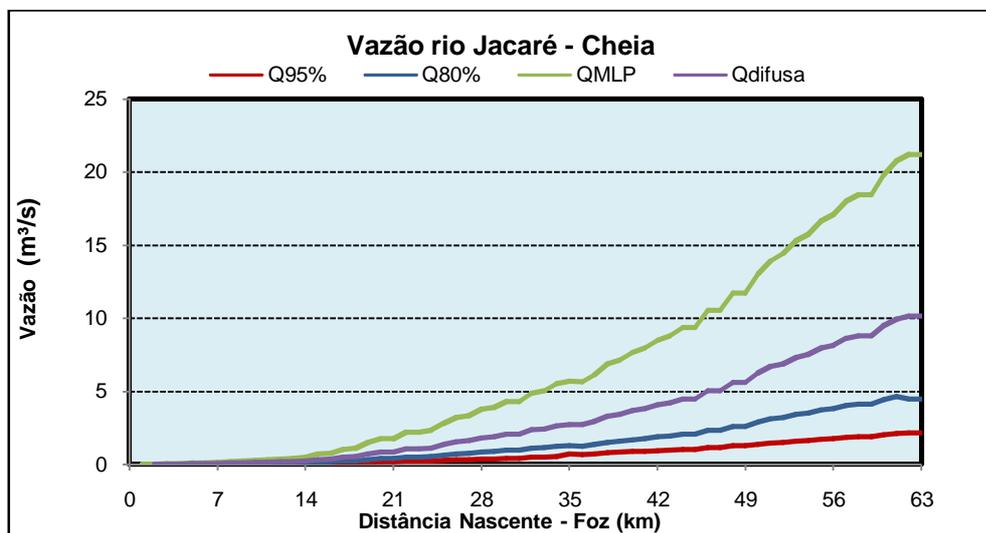


Figura 38 - Diagnóstico de vazão MECA - Jacaré Cheia

Na figura 39, é apresentada a simulação do cenário de qualidade de fósforo para o Rio Jacaré no período da cheia.

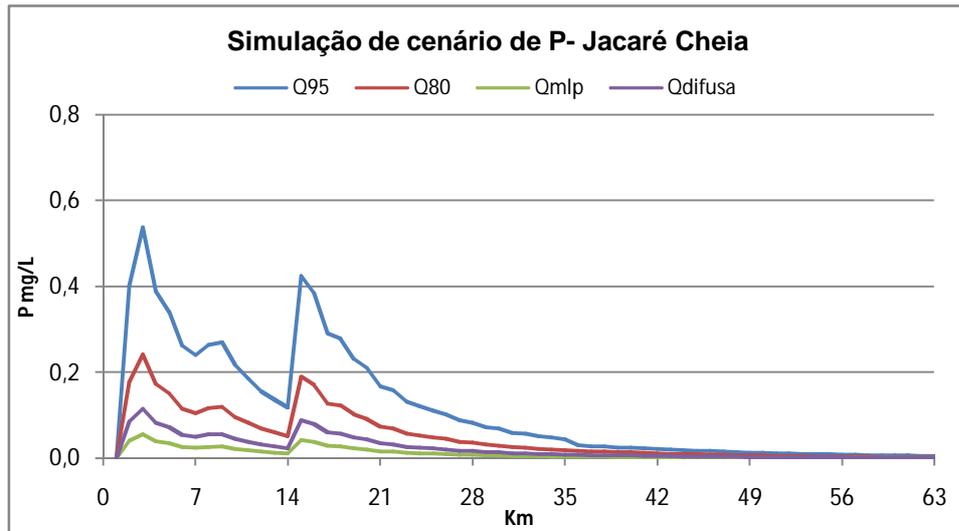


Figura 39 – Simulação de cenário de fósforo

Nessa simulação, não há como realizar a calibração da variável fósforo, tendo em vista que não há monitoramento para tal. A carga de fósforo da bacia é em grande parte advinda de fontes difusas das atividades agropecuárias ali desenvolvidas. A carga difusa na simulação de qualidade é distribuída igualmente ao longo do tempo, já na bacia ela é levada ao corpo hídrico imediatamente após as chuvas, e não é identificada em monitoramentos de qualidade pontuais em períodos que não os após as chuvas.

SECA

Caiçá

De acordo com a simulação para a variável indicativa de qualidade DBO, os resultados para o Rio Caiçá são apresentados na Figura 40. Nota-se que no quilômetro 6 há um pico de elevada concentração de DBO. O pico de concentração atinge valor superior a 300 mg/l na Q₉₅, no ponto em que está localizado um aglomerado populacional urbano, e tendo em vista a ausência de esgotamento na área de estudo, a qualidade hídrica nos respectivos pontos hídricos tende a piorar. O diagnóstico da DBO para o período seco não abrange a totalidade do rio na Q₉₅ e na Q₈₀, pois em alguns pontos a vazão atingiu valores negativos, ou seja, o fluxo de água do rio não foi suficiente para manter os usos previstos e secou.

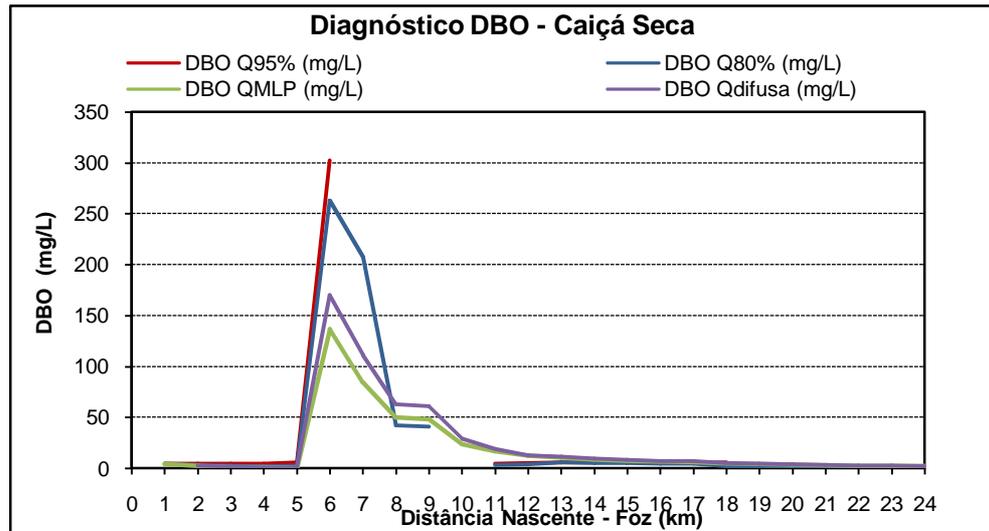


Figura 40 - Diagnóstico de DBO MECA - Caiçá Seca

Na Figura 41, é apresentada a calibração da DBO do Rio Caiçá no período da seca. No período analisado, alguns trechos do Rio Caiçá, apresentam vazão negativa (as outorgas emitidas superaram e a vazão natural do trecho hídrico), portanto, os respectivos trechos não apresentam resultados de DBO para a calibração da simulação. O ponto de monitoramento localizado entre os quilômetros 18 e 19 do respectivo trecho hídrico apresenta na simulação vazão positiva, sendo, portanto, possível realizar a calibração dessa variável indicativa de qualidade hídrica.

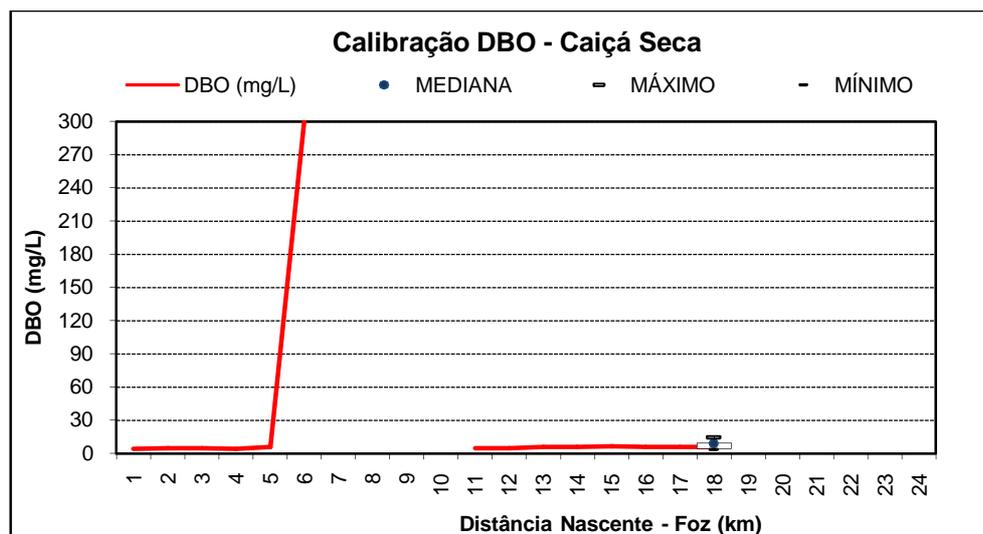


Figura 41 – Calibração de DBO Caiçá Seca

Na Figura 42, é apresentada a simulação de OD do Rio Caiçá no período da seca. Tendo em vista que em alguns trechos a vazão desse rio no período estudado foi negativa

(Figura 44), os respectivos trechos ficaram sem resultados para a simulação de qualidade hídrica.

