



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



THIAGO ALVES DOS SANTOS

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA EM
MICROBACIAS URBANAS NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ (RO): SUBSÍDIOS AO
ENQUADRAMENTO NORMATIVO**

Ji-Paraná

2018

THIAGO ALVES DOS SANTOS

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA EM
MICROBACIAS URBANAS NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ (RO): SUBSÍDIOS AO
ENQUADRAMENTO NORMATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento

Coorientador: Prof^o. MSc. Marcos Leandro Alves Nunes

Ji-Paraná

2018

Porque a vida é assim mesmo, uns tiram teu sono ...

E outros devolvem teus sonhos.

No teu caso, os dois. Muito Obrigado Elisabete!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a DEUS, só Ele sabe tudo que passei em minha vida pra chegar até aqui, apesar do meus esforços, eu sou muito grato a Ele, pois me concebe a oportunidade de aperfeiçar meus dons e experiências a cada dia, propocionando-me grandes conquistas, que, muitas vezes nem acreditava ser possível, sempre me confortando e tomando conta dos meus caminhos, colocando pessoas especiais em minha vida, sendo estas peças fundamentais na minha trajetória.

Gostaria de agradecer também a minha família, meus pais Valdete e Vanete, e especialmente meus avós Marieta e Aginaldo. Estes foram cruciais na minha jornada até aqui a qual eu devoto minha total gratidão, pelo apoio e esforço na minha educação.

À minha orientadora Prof^a Elisabete L. Do Nascimento. O que falar dessa mulher?! Impossível não me escorrer lagrimas ao descreve-lá! Por isso, deixo aqui uma breve história em minha vida.

Em 2015, no meu 3º período eu estava passando por uma grande dificuldade financeira, a Engenharia Ambiental é curso integral, o que inviabiliza o aluno trabalhar, assim, eu não tinha recursos para me manter na instituição, foi quando Deus, colocou esse “anjo” na minha vida, a Prof^a Elisabete sem me conhecer, sem ao menos saber quem eu era, me ofereceu uma bolsa de Iniciação científica, sem ao menos saber da minha real situação financeira.

Aquele dia foi marco que mudou minha história, onde, traçava-se uma trajetória brilhante em minha vida, foi a partir daquele dia que a graduação começou a fazer sentindo pra mim, eu me apaixonei completamente pela pesquisa, pela ciência e pela área acadêmica.

Hoje, depois de 4 anos, eu reconheço como a Prof^a Beta mudou totalmente a minha jornada, eu não sei como seria, onde eu estaria, mas de uma coisa tenho plena convicção, eu tive a melhor *mãe científica* do mundo! E, a você Beta eu deixo a minha eterna gratidão, obrigado por me conforta nos momento difíceis, pelos conselhos, por me ensinar, por ser mãe, por ser amiga, por puxa minha orelha, mas principalmente, por me conduzir a um futuro promissor!

Eu sei que as vezes a “*senhorita*” deve pensa, “*Será que os meus esforços com estas atividades acadêmicas vale a pena?*”. Mas Professora, quero que saiba, pra mim, na minha vida, você fez total diferença, saiba que esse garoto, filho de pedreiro e zeladora, partirá para um mestrado na USP, a melhor insituição do país, isso graças a todo seus esforços em me

capacitar para a vida, não só no âmbito profissional como no pessoal. Você, é um exemplo a ser seguido, e eu me espelharei pra sempre em você, e, assim eu expresso toda minha admiração.

Eu agradeço também ao Prof^o Marcos, apesar dos poucos anos ministrando disciplinas na UNIR, ele sempre se demonstra muito acolhedor. Sem ele a execução desta obra não seria possível, em vista que ele me proporcionou diversas instruções, a exemplo, conhecimentos em geoprocessamento e modelações de qualidade água. Deixo também minha gratidão a Prof^a Renata Aguiar, devido a conhecimento estatístico me proporcionado, a qual sempre me recordo na elaboração de trabalhos científicos.

Agradeço também aos membros da minha banca. Ao Prof^o Alberto, por esta sempre a disposição para eventuais dúvidas, também aos emprestimos de reagentes. À Prof^a Ana pela amizade, os bate papos, e por sempre estar aberta me ouvir e me ajudar. À Prof^o Beatriz por me proporcionar bons conhecimentos de química, e por sediar seu laboratório. Ao Prof^o José pelo conhecimento matemático, pelas conversas e por sempre abraçar minhas causas.