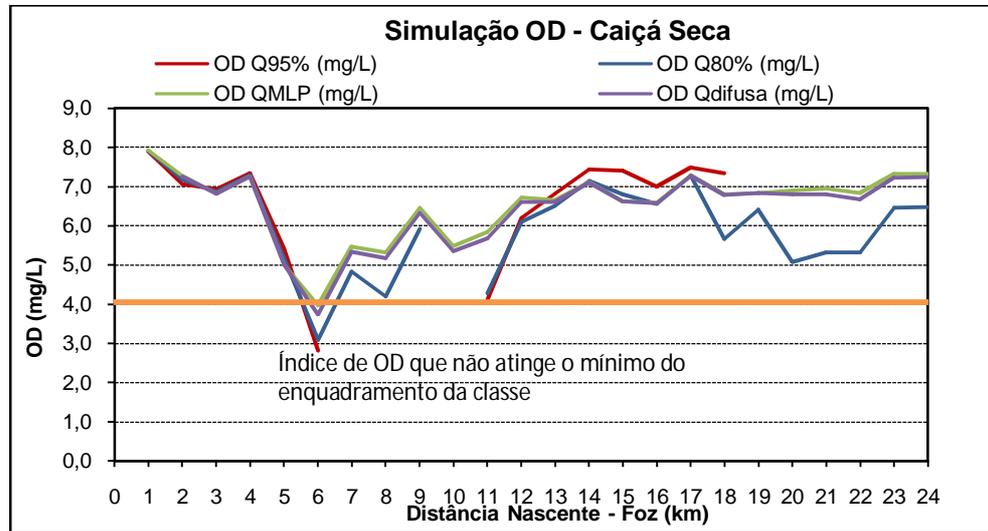


Figura 42 – Diagnóstico de OD MECA – Caiçá Seca

Na Figura 43, é apresentada a calibração da simulação de OD para o Rio Caiçá no período de seca.

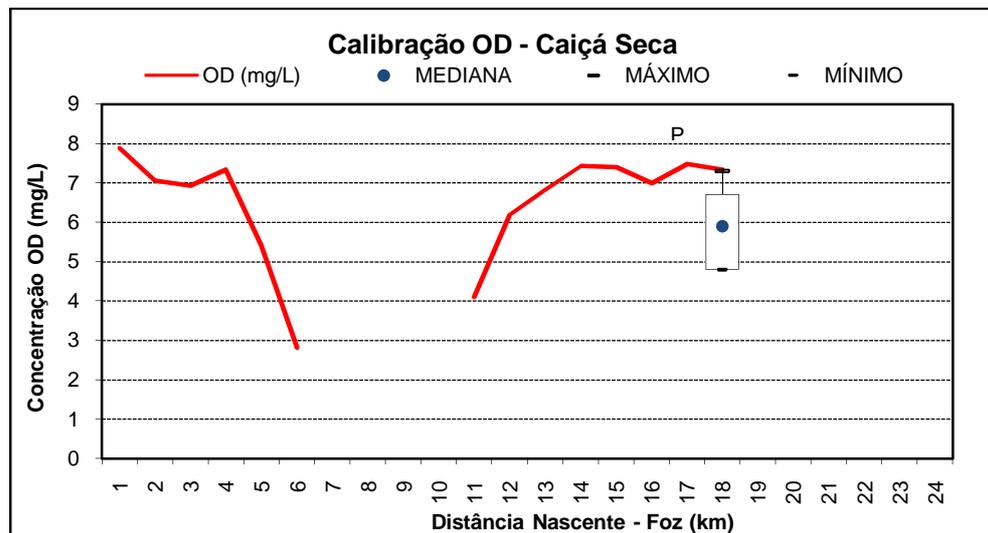


Figura 43 – Calibração de OD Caiçá Seca

De acordo com a simulação no modelo MECA, considerando as contribuições de efluentes de esgoto e as vazões outorgadas pela SEMARH – Sergipe, a vazão disponível no período seco no Rio Caiçá é apresentada na Figura 44. Pode-se observar que em alguns

trechos a vazão nesse rio é negativa, ou seja, considerando as outorgas concedidas, o rio não possui água suficiente para manter um fluxo contínuo. Na vazão de referência Q_{95} , isto ocorre do quilômetro 7 até o 12 e a partir do 20 a vazão é negativa, ou seja, não há água no rio. Na Q_{80} , a vazão é inferior a zero entre os quilômetros 9 e 10 e também a partir do quilômetro 20. Deve –se observar que esta simulação ocorre com o cenário mais restritivo, a captação de água no rio de toda a vazão outorgada durante o período seco.

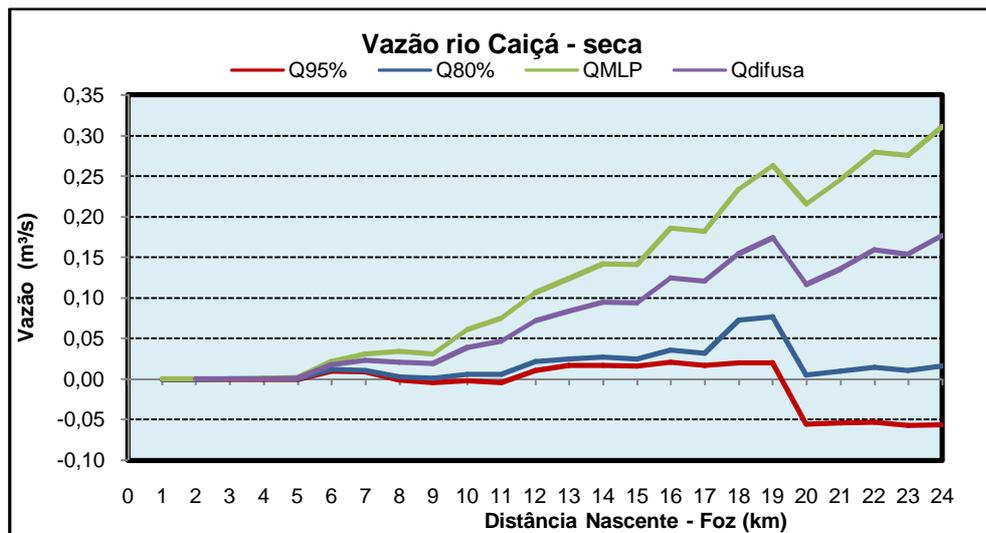


Figura 44 – Vazão no Rio Caiçá–Seca

Na Figura 45, é apresentada a simulação do cenário de qualidade de fósforo para o Rio Caiçá no período da seca.

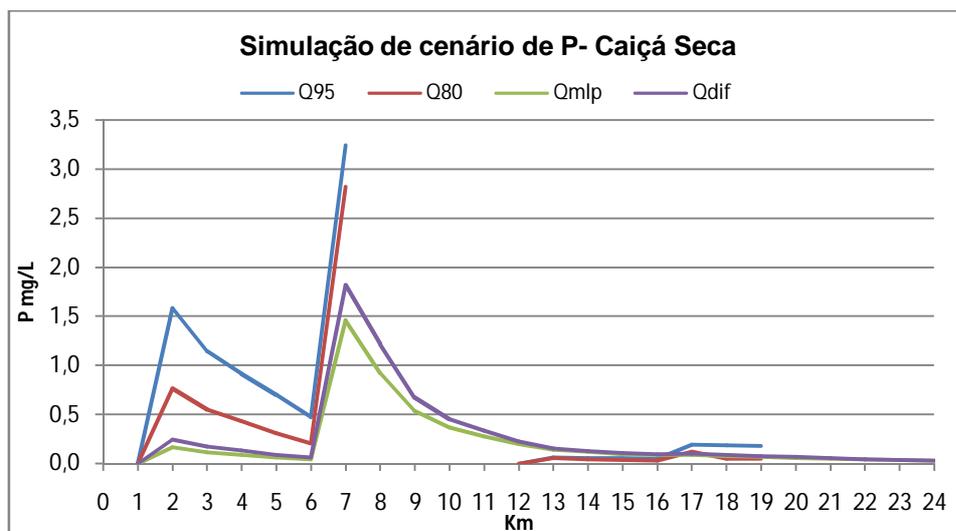


Figura 45 – Simulação de cenário de fósforo – Caiçá Seca

De acordo com a simulação para a variável indicativa de qualidade DBO, os resultados para o Rio Jacaré são apresentados na Figura 46. Nota-se que a concentração de DBO atinge pico de 110 mg/l na vazão de referência $Q_{95\%}$. As concentrações de DBO no período seco são superiores as do período chuvoso, devido à menor vazão do corpo hídrico. Neste corpo hídrico, não há aglomerado urbano, porém, devido à falta de tratamento de efluentes, alguns trechos com maior densidade populacional apresentam resultados de qualidade inferiores ao restante da bacia. A DBO apresenta resultado de concentração decrescente nas vazões Q_{95} , Q_{80} , Q_{difusa} e Q_{mlp} , respectivamente, graças à diluição da carga de DBO.

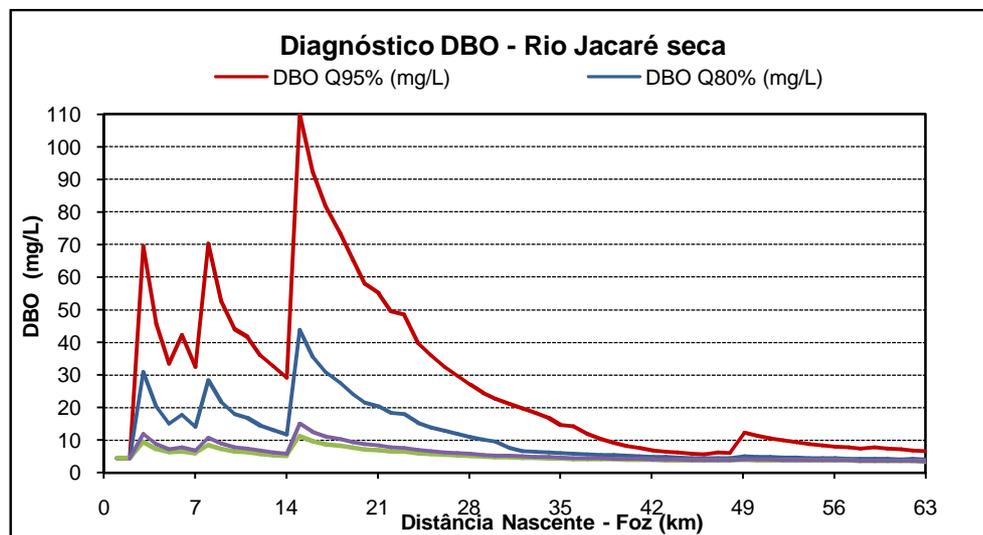


Figura 46 – Diagnóstico de DBO – Rio Jacaré Seca

O estudo apresenta dois pontos de monitoramento no Rio Jacaré, um deles localizado a 43 quilômetros de distância da nascente e o outro na foz do mesmo rio. A calibração de DBO do modelo, apresentada na Figura 47 levou em consideração apenas os dados relativos ao período seco, tendo em vista que a simulação utilizou dados no mesmo período, mostrando que a simulação da qualidade por meio da DBO está de acordo com os dados obtidos em monitoramento.

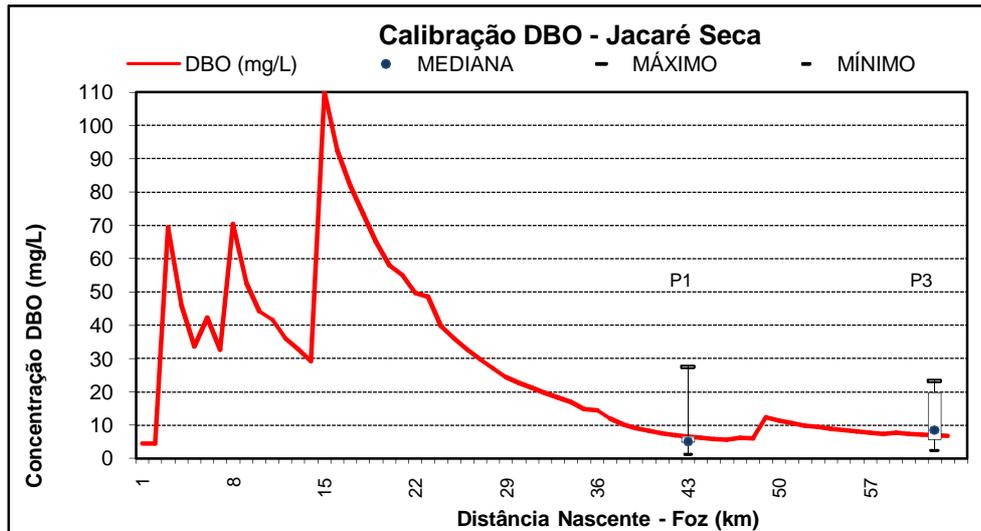


Figura 47 – Calibração de DBO - Rio Jacaré Seca

Na Figura 48, é apresentada a simulação de OD para o Rio Jacaré no período da seca. Na Figura 49, é apresentada a calibração da simulação de OD para o período de seca no Rio Jacaré.

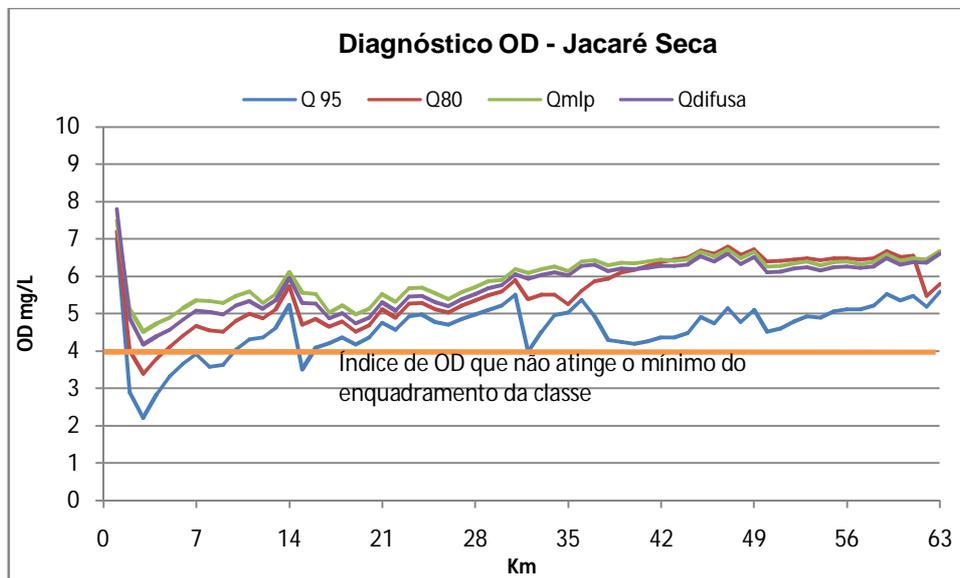


Figura 48 – Simulação de OD – Rio Jacaré Seca

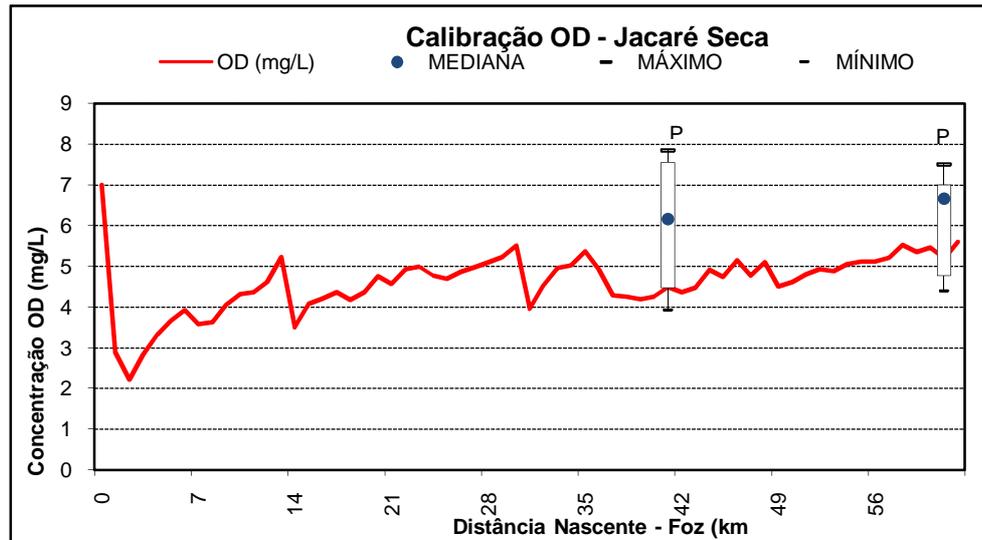


Figura 49- Calibração de OD - Jacaré Seca

De acordo com a simulação no modelo MECA, considerando as contribuições de efluentes de esgoto e as vazões outorgadas pela SEMARH – Sergipe, a vazão disponível no período seco no Rio Jacaré é apresentada na Figura 50. Na vazão de referência Q_{95} , a vazão disponível no trecho hídrico é próxima a zero. Deve-se observar que esta simulação ocorre com o cenário mais restritivo, a captação de água no rio de toda a vazão outorgada durante o período seco.

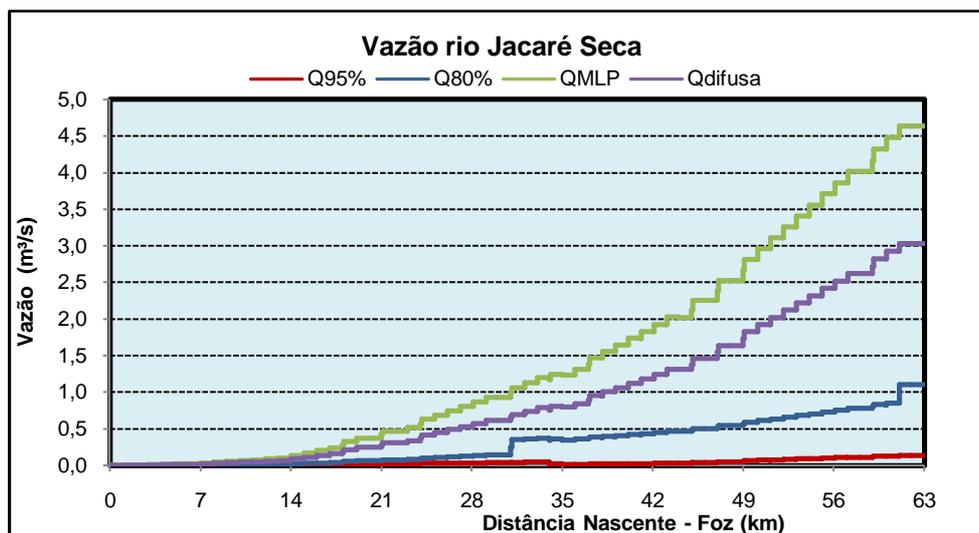


Figura 50 – Vazão no Rio Jacaré Seca

Na Figura 51, é apresentada a simulação do cenário de qualidade hídrica para o fósforo no rio Jacaré no período de seca.