Também, à Prof^a Edilene, pelas palavras inspiradoras e amizade, pelos conselhos, por me fazer sonhar em meus anseios acadêmicos, por me ouvir quando precisava, muito obrigado!

Gostaria de agradecer também aos meus amigos, que tiveram muita influência na minha chegada até aqui. À Luiza, a quem acompanho desde 2014, contribuiu muito para meu desenvolvimento acadêmico, com muitas trocas de experiências, além de se prostar uma excelente amiga. A Larissa, por sua amizade, sempre estando certa nas decisões dos trabalhos.

Ao José, David, Joaquim, Lucas e Luiz. O famoso grupo dos “Brow Code”, a qual sou grato por todos os momentos de descontração, pela generosidade, companheirismo e principalmente pela amizade. À Mayame por todo apoio, companheirismo, e momentos especiais vivenciados em conjunto. À Calina, pela amizade e pela contribuições no desenvolvimento científico deste trabalho.

Quero agradecer também a Amanda, nesta última etapa da da minha, tem se mostrando uma amiga muito especial a qual posso confiar, breve seremos parceiros nessa nova caminhada do mestrado, vamos com tudo! À Daíse e Wagner Eduardo, por me acompanhar em todas amostragens de campo, sabemos o quão trabalhoso foi levantar estes dados, sem vocês, jamais eu teria executado este trabalho, assim expresso aqui minha gratificação.

Ao CNPq e a FAPERÓ, pela concessão de bolsa que permitiu a realização desta pesquisa. À Fundação Universidade Federal de Rondônia, em especial aos professores do Departamento de Engenharia Ambiental.

Enfim a todas as pessoas que direta ou indiretamente me ajudaram durante toda a graduação e no desenvolvimento deste trabalho o meu muito obrigado.

RESUMO

A água é de suma importância para manutenção e qualidade de vida, contudo vêm sendo ameaçada por algumas práticas do homem. Assim, a gestão dos recursos hídricos é essencial a todos os usuários da água. Para auxiliar na gestão podem ser utilizadas ferramentas que possibilitem a análise de um diagnóstico e o prognóstico ambiental, estas importantes etapas no enquadramento corpos d'água. O estado de Rondônia, atualmente não possui seus corpos enquadrados. O objetivo deste estudo foi elaborar um diagnóstico ambiental e modelar dados de qualidade de água dos igarapés Dois de Abril (IGAB) e Pintado (IGP), no município de Ji-Paraná/RO, visando a proposta de enquadramento normativo com base na Resolução CONAMA 357/2005 e CNRH Nº 91/08. O estudo foi realizado em trechos urbanos dos igarapés, contando com 4 campanhas de campo. Para o diagnóstico foram avaliadas condições atual das bacias, com a identificação dos usos preponderantes, impactos do uso e ocupação do solo, características morfométricas, determinação da qualidade e quantidade corpos d'água e efluentes, além do levantamento de áreas reguladas por legislações, planos e programas previstos para as microbacias. Para o prognóstico, selecionou a vazão de referência, modelou-se os dados de nutrientes (N e P), bem como as concentrações de OD, DBO_(5,20) e coliformes termotolerantes do quadro atual. Logo depois, foi selecionado os parâmetros prioritários, seguida pela determinação dos cenários para projeções futuras de população e qualidade. As microbacias mostrou um K_f de 1,68 (IGAB) e 1,47 (IGP), com um K_c 0,26 (IGAB) 0,34 (IGP), não estando sujeitas a enchentes em períodos com índices pluviométricos normais. O uso e ocupação apresentou 43,7% (IGAB) e 78,95% (IGP) de área urbanizada, o mesmo comportamento foi averiguado para as APP's. Em campo, foram constatados 7 diferentes impactos visuais e 5 usos preponderantes, deste 1 consuntivo. Em relação a qualidade, o período de seca foi o mais crítico, ambos os igarapés apresentaram condições sanitárias inadequadas. Em geral, o IGP teve maior influência por pressões antrópicas. Devido grande porte de matéria orgânica, os igarapés variaram suas de classes I a fora de classe. Nas modelagens DBO_(5,20), OD e CT, foi possível determinar as zonas de autodepuração. As projeções futuras de qualidade apresentaram um piora no quadro destes igarapés, comprometendo sua classificação. Assim é necessárias ações de gestão referente ao saneamento básico do município. Para complementar uma lacuna do enquadramento, sugere-se a determinação de ensaios ecotoxicológicos e um levantamento da concentração de metais pesados e outros poluentes, a fim de investigar se o mesmo está interferindo na proteção das comunidades aquáticas

Palavras-chave: saneamento ambiental; gestão dos recursos hídricos, uso e ocupação, prognóstico.