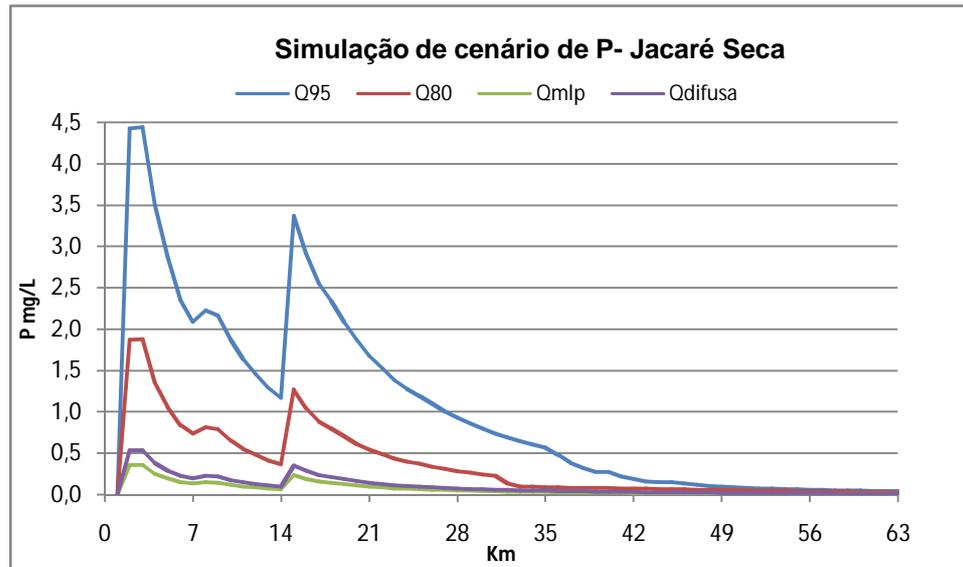


Figura 51 – Diagnóstico de cenário de P – Jacaré Seca

De acordo com a simulação realizada, pode-se perceber nos Rios Caiçá e Jacaré a melhora da qualidade hídrica no período chuvoso, no qual a vazão hídrica disponível é maior. Ainda de acordo com a simulação, tendo em vista as vazões outorgadas na bacia, o Rio Caiçá não suporta a retirada de água para usos agropecuários em períodos de seca, podendo levar a cenários críticos de escassez e à piora da qualidade, mesmo em períodos chuvosos.

6.2 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE DESPOLUIÇÃO HÍDRICA PARA A BACIA DE ESTUDO

Os cenários de despoluição hídrica foram elaborados com base na simulação de diagnóstico da Bacia do Rio Jacaré, sendo apresentados seus resultados para a variável indicativa de qualidade DBO na vazão de referência Q_{95} . Foram desenhados três cenários de medidas de despoluição para a bacia utilizando tratamento primário e secundário para os efluentes gerados na bacia. No *software* MECA, há a possibilidade de simular a qualidade dos efluentes também por tratamento terciário, porém esse tratamento não foi considerado no estudo. Os altos custos relacionados com a implantação do tratamento terciário, a vocação agropecuária de subsistência da bacia e seu baixo adensamento populacional justificam essa escolha.

No primeiro cenário, foi considerada a implantação de tratamento primário para a totalidade da bacia. No segundo cenário, foi considerado como base o primeiro cenário, além

da implantação de estações de tratamento secundário em locais de área urbana. No terceiro cenário, foi considerada a implantação de tratamento secundário na totalidade da bacia.

Nas áreas próximas do Rio Jacaré, não há centros urbanos; desta maneira, só foram desenhados dois cenários de remoção de carga: a implantação de sistema de tratamento primário (cenário I) e a implantação de sistema de tratamento secundário (cenário II).

Cheia

Nas figuras 52 e 53, são apresentados os resultados de simulação hídrica aplicada às medidas de despoluição hídrica propostas nos cenários para a Bacia do Rio Jacaré no período da cheia.

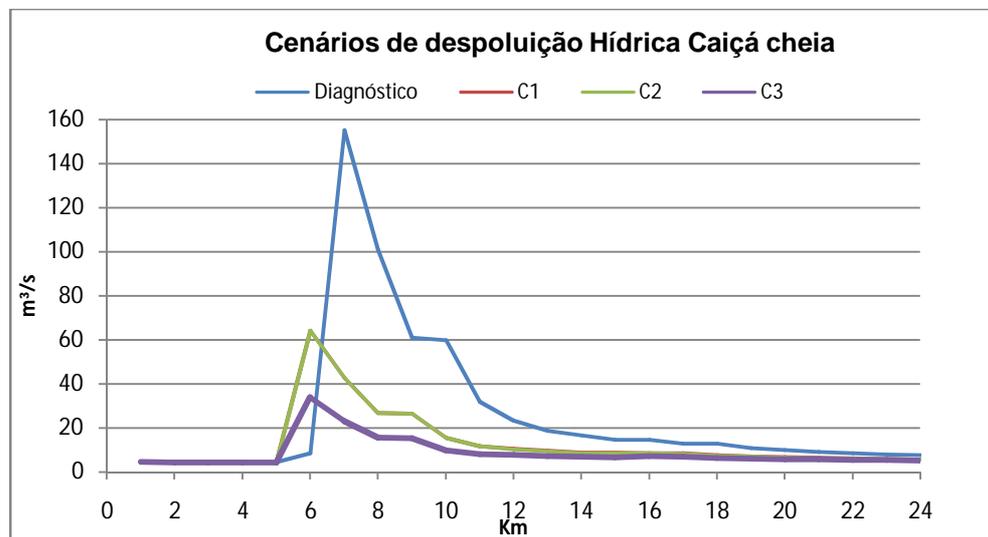


Figura 52: Cenário de despoluição Caiçá Cheia – Q_{95}

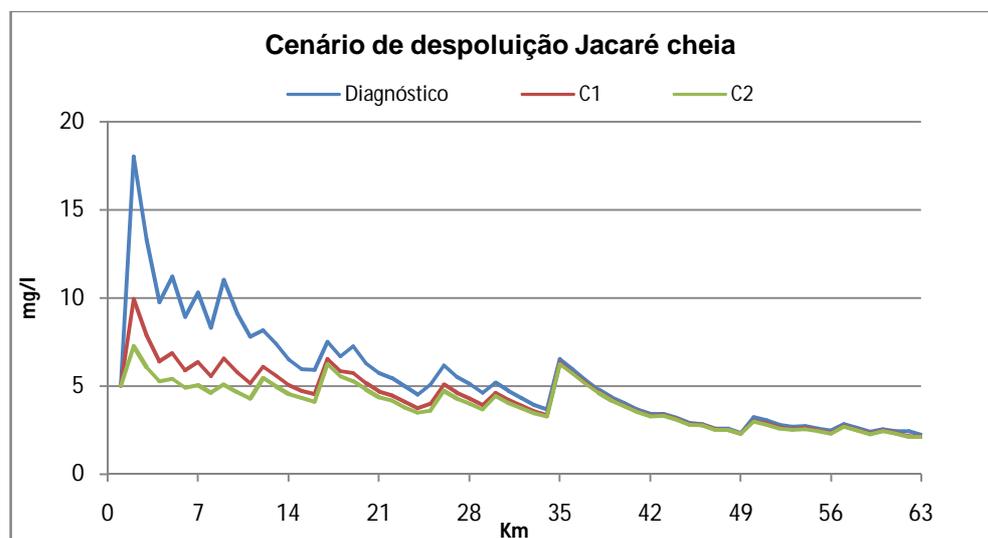


Figura 53 Cenário de despoluição Jacaré Cheia – Q_{95}

Verifica-se que os tratamentos de efluentes apresentam maior eficiência nos pontos onde estão localizados os adensamentos populacionais; nos outros pontos, há diminuição significativa de carga, mas a porcentagem não é tão representativa quanto anteriormente.

Seca

Nas Figuras 54 e 55, são apresentados os resultados de simulação hídrica aplicada às medidas de despoluição hídrica propostas nos cenários para a Bacia do Rio Jacaré no período da seca.

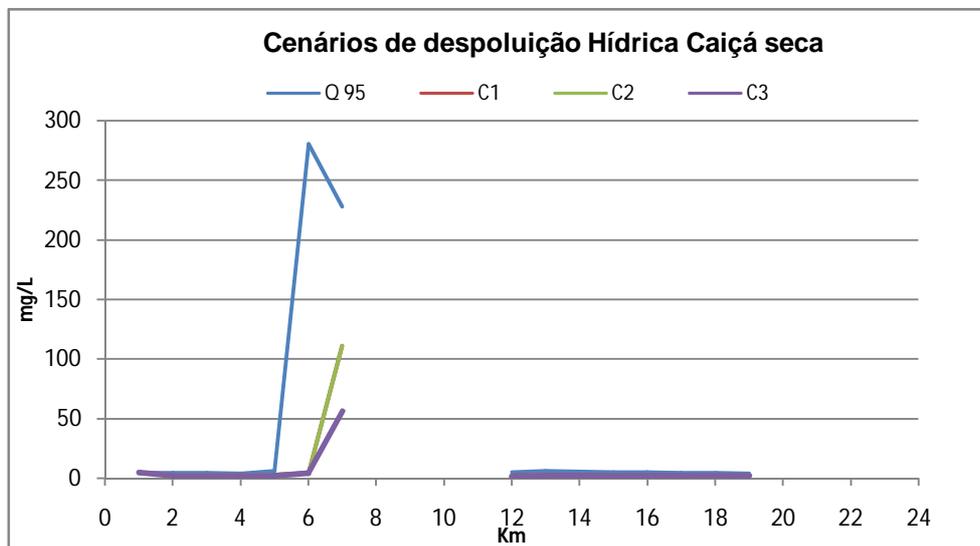


Figura 54 Cenário de despoluição Caiçá seca – Q₉₅

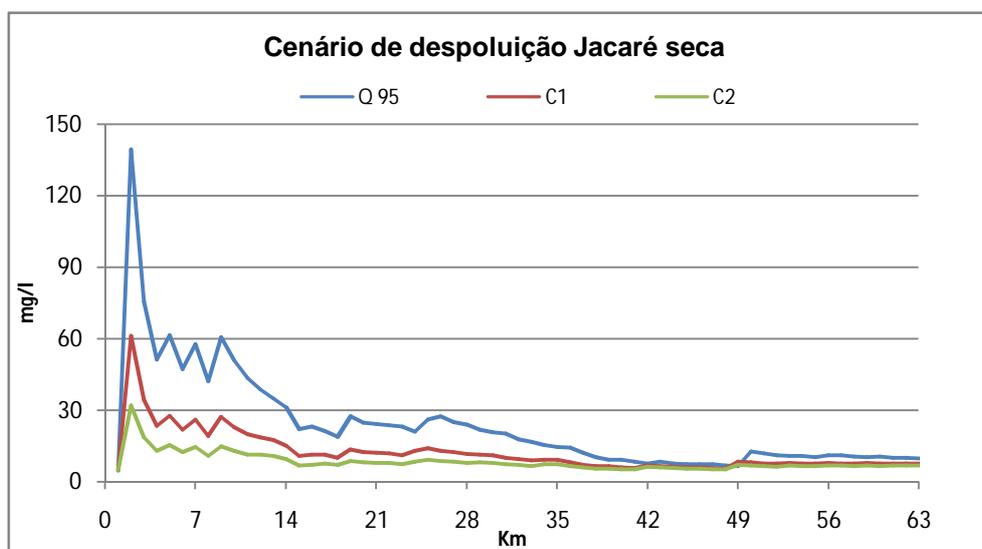


Figura 55 Cenário de despoluição Jacaré seca – Q₉₅

Os tratamentos utilizados nos cenários aqui desenhados são para efluentes pontuais, não incluindo tratamento para fontes difusas. Logo, eles são mais eficazes nos pontos de adensamento populacional.

6.3 PROGNÓSTICO

O prognóstico no enquadramento de corpos hídricos é item necessário na Resolução CNRH 91/2008 e tem a função de antever o cenário futuro a que o trecho hídrico e a bacia estarão sujeitos, a fim de planejar ações necessárias ao bem estar ambiental e ao atendimento das necessidades da bacia.

O prognóstico apresentado neste estudo foi o resultado de projeções e simulações baseadas em pesquisas e dados de literatura.

Os cenários futuros da Bacia do Jacaré serão projetados até o ano de 2025.

6.3.1 Crescimento populacional

O Brasil encontra-se em momento de mudança em sua estrutura populacional. A população brasileira está envelhecendo e grande parte da população é economicamente ativa. Desde a década de 1960 a taxa de crescimento populacional vem decrescendo, resultado da diminuição da taxa de fecundidade. Os avanços na medicina possibilitaram o aumento na expectativa de vida da população brasileira. No ano de 2011, a expectativa de vida média de um brasileiro era de 73,67 anos e em 2025 estará em 77,2 anos. Já a taxa de fecundidade em 2011 era de 1,71 filho por casal e em 2025 a estimativa é de que a taxa se reduza a 1,51 filho por casal (IBGE, 2008).

Para a projeção populacional do presente estudo (que abrange o período de 2010 a 2025) foram utilizadas as estimativas de crescimento populacional formuladas pelo IBGE (2008). O IBGE estimou a projeção populacional para o período de 1980-2050 com base em um método que projeta separadamente cada componente demográfica, ou seja, a mortalidade, a fecundidade e os movimentos migratórios e, depois, calcula a taxa de crescimento absoluto da população.

De acordo com (IBGE 2008), as taxas de crescimento populacional estimadas para o Brasil até o ano de 2025 serão de:

Ano	Taxa de crescimento (ano)
2010/2020	0,7%
2020/2025	0,44%

Tabela 11 - Taxa de Crescimento populacional brasileiro estimada. Fonte: IBGE, 2008.

A partir das taxas de crescimento populacional estimadas, foi realizada a projeção populacional da Bacia do Jacaré para os anos de 2015, 2020 e 2025. A estimativa realizada considerou a população residente na área da bacia apresentada no item 4.3, obtendo-se os seguintes valores:

Município	2015			2020			2025		
	População Equivalente na bacia (hab.)			População Equivalente na bacia (hab.)			População Equivalente na bacia (hab.)		
	Pop. Urbana	Pop. Rural	Pop. Total	Pop. Urbana	Pop. Rural	Pop. Total	Pop. Urbana	Pop. Rural	Pop. Total
Adustina	0	205	205	0	213	213	0	217	217
Lagarto	0	8.022	8.022	0	8.307	8.307	0	8.491	8.491
Paripiranga	9.872	9.089	18.961	10.223	9.412	19.634	10.450	9.621	20.070
Poço Verde	0	572	572	0	592	592	0	605	605
Simão Dias	21.175	12.235	33.410	21.926	12.670	34.596	22.413	12.951	35.364
Tobias Barreto	0	74	74	0	76	76	0	78	78
Total	31.047	30.198	61.245	32.149	31.269	63.419	32.863	31.963	64.826

Tabela 12 - Estimativa da população residente na Bacia do Jacaré no período de 2015 a 2025.

Esses dados serão utilizados para a simulação hidrológica da bacia. Em cada simulação (2015, 2010 e 2025) a carga de DBO e OD relativa ao esgoto gerado pela população do período foi considerada.

6.3.2 Crescimento agropecuário

Para a estimativa de crescimento agropecuário na região da Bacia do Rio Jacaré, foram utilizadas as taxas de crescimento anual populacional do IBGE (2010) (Tabela 12). O uso dessa taxa para a simulação do prognóstico ocorreu porque a produção agropecuária da bacia analisada é destinada basicamente à subsistência da população local, não cabendo aqui a taxa prevista para o setor agropecuário brasileiro.

Os estudos apresentados pela ANA no Atlas de Abastecimento Urbano (2010) não se referem ao abastecimento hídrico da Bacia do Rio Jacaré em sua porção rural, não incluindo a demanda por usos agropecuários, principal uso da Bacia do Rio Jacaré. Tendo como base o diagnóstico quali-quantitativo apresentado no item 6.1.9 deste trabalho, a demanda por água na bacia para os anos de 2015, 2020 e 2025 foi simulada. A taxa de incremento na água captada foi calculada de acordo com a taxa de crescimento populacional estimada pelo (IBGE 2008).

A outorga de água na bacia é deferida pela SEMAE-SE, porém os cenários hídricos quali-quantitativos foram formulados tomando por base que toda a água necessária para o desenvolvimento da atividade agropecuária na bacia seria outorgada.

Prognóstico 2015

A seguir, são apresentados os resultados simulados para o prognóstico do ano de 2015 para a Bacia do Rio Jacaré.

As Figuras 57 e 58 apresentam a vazão estimada nos corpos hídricos da bacia no período da cheia.

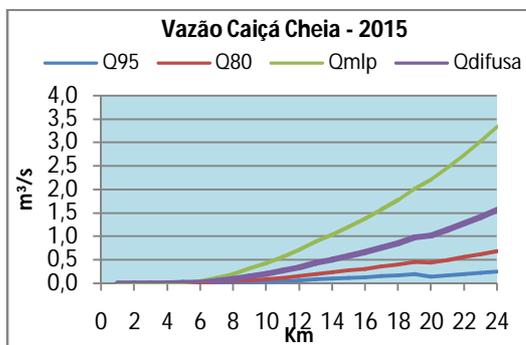


Figura 57 – Vazão Caiçá cheia 2015

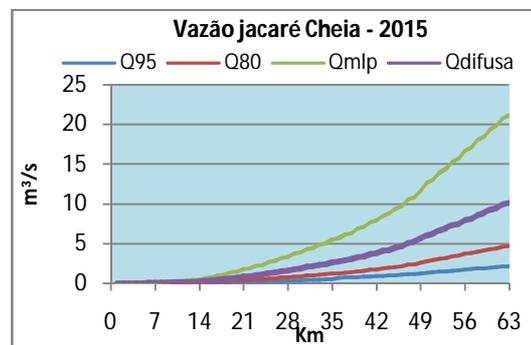


Figura 58 - Vazão Jacaré Cheia 2015

As Figuras 59 e 60 apresentam a vazão estimada nos corpos hídricos da bacia no período da seca.

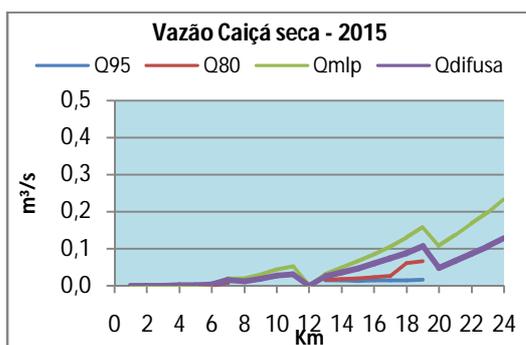


Figura 59 – Vazão Caiçá seca 2015

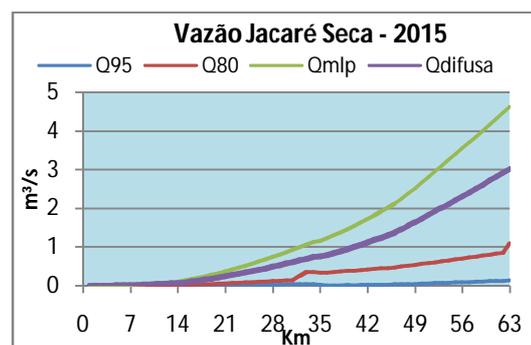


Figura 60 - Vazão Jacaré seca 2015

Não foi evidenciada na simulação alteração significativa de vazão da bacia para o ano de 2015.

As Figuras 61 e 62 apresentam a simulação para a variável indicativa de qualidade hídrica DBO nos corpos hídricos da bacia no período da cheia para o ano de 2015.