ABSTRACT

Water is of paramount importance for maintenance and quality of life, yet it has been threatened by some human activities. Thus, the management of water resources is essential to all water users. To assist in the management, some tools can be used that allow the analysis of a diagnosis and the environmental prognosis, important stages in the inclusion of water bodies under preponderant use classes. The state of Rondônia does not have their bodies framed by use classes. The aim of this study was to elaborate an environmental diagnosis and to model water quality data from Dois de Abril's (IGAB) and Pintado's (IGP) streams in the municipality of Ji - Paraná / RO, aiming at the proposal of a normative framework based on CONAMA Resolution 357/2005 and CNRH No. 91/08. The study was carried out in urban stretches of the streams, counting on 4 sample collection. For the diagnosis, the current conditions of the basins, with the identification of the preponderant uses, impacts of the use and occupation of the soil, morphometric characteristics, determination of the quality and quantity of water bodies and effluents, besides the survey of areas regulated by laws, plans and programs planned for micro-watersheds. For the prognosis, the reference flow was selected, the nutrient data (N and P), as well as the concentrations of DO, BOD (5,20) and thermotolerant coliforms of the current table were modeled. Subsequently, the priority parameters were selected, followed by the determination of the scenarios for future population and quality projections. The microbasins showed a form factor (Kf) of 1.68 (IGAB) and 1.47 (IGP), with a basin asymmetry (Kc) 0.26 (IGAB) 0.34 (IGP), and were not subject to floods during periods with normal rainfall indexes. The use and occupation had 43.7% (IGAB) and 78.95% (IGP) of urbanized area, the same behavior was verified for the permanent protection areas (PPA). In the field, seven different impacts and five preponderant uses were found, of this one consumptive. Regarding quality, the drought period is the most critical, both streams have inadequate conditions. In general, the IGP had greater influence due to anthropic pressures. Due to the large size of organic matter, the streams varied their classes (I) to out of class. In the BOD (5,20), DO and TC models, it was possible to determine the autodepuration zones. The future quality projections presented a worsening in the framework of these streams, compromising their classification. Thus, management actions related to the basic sanitation of the municipality are necessary.

Keywords: environmental sanitation; Management of water resources, use and occupation, prognosis.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 REFERENCIAL TEÓRICO	12
1.1 ASPECTOS LEGAIS CORRELATOS A GESTÃO DA ÁGUA	12
1.2 MONITORAMENTO DOS ASPECTOS QUALIQUANTITATIVOS	15
1.2.1 Qualidade das águas	16
1.2.2 Quantidade das águas	18
1.3 ENQUADRAMENTO CORPOS D'ÁGUA	18
1.4 MODELAGEM MATEMÁTICA NO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS	22
1.4.1 Autodepuração dos cursos d'água	23
2 MATERIAIS E MÉTODOS	24
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	24
2.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	25
2.2.1 Monitoramento ambiental	26
2.2.2 Obtenção dos dados qualitativos	27
2.2.3 Obtenção dos dados quantitativos	28
2.2.4 Uso e ocupação das microbacias	29
2.2.5 Características morfológicas	30
2.3 PROGNÓSTICO	30
2.3.1 Utilização do modelo	30
2.3.2 Seleção da vazão de referência	30
2.3.3 Segmento do sistema fluvial utilizado no modelo	30
2.3.4 Sensibilização, calibração e validação do modelo	30
2.3.5 Cenários	33
2.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO	33
2.4.1 Dados de qualidade do diagnóstico ambiental	33
2.4.2 Dados qualidade do prognóstico	34
2.4.3 Análise multivariada	34
2.5 PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO	34
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
3.1 DIAGNÓSTICO	35
3.1.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	35
3.1.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	36
3.1.3 ÁREAS REGULADAS POR LEGISLAÇÕES ESPECÍFICAS E PLANOS E PROGRAMAS PREVISTOS	39
3.1.4 IDENTIFICAÇÃO DOS USOS E INTERFERÊNCIAS QUE ALTERAM O REGIME QUALIQUANTITATIVO DO CURSO PRINCIPAL	41
3.1.5 CONDIÇÕES QUALIQUANTITATIVA ATUAL DAS MICROBACIAS	44
3.1.5.1 VAZÃO	44

3.1.5.2 pH e Temperatura	45
3.1.5.3 Condutividade elétrica (CE) e Turbidez	47
3.1.5.4 OD e DBO_{5,20}	48
3.1.5.5 Nitrogênio	50
3.1.5.6 Fósforo (P-total e PO₄³⁻)	52
3.1.5.7 Clorofila <i>a</i> (Chl <i>a</i>)	53
3.1.5.8. Coliformes totais e fecais (termotolerantes)	54
3.1.6 ANÁLISE MULTIVARIADA DO QUADRO ATUAL	55
3.2 PROGNÓSTICO	56
3.2.1 SENSIBILIDADE, CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO	56
3.2.2 MODELAGEM QUANTITATIVA DO QUADRO ATUAL	57
3.2.3 MODELAGEM QUALITATIVA DO QUADRO ATUAL	58
3.2.3.1 Oxigênio dissolvido (OD)	58
3.2.3.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})	60
3.2.3.3. Coliformes termotolerantes (CT)	62
3.2.4 NUTRIENTES	63
3.2.5 CENÁRIOS	66
3.3 PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO	68
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
4.1 RECOMENDAÇÕES	71
REFERÊNCIAS	72

INTRODUÇÃO

A água é de suma importância para manutenção e qualidade de vida. Está intrinsecamente ligada à saúde e à dignidade da população humana. Ela é responsável pelas variações climáticas, pela manutenção de rios, lagos e oceanos, além de criar condições para o desenvolvimento dos ecossistemas aquáticos (RIBEIRO e ROLIM, 2017).

Contudo, os recursos hídricos nas últimas décadas, vêm sendo ameaçados por algumas práticas do homem, o que acaba resultando em prejuízos para a própria humanidade. Com o aumento das concentrações populacionais e o desenvolvimento socioeconômico, este recurso, passou a sofrer fortes alterações físicas, biológicas e químicas, devido aos usos diversificados, e, à contaminação decorrente das atividades antropogênicas (LOPES, 2008; CORDEIRO *et al.*, 2016).

Segundo Silva *et al.* (2017), esses problemas, causados por tais atividades, deixaram de ser uma ameaça futura e vem se tornando cada vez mais evidentes em âmbito global, surgindo a necessidade de leis regulamentadoras para uma melhor gestão e manejo dos recursos hídricos.

A gestão dos recursos hídricos é um assunto essencial a todos os usuários da água. A busca por alternativas viáveis para a solução dos problemas quali-quantitativos dos recursos hídricos, sem impedir o desenvolvimento econômico de uma região, é a rota para garantir às atuais e futuras gerações o acesso à água com quantidade e qualidade suficientes (GASTALDINI e OPPA, 2011).

No Brasil, a Lei 9.433/97, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que dispõe os objetivos e instrumentos regulatórios e econômicos que orientam a gestão dos recursos hídricos. Segundo a ANA (2007), dentre os instrumentos presentes nessa lei, destacam-se os relacionados à gestão da qualidade hídrica.

A Resolução do Conselho Nacional do meio Ambiente (CONAMA) nº 357/05, define os níveis de qualidade das águas superficiais, assegurando seus usos preponderantes, além de nortear as condições e padrões a serem seguidos na classificação e enquadramento dos corpos d'água. Apenas 10 dos 27 estados brasileiros possuem legislação estadual de enquadramento dos corpos d'água, nestes estados foram enquadrados pelo menos os principais cursos hídricos (ANA, 2007).

O estado de Rondônia, atualmente, não possui uma legislação estadual vigente para qualidade, sendo assim os corpos d'água não passaram pelo procedimento de enquadramento. Conforme elenca a ANA (2007), isso ocorre por falta de capacidade técnica, metodologias e/ou falta de ações de gestão. Além disso, no estado de Rondônia é muito comum a subsistência de

microbacias que atravessam as cidades, estas recebem diretamente os impactos das atividades antrópicas e em geral são transformados em canais retificados onde se despeja tanto a água pluvial, quanto os efluentes não tratados (MESQUITA, 2015; SANTOS et al., 2017).

Todavia, a recepção destes efluentes em proporções superiores à capacidade de autodepuração podem comprometer as metas para o enquadramento atual e futuro, as restrições e os conflitos quanto ao uso das fontes de água. A vista disto, para evitar condições ambientais desfavoráveis e conflitos quanto ao uso da água, é essencial avaliar a capacidade de assimilação de efluentes nos corpos de água (NUNES, 2014; SANTOS et al., 2018).

Deste modo, a execução de programas de monitoramento a fim de conhecer a qualidade da água para determinar quais as possíveis interferências que a mesma vem sofrendo é uma das alternativas para a execução de ações intervencionistas e de gerenciamento para a manutenção quali-quantitativa dos recursos hídricos (BEZZERA, 2014).