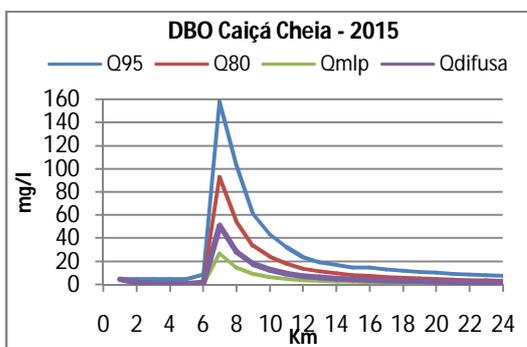


Figura 61 – DBO Caiçá Cheia 2015

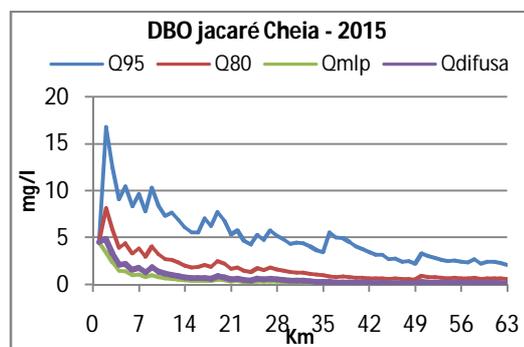


Figura 62 - DBO Jacaré Cheia 2015

As Figuras 63 e 64 apresentam a simulação para a variável indicativa de qualidade hídrica DBO nos corpos hídricos da bacia no período da seca para o ano de 2015.

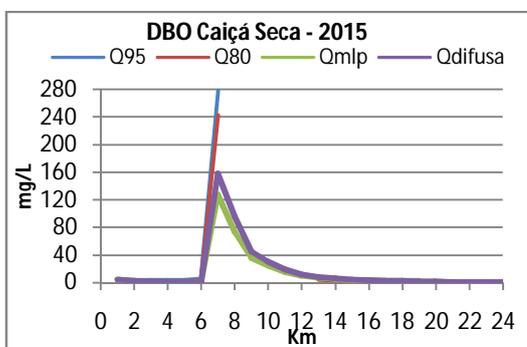


Figura 63 – DBO Caiçá Seca 2015

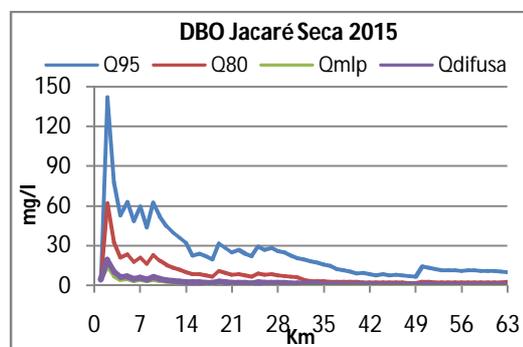


Figura 64 - DBO Jacaré Seca 2015

Não foi evidenciada alteração significativa na simulação da qualidade da água da bacia para o ano de 2015.

Prognóstico 2020

A seguir, são apresentados os resultados simulados para o prognóstico do ano de 2020 para a Bacia do Rio Jacaré.

As Figuras 65 e 66 apresentam a vazão estimada nos corpos hídricos da bacia no período da cheia.

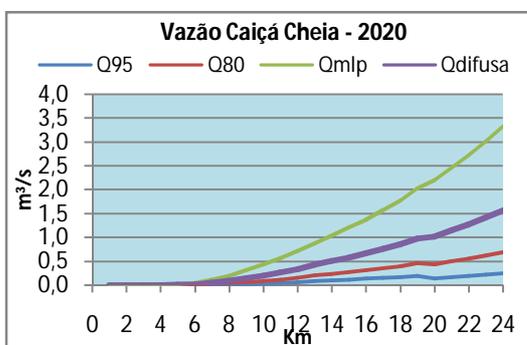


Figura 65 – Vazão Caiçá Cheia 2020

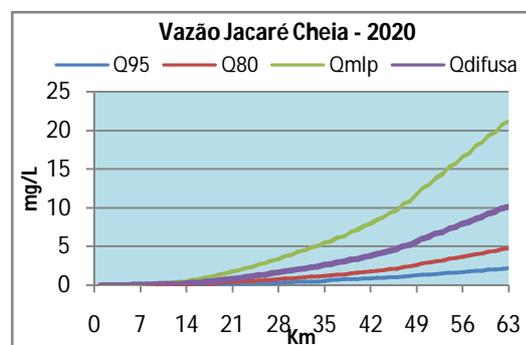


Figura 66 - Vazão Jacaré Cheia 2020

As Figuras 67 e 68 apresentam a vazão estimada nos corpos hídricos da bacia no período da seca.

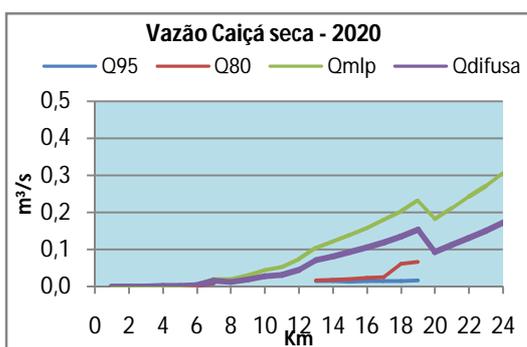


Figura 67 – Vazão Caiçá Seca 2020

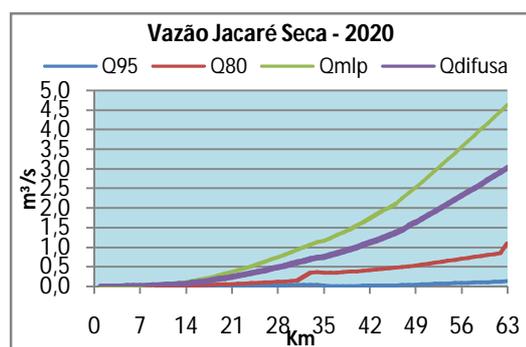


Figura 68- Vazão Jacaré Seca 2020

No Rio Caiçá, houve um ligeiro aumento da vazão, pois o aumento populacional na circunvizinhança da bacia gerou um aumento de efluentes domésticos e, como o Rio Caiçá apresenta o núcleo populacional mais denso, foi notável neste corpo hídrico.

As Figuras 69 e 70 apresentam a simulação para a variável indicativa de qualidade hídrica DBO nos corpos hídricos da bacia no período da cheia para o ano de 2020.

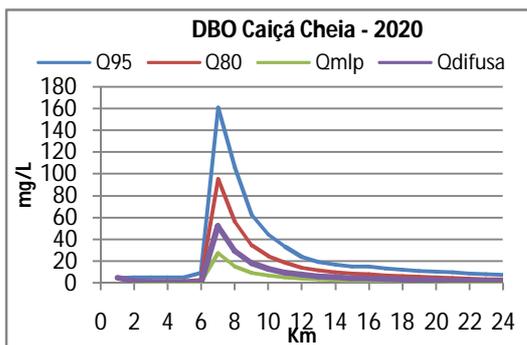


Figura 69 – DBO Caiçá Cheia 2020

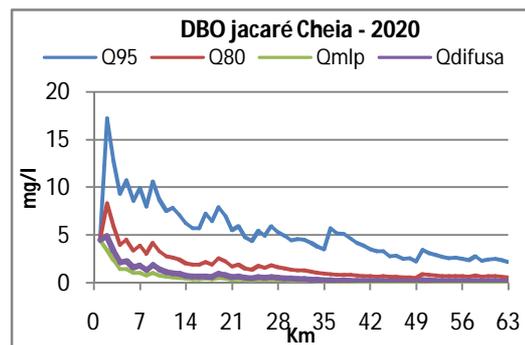


Figura 70 - DBO Jacaré Cheia 2020

As Figuras 71 e 72 apresentam a simulação para a variável indicativa de qualidade hídrica DBO nos corpos hídricos da bacia no período da seca para o ano de 2020.

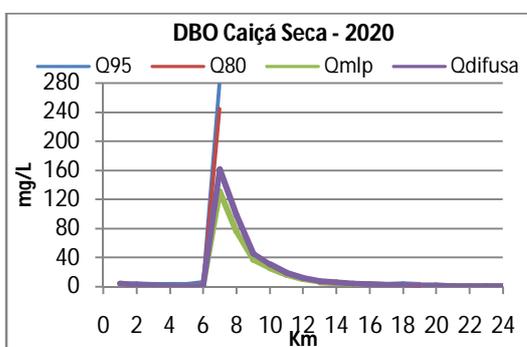


Figura 71 – DBO Caiçá Seca 2020

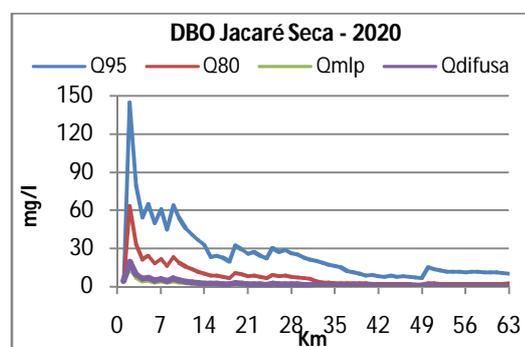


Figura 72 - DBO Jacaré Seca 2020

Como mencionado anteriormente, a vazão dos rios teve ligeiro aumento devido ao incremento de efluentes domésticos na bacia, gerando portanto aumento na DBO simulada, já que o aumento na vazão se deu por esgoto doméstico e não por águas naturais com qualidade superior.

Prognóstico 2025

A seguir, são apresentados os resultados simulados para o prognóstico do ano de 2025 para a Bacia do Rio Jacaré.

As Figuras 73 e 74 apresentam a vazão estimada nos corpos hídricos da bacia no período da cheia.