Para auxiliar na gestão, controle e proteção destes corpos hídricos podem ser utilizadas ferramentas que possibilitem a análise de um diagnóstico e o prognóstico ambiental.

O diagnóstico ambiental é caracterizado como conjunto de informação para identificação e análise dos impactos ambientais causados pelo homem no ambiente. Sendo possível o ordenamento do quadro atual de uma bacia. Enquanto o prognóstico estima o quadro futuro de disponibilidade qualitativa e demanda dos corpos hídricos na bacia hidrográfica, com base nas informações obtidas no diagnóstico (TROMBETA e LEGAL, 2016).

Por isso, são considerados importante no enquadramento dos corpos d'água, pois auxilia na preservação do recurso hídrico e no direcionamento da gestão pública, conforme traz a Resolução do Conselho Nacional dos Recursos hídricos (CNRH) nº 91/08.

Diante disso, os modelos matemáticos surgem como ferramentas capazes de auxiliarem na solução de problemas. Além disso, possibilitam compreender o meio ambiente e visualizá-lo de maneira integrada, devido à sua capacidade de englobar os processos hidrológico, físico, químico e biológico de forma simplificada e prática, ainda que esses processos sejam complexos (KUCHINSKI e GASTALDINI, 2018)

Desta forma, estas ferramentas possibilitam o estudo contínuo no espaço, permitindo assim mesurar os impactos locais, permitindo a elaboração de um prognóstico, nos quais contribuirão para o gerenciamento dos recursos hídricos da região, haja visto que o Plano Estadual de Recursos Hídricos em Rondônia está em fase de elaboração.

Levando em consideração a importância desta pesquisa, que tem o intuito de auxiliar na tomada de decisões futuras, o objetivo do estudo foi elaborar um diagnóstico ambiental e modelar dados de qualidade de água dos igarapés Dois de Abril e Pintado (Ji-Paraná, RO),

visando a proposta de enquadramento com base na Resolução CONAMA 357/05 e CNRH Nº 91/08. Para isso delineou-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar os impactos ambientais sobre duas microbacias;
- b) Avaliar as características quantitativa e qualitativa dos corpos d'água e efluentes;
- c) Verificar a variação sazonal da quantidade e qualidade da água nos igarapés;
- d) Selecionar parâmetros prioritários para projeções de cenários;
- e) Verificar a capacidade de autodepuração dos cursos água;
- f) Realizar um prognóstico das microbacias;

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 ASPECTOS LEGAIS CORRELATOS A GESTÃO DA ÁGUA

A água é um dos elementos naturais essenciais à vida e ao desenvolvimento das atividades humanas (TUCCI, 2016). Dadas as suas características físico-químicas, ela se transforma continuamente no decorrer do ciclo hidrológico e, é essa capacidade de transformação e sua quase onipresença no planeta, além de outros fatores, que fazem com que a água se preste a múltiplas funções e usos (BRASIL 2015; GOMES 2015; COLLISCHON e DORNELLES, 2015).

Ao decorrer do seu ciclo, água torna-se em um recurso hídrico, ou seja, transforma-se em um insumo ou fator de produção, empregado para o abastecimento humano, a irrigação, as atividades industriais, a geração de energia elétrica, a dessedentação de animais, a diluição de esgotos e outros efluentes, a drenagem de águas pluviais, a aquicultura, a pesca a navegação, a recreação e lazer, as atividades de turismo, entre outros (TUNDISI e TUNDISI, 2016; VON SPERLING, 2018).

Em decorrência desses usos antrópicos, os recursos hídricos, em geral, têm sua quantidade e qualidade afetadas negativamente, o que pode acabar prejudicando e/ou inviabilizando os demais usos que deles se poderiam esperar (BRASIL, 2015).

Quando eventos naturais agudos, com efeitos deletérios, se agregam a esses usos, a situação hídrica em certas regiões pode ficar crítica, tornando ainda mais óbvia a necessidade de gerenciamento desse recurso indispensável e insubstituível (ZABOT, 2013; SANTOS, MORAES; ROSSI, 2013). Assim, nas últimas décadas, os conflitos expressos ou tácitos pela posse ou domínio das águas vêm-se tornando cada vez mais evidentes no Brasil e no mundo (FLORES e MISOCZKY, 2015). Daí a razão pela qual a água talvez tenha sido um dos primeiros recursos naturais a ter seu uso normatizado.

Após a proclamação da República no Brasil em 1889, o grande marco legal referente a essa temática foi o “Código de Águas de 1934”, que, já em sua parte introdutória, traçava diretrizes que permitia ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas.

Na época, existiam águas públicas de uso comum ou dominicais e águas particulares. Hoje, pela atual “Constituição Federal de 1988” (CF), isso não mais ocorre, pois não existem mais águas particulares, sendo elas bens ora da União (CF, art. 20, III a VI), ora dos estados (CF, art. 26, I) a depender de suas extensões.

Para efeito operacional, posteriormente a Agência Nacional de Águas o adota no contexto estadual e municipal, segundo Souza e Fernandes (1996). Os seguintes parâmetros:

Bacia Hidrográfica Estadual – quando o curso d’água da nascente até a foz situa-se no território estadual;

Bacia Hidrográfica Municipal – quando o curso d’água da nascente até a foz está inserida no território municipal.

No transcorrer do século XX, com a aceleração da urbanização e da industrialização, por efeito, dos eventos críticos de poluição e dos conflitos pelo uso das águas, ficou cada vez mais nítida a necessidade de um maior controle no uso dos recursos ambientais (BRASIL, 2015). Diante dos problemas relativos à água enfrentados em diversas partes do mundo, foi necessária a implementação de políticas eficientes de gestão dos recursos hídricos (IANAS, 2015).

Nesse sentido, a Lei 9.433/97 (Lei das Águas), um dos principais elementos de apoio à proteção dos recursos hídricos no Brasil, define que a bacia hidrográfica é unidade de gestão integrada a ser adotada. Nesta Lei, também dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, a qual possui fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos (BRASIL, 2011).

A PNRH prevê que a gestão da água não deve dissociar aspectos de quantidade e qualidade e deve considerar a diversidade geográfica e socioeconômica das diferentes regiões do País, o planejamento dos setores usuários e os planejamentos regionais, estaduais e nacional, além da integração com a gestão ambiental, do uso do solo, sistemas estuarinos e zonas costeiras (ANA, 2017). No Quadro 1 esta disposta uma visão esquemática da PNRH.

Quadro 1- Visão Geral da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Fundamentos art. 1º	Objetivos art. 2º	Diretrizes art. 3º	Instrumentos art. 5º
I-Domínio econômico	I-Disponibilidade de água para atuais e futuras gerações	I - Indissociabilidade e da quantidade e da qualidade	I-Planos de recursos hídricos
II- Valor econômico	II - Uso racional/desenvolvimento sustentável	II - Adequação às diversidades regionais	II - Enquadramento dos corpos d'água em classes de qualidade
III - Uso prioritário em período de escassez	III - Prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos	III- Integração com a gestão ambiental	III - Outorga do direito de uso da água
IV- Uso múltiplo	-	IV - Articulação com a gestão de uso do solo	IV-Cobrança pelo uso da água
V- Bacia hidrográfica como unidade de implementação	-	V- Integração com a gestão dos sistemas estuarinos e zonas costeiras	V-Sistema de informações sobre recursos hídricos
VI- Gestão descentralizada e participativa	-	VI-Articulação com o planejamento dos setores usuários e com os planejamentos governamentais	-

Fonte: Adaptado da Lei 9.433/97

A Lei 9.433/1997 concebeu avanços significativos na gestão dos Recursos hídricos no Brasil, no art. 32º, a lei instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos hídricos (SINGREH), onde seus objetivos principais estão definidos abaixo, delimitados pelas atribuições da Figura 1 (BRASIL, 2011).

- I.** Coordenar a gestão integrada das águas;
- II.** Arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;
- III.** Implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos;

- IV. Planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; e
- V. Promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