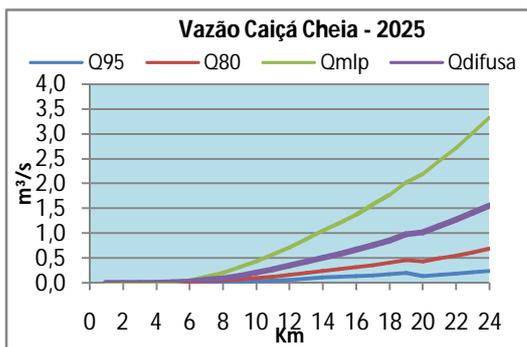


Figura 73 – Vazão Caiçá Cheia 2025

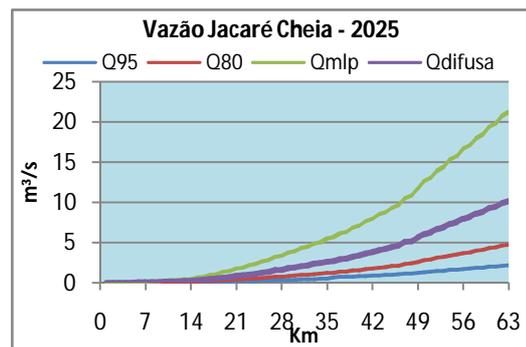


Figura 74 - Vazão Jacaré Cheia 2025

As Figuras 75 e 76 apresentam a vazão estimada nos corpos hídricos da bacia no período da seca.

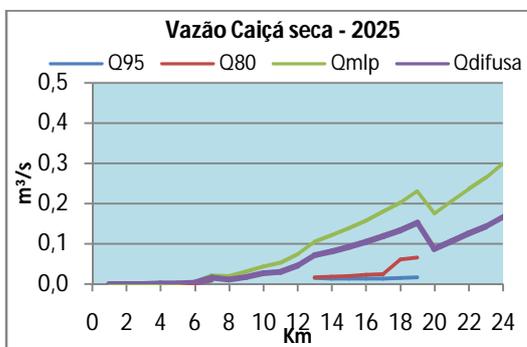


Figura 75 – Vazão Caiçá Seca 2025

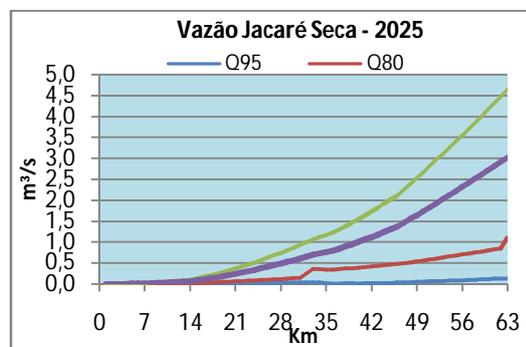


Figura 76 - Vazão Jacaré Seca 2025

As Figuras 77 e 78 apresentam a simulação para a variável indicativa de qualidade hídrica DBO nos corpos hídricos da bacia no período da cheia para o ano de 2025.

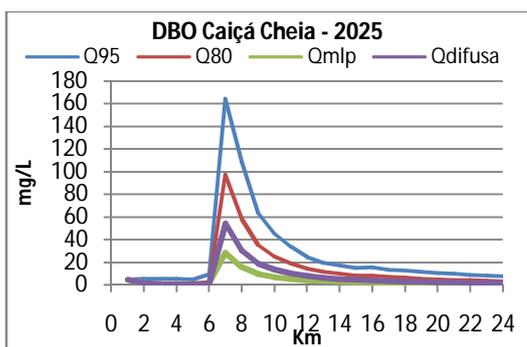


Figura 77 – DBO Caiçá Cheia 2025

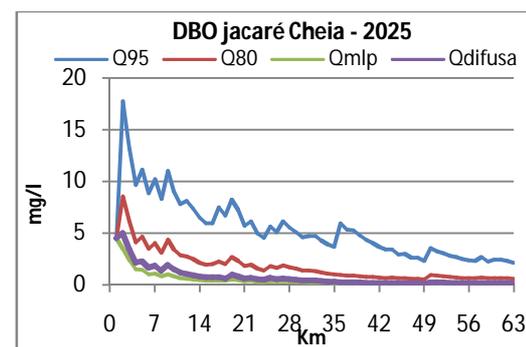


Figura 78 - DBO Jacaré Cheia 2025

As Figuras 79 e 80 apresentam a simulação para a variável indicativa de qualidade hídrica DBO nos corpos hídricos da bacia no período da seca para o ano de 2025.

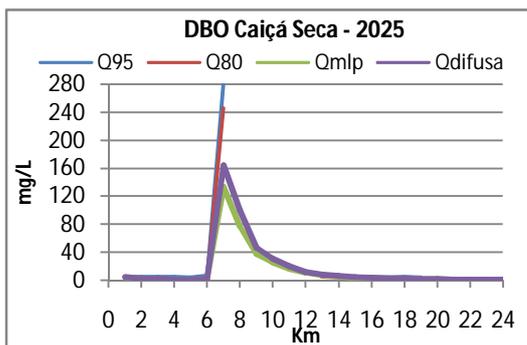


Figura 79 – DBO Caiçá Seca 2025

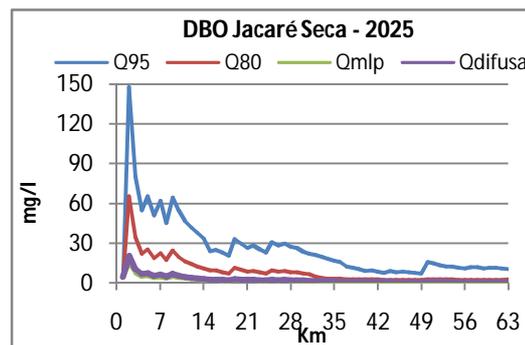


Figura 80 - DBO Jacaré Seca 2025

O prognóstico simulado não apresentou grandes alterações para a disponibilidade e a quantidade hídrica na Bacia do Rio Jacaré. No entanto, os cenários formulados não preveem grande incremento na demanda por água na região. Fica evidenciado que em alguns pontos da bacia, próximos a núcleos populacionais mais adensados, o efluente doméstico altera a qualidade da água, prejudicando usos mais nobres, como a irrigação, e prejudica espécies ali existentes.

7 CONCLUSÃO

As análises realizadas no presente trabalho evidenciaram que o instrumento enquadramento de corpos hídricos em classes de uso é essencial para a garantia da qualidade da água compatível com seu uso. No entanto, ele somente é aplicável quando há água suficiente ao uso assinalado para a bacia.

Os resultados aqui apresentados mostraram a variabilidade hidrológica e qualitativa que uma bacia composta de rios intermitentes pode conter. Neste sentido, a proposição de classes de enquadramento não pode carregar usos e objetivos de qualidade únicos para todo o período. Exemplos como os dos estados norte-americanos de Wyoming e Arizona (que, para a definição dos padrões de qualidade de água, levam em consideração as características de cada bacia, e esses padrões podem variar, ou serem suspensos, de acordo com a vazão) podem indicar soluções para a definição de critérios de qualidade em rios intermitentes no Brasil.

De acordo com o trabalho aqui apresentado, durante o período em que o trecho hídrico apresenta vazão significativa, a ferramenta de enquadramento pode ser aplicada ao corpo hídrico, porém, na ausência de água, não há meios de efetivação do instrumento

enquadramento de corpos hídricos em classes de uso. A Resolução CONAMA 357/2005 em seu artigo 3º, traz uma informação que pode guiar essa afirmação.

Art.3º As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

A qualidade da água é classificada de acordo com a necessidade para seu uso, ou seja, o instrumento de gestão de recursos hídricos só se aplica no momento em que há água no corpo hídrico cabível ao uso.

A variação dos critérios de qualidade, ou a suspensão destes, não significa afrouxamento de tais critérios, mas uma adaptação às características de cada corpo hídrico.

Nas épocas de vazão restrita, o enquadramento deve dar lugar a um efetivo controle de lançamento de efluentes, para evitar que as águas correntes em determinado corpo hídrico se tornem canais de efluentes sem tratamento. Ou seja, o correto é aplicar enquadramento somente quando o rio é compatível com essa ferramenta; em períodos de seca, não há enquadramento, há controle de cargas poluidoras. Além disto, a autorização para o lançamento de efluentes deve ser baseada em informações concretas da bacia e deve respeitar sua sazonalidade de vazão. Não se pode outorgar a mesma quantidade de efluentes em períodos com vazões distintas, salvo se a qualidade destes efluentes for condizente com a qualidade desejada para a bacia.

O estado de Sergipe enquadrou todos seus corpos hídricos e os Rios Caiçá e Jacaré foram considerados classe 2 de água salobra, porém sem definição de períodos secos, ou não aplicáveis ao enquadramento.

A Bacia do Rio Jacaré apresenta regime intermitente em seus corpos hídricos. No período monitorado, a vazão do Rio Jacaré não chegou a zero, porém os baixos valores de vazão e sua sazonalidade justificam esta característica. O Rio Caiçá apresenta períodos sem vazão, o que pode ser intensificado pela captação de água na bacia. O mês de julho apresenta a maior vazão nos corpos hídricos analisados.

Durante o período da seca, o Rio Caiçá não comporta a vazão outorgada a seus usuários.

A Bacia do Rio Jacaré apresenta águas salobras, que não são compatíveis com os usos a ela requeridos. Há uma tendência de piora na qualidade hídrica no período da seca, devido à menor quantidade de água disponível para diluição de efluentes. Além disso, a bacia não atende suas metas de qualidade na maioria dos monitoramentos realizados.

A bacia possui como principal carga poluidora as emissões difusas, exceto nos pontos de maior adensamento populacional, como no caso do Rio Caiçá.

A Bacia do Rio Jacaré ainda não possui comitê de bacias regulamentado, ele está em processo de formação. Para a efetivação do enquadramento e um processo de gestão democrático na bacia, há necessidade da formação de um comitê de bacias que inclua os diversos atores das proximidades.

A otimização do uso da água para irrigação e demais usos, além de técnica que viabilizem seu reuso são fundamentais especialmente em locais acometidos pela seca.