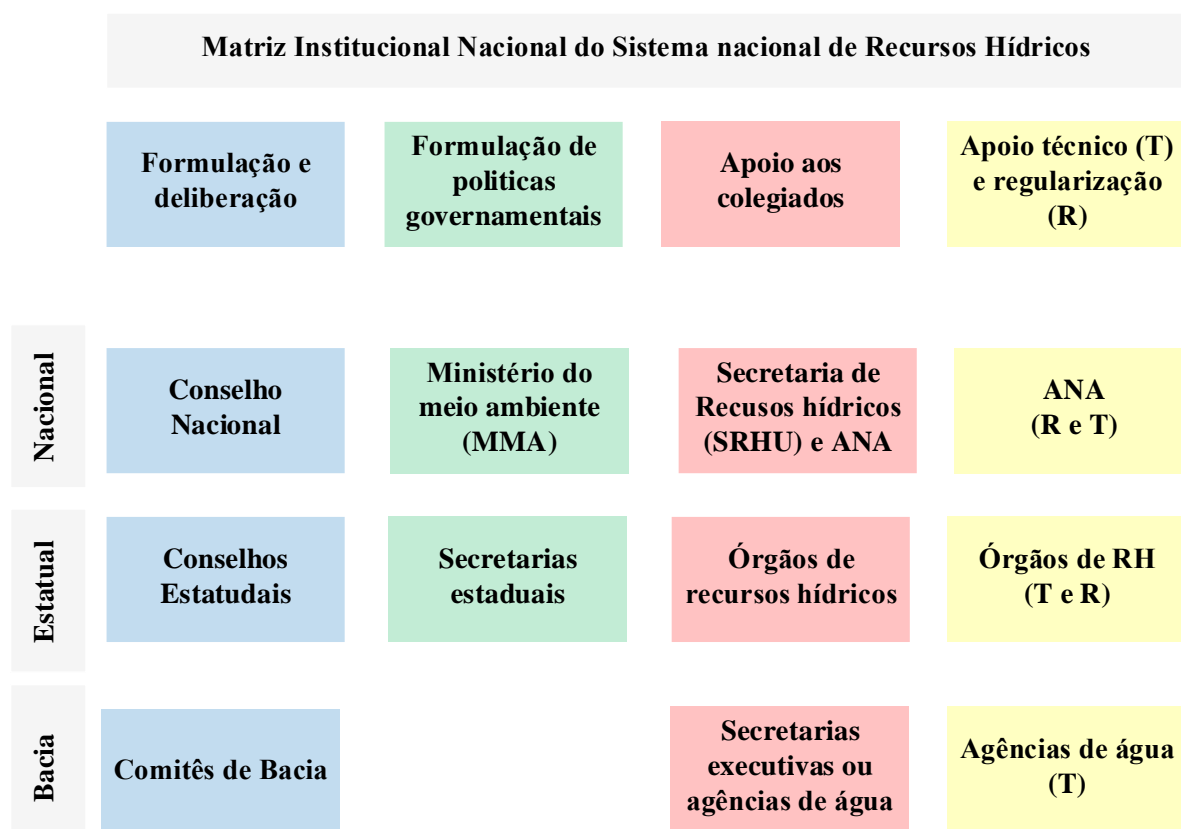


Figura 1 – Matriz Institucional do SINGREH.
 Fonte: ANA, 2016.

Segundo Morais et al. (2018), após surgimento a lei 9.433/97, possibilitou a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), criada pela Lei nº9.984/00, como autarquia especial ligada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), sendo um órgão operacional do SINGREH com o objetivo principal de implementar a PNRH, além de regulamentar e monitorar, em articulação com os órgãos públicos e privados integrantes do sistema.

1.2 MONITORAMENTO DOS ASPECTOS QUALIQUANTITATIVOS

As características quantitativas e qualitativas dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica podem mudar drasticamente, sejam pelas variações sazonais ou pelo crescimento populacional, a urbanização e/ou a industrialização (ESTEVES, 2011; TUCCI, 2016; VON SPERLING 2018).

Dessa forma, é importante monitorar tais aspectos, visto que, este, é o principal instrumento eficaz em estudos de gestão, planejamento, projeto, operação e administração dos recursos hídricos (VON SPERLING, 2014; ANA, 2016).

1.2.1 Qualidade das águas

A água contém diversos componentes, que provêm do próprio ecossistema natural, ou introduzidos por atividades humanas (ESTEVEES, 2011; TUNDISE e TUNDISE, 2016). Para caracterizar sua qualidade, são utilizados diversos parâmetros, que representam suas características, físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores de qualidade de água e muitas vezes podem ser comprometidos, alcançando valores superiores aos estabelecidos para o uso (VON SPERLING, 2014).

Dentre as variáveis limnológicas físico-químicas e biológicas utilizadas na avaliação da qualidade de água, podemos citar a temperatura, turbidez, condutividade elétrica (CE), o potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), amônia ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$), o nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), fósforo dissolvido/ortofosfato (PO_4^{3-}) e fósforo total, metais pesados, coliformes totais (CT) e termotolerantes (*E.coli*), e clorofila *a*.

Existem diversas formas de avaliar a qualidade da água de um corpo hídrico, podendo ser por aparelhos e/ou métodos químicos analíticos, a exemplo, os descritos nas edições do “*Standard of Methods for the Examination of Water and Wastewater*”. No entanto, os processos que envolvem essas análises são complexos e a existência de alguma falha pode comprometer todo o resultado (TUNDISI, 2015).

A avaliação da qualidade da água permite a identificação de tendências sazonais e pontuais (OLIVEIRA et al., 2014), bem como a classificação normativa dos rios (CHAGAS et al., 2017). Para Tundisi (2015), o monitoramento da qualidade evoluiu do mero diagnóstico para a determinação de tendências futuras e de como os sistemas aquáticos são impactados pelas atividades humanas.

Em 2016, a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) contava com 1.652 pontos de monitoramento de qualidade de água em todas as Unidades de Federação (UFs). Esta rede monitora alguns parâmetros de qualidade, tais como pH, temperatura, OD, $\text{DBO}_{(5,20)}$, fósforo, turbidez e condutividade (ANA, 2017).

No entanto, a rede de monitoramento da qualidade da água no Brasil é insatisfatória, sobretudo na região Amazônica, onde há carência de informações (ZUFFO et al., 2013; ANA, 2016). Conforme os dados observados na ANA (2017), esta região possui monitoramento apenas em parâmetros básicos como pH, temperatura, OD, turbidez e condutividade, sendo pouca a aquisição deste dados em campo. A RHN abrange, sobretudo, regiões mais populosas

(Figura 2), de alta incidência de conflitos pela água e/ou de eventos de escassez hídrica (Nordeste).

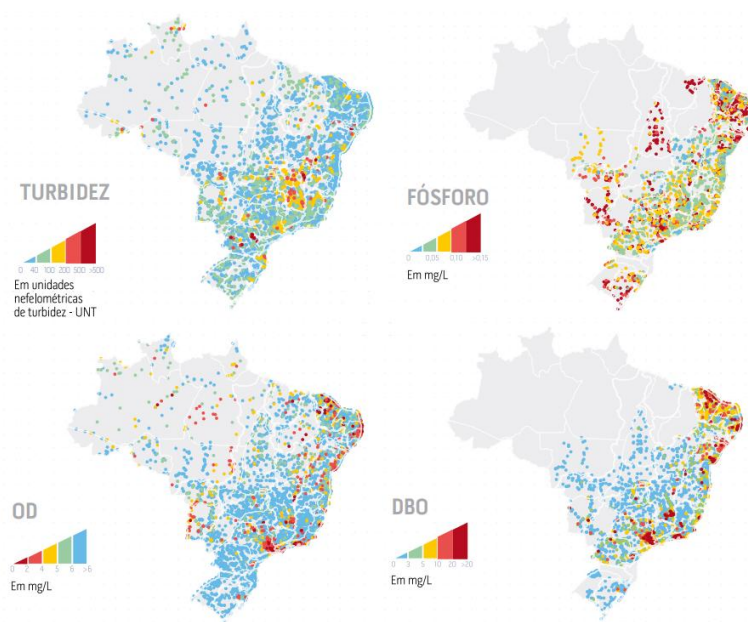


Figura 2–Concentrações média no período de 2001- 2015 nos pontos monitorados.
Fonte: ANA, 2017.

Tundisi (2014) defende que o monitoramento conjunto e contínuo de águas superficiais deve ter prioridade especialmente nas bacias mais impactadas. Desta forma, as microbacias urbanizadas ou aquelas fortemente saturadas por atividades impactantes devem alcançar maior atenção nos processos de gestão dos recursos hídricos, a exemplo as microbacias (SILVA, 2017; SANTOS et al., 2018).

Em escala de bacias, as que recebem diretamente impactos das atividades antrópicas são as denominadas microbacias. Segundo Pereira (2013), a microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, onde várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km².

De acordo com alguns estudos realizados no município de Ji-Paraná, envolvendo microbacias urbanas, em seu monitoramento limnológico constatou-se alterações nas características naturais das águas (BEZERRA e ANDRADE, 2014; ROCHA, 2014; SANTOS et al., 2016; SANTOS et al., 2017).

Tais estudos, corroboram a afirmação de alteração da qualidade das águas, devido a alteração dos aspectos naturais da microbacia, como a supressão da mata ciliar, o lançamento clandestino de efluentes, a emissão de resíduos sólidos, assoreamento, o comprometimento estético das águas, entre outros (BEZERRA, 2012; BUTZKE et al., 2015; SILVA, 2017; SANTOS et al., 2018).

Assim espera-se avanços, no que tange a gestão dos recursos hídricos no município de Ji-paraná e para o estado de Rondônia. Haja vista, a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) firmou parceria junto a Agência Nacional de águas a fim de obter