Outro ponto que merece destaque é a necessidade de redes de monitoramento para a gestão dos corpos hídricos. Não há como exercer o papel de gestores sem informações. Em rios intermitentes, por exemplo, existe a necessidade do monitoramento frequente, para identificar o comportamento hidrológico do rio e suas consequências na qualidade hídrica.

7.1 CONSIDERAÇÕES

De acordo com a Resolução do CNRH 91/2008, a proposta para formulação do enquadramento de corpos hídricos em classes de uso deve, preferencialmente, englobar as seguintes etapas:

I - diagnóstico;

II - prognóstico;

III - propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento; e

IV - programa para efetivação.

Este estudo desenvolveu as etapas de diagnóstico e prognóstico na Bacia do Rio Jacaré, em Sergipe, objetivando identificar a aplicabilidade e as peculiaridades desse processo em rios intermitentes.

As demais etapas (propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento e programa para efetivação) não foram realizadas no presente trabalho, pois tais ações dependeriam de planejamento governamental e político, extrapolando as atividades do trabalho.

A ausência de dados de monitoramento de qualidade e vazão na bacia são prejudiciais ao desenvolvimento da proposta de enquadramento. Em um ambiente tão peculiar, diverso e em transição, há necessidade de avaliação constante. Sugere-se que os

pontos de adensamento populacional da Bacia do Rio Jacaré sejam monitorados, para avaliar precisamente a contribuição destes locais.

Outro ponto relevante à formulação do enquadramento é a necessidade de um estudo específico sobre as cargas difusas geradas na bacia. O melhor conhecimento de sua dinâmica pode levar a um aproveitamento de água mais efetivo e melhoria ambiental.

Num cenário em que os recursos hídricos se tornarão mais escassos, seja em decorrência da maior demanda, seja por mudanças globais ou em razão da própria vulnerabilidade que apresentam, com a conseqüente ampliação de conflitos envolvendo o acesso e a utilização desses recursos, impõe-se pensar o desenvolvimento regional tendo como um dos eixos estruturantes os recursos hídricos, considerados a partir de quatro dimensões básicas: as disponibilidades (em quantidade e em qualidade); os usos (suas características e compatibilidades); as vulnerabilidades/ameaças e a gestão, elemento compatibilizador das três dimensões anteriores (ANA,2012).

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Caderno de Recursos Hídricos: Panorama do enquadramento dos corpos d'água**. Brasília: ANA, 2005

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009**. Brasília: ANA, 2009a.
Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>.

_____. **Caderno de Recursos hídricos: Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil; Sistema nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. 145p. Brasília: ANA, 2009b.

_____. **Atlas Nordeste: abastecimento urbano de água : resumo executivo** . Brasília, 2010. 96 p.

_____. **Caderno de Recursos Hídricos, 4: Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no Brasil, e Fiscalização dos usos de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2007.
166 p.

_____. **Normas de cobrança pelo uso de recursos hídricos**. - 2ª Ed. Brasília, 2010. 534p.

BARCELÒ, D. ; SABATER, S.. **Water quality and assessment under scarcity: Prospects and challenges in Mediterranean watersheds.** Journal of Hydrology. Volume 383, Pg. 1-4, 2006.

BECK. U.. **Sociedade do risco** – Rumo a uma outra modernidade. São Paulo. Editora 34, 2006.

BRASIL. Ministério da Integração nacional. Agência de desenvolvimento do Nordeste. **Plano estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Nordeste.** Recife, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 90**, de 04 de junho de 2008. Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Política Nacional de Recursos Hídricos. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Brasília, 1997.

BRINCKMANN, W. E. **Gestão das Águas e desenvolvimento sustentável no Brasil.** Porto Alegre, 2006.

BRITES, A. P. Z.; FERNANDES, C. V. S; PORTO, M. F. A. **Enquadramento dos corpos d'água: uma nova visão. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** Campo Grande, 2009.

BRITES, A. P. Z.. **Enquadramento dos corpos de água através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica.** Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária São Paulo, 2010. 177 p.

CHRISTOFIDIS, M.. **O enquadramento participativo de corpos d'água como um instrumento da gestão de recursos hídricos com aplicação na bacia do rio Cubatão Sul-SC.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 176 pág. Florianópolis, 2006

COPELAND, C., **“Clean Water Act and Total Maximum Daily Loads (TMDLs) of Pollutants”**, CSR Report for Congress 97-831, USA, August, 2008.

COPELAND, C., **“Clean Water Act: a summary of the Law”**, CSR Report for Congress30030, USA, 2010.

DINIZ, L.T.; ET AL. **Integração da Gestão da Água e o Enquadramento**. In: WORKSHOP SOBRE GESTÃO ESTRATÉGICA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2006, Brasília. Anais/CD-ROOM, Brasília: ABRH, 2006.

FIUZA, J. M. S.; MEDEIROS, Y. D. P.; CAMPOS, V. P.; SANTOS, L. C. B.; PROENÇA, C. N. O. ; MONTEIRO FILHO, C. F. P.; AMORIM, F. B.; SAMPAIO, A. D.. **Uma Proposta para a Classificação e Usos de Rios Intermitentes**. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville/SC, 2003.

GIRAO, E. G. **Enquadramento da água em classes de uso preponderante como Instrumento legal da gestão dos recursos hídricos no semiárido Cearense**. Fortaleza, 2008.

GUERRA, P. B.. **A Civilização da seca**. DNOCS, Fortaleza, 1981. 324p.

IDAHO. Rules of the Department of Environmental Quality. **“Water Quality Standards”**, IDAPA 58.01.02. 2008 EUA.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 2008.

_____. **“Contagem da população 2007”**. Rio de Janeiro, 2007. 311 p.

JACOBI, Pedro R.. **A gestão participativa de bacias hidrográficas no Brasil e os desafios do fortalecimento de espaços públicos colegiados**. In COELHO, Vera S. e NOBRE, Marcos. Participação e deliberação. Teoria democrática e experiências institucionais no Brasil Contemporâneo. São Paulo: Editora 34, 2004. p.270-290.

LANNA, A. E. L. . **A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso**. Estudos Avançados, v. 22, p. 113-130, 2008.

_____. **Sistemas de Gestão de Recursos Hídricos: análise de alguns arranjos institucionais**. Ciência e Ambiente (UFSM), Santa Maria, RS, v. 1, n. 1, p. 21-56, 2001.

LEVICK, L., FONSECA J., GOODRICH D., HERNANDEZ M., SEMMENS D., STROMBERG J., LEIDY R., SCIANNI M., GUERTIN D. P., TLUCZEK M., KEPNER W. **The Ecological and Hydrological Significance of Ephemeral and Intermittent Streams in the Arid and Semi-arid American Southwest**. U.S. Environmental Protection Agency and USDA/ARS Southwest Watershed Research Center, 2008.

MALTCHIK, L.. **“Ecologia de rios intermitentes tropicais”**. POMPÊO, M. L. M.. Perspectivas da limnologia no Brasil. São Luís: União, p. 77-89. 1999.

MALTCHIK, L.; MEDEIROS, E. S. F.. **Conservation importance of semi-arid streams in north-eastern Brazil: implications of hydrological disturbance and species diversity** Aquatic conservation: marine and fresh water ecosystems Magazine. 16:p. 665–677,2006.

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V.C.; MEDEIROS, Y. D. P.. **Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d’água no semiárido baiano**. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. Revista Química. Nova, Vol. 33, No. 5, p. 1059-1066, 2010.

PORTO, M. F. A. **Sistemas de gestão da qualidade das águas – uma proposta para o caso brasileiro**. Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.São Paulo, 2002.

PORTO, M. F. A. ; LOBATO, Francisco . **Mechanisms of Water Management: Command & Control and Social Mechanisms**. REGA. Revista de Gestão de Águas da América Latina, v. 2, n. 2, p. 113-129, 2004.

PORTO, M. F. A; PORTO, R. L.L.. **Gestão de bacias Hidrográficas**. Estudos avançados. vol.22 no.63. São Paulo, 2008.

RIBEIRO,W. C. **A água na ordem ambiental internacional**. In RIBEIRO Wagner C. Geografia Política da Água. São Paulo: Editora Annablume, 2008. P. 75 – 109.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1994

SERGIPE. Superintendência de Recursos Hídricos. **“Atlas Digital sobre os Recursos Hídricos de Sergipe”**. Aracaju: SEPLANTEC-SRH, 2004.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia. **Diagnósticos municipais”**. Aracaju: SEPLANTEC, 2005, 75p.

SOBRAL, M. C.; GUNKEL, G.; ROHN, H.; AURELIANO, J.: **Avaliação do Monitoramento da Qualidade da água de rios intermitentes: o caso do rio Ipojuca, Pernambuco.**: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa, 2005.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHO, I.; CORDEIRO NETTO, O. M.. **Gestão da água no Brasil**. UNESCO. Brasília, 2003.

USP/UFPR. **Relatório do Projeto Bacias Críticas:** bases técnicas para a definição de metas progressivas para o seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão. São Paulo: FINEP/CTHIDRO, 2007.

VEIGA L. B. E.; MAGRINI A. **Gestão da Qualidade da Água:** O Modelo Brasileiro e o Modelo Americano. 2nd International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, Brasil, 2010.

VELLOSO, T. R. **A Gestão dos Recursos Hídricos em um contexto regional:** a trajetória do Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS). Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 2000

VIEIRA, Vicente P. B. **Recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 1 , n. 1, p 89- 107, 1996.

VILLELA, M. S.; MATTOS, A.. **Hidrologia Aplicada.** Ed. Mc. Graw Hill do Brasil, São Paulo, 1975.

VON SPERLING, M. (1996) **“Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos”.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 1996. 246p.

WYOMING. State **Water Quality Assessment Report and List of Waters Requiring TMDLs.** 2006. EUA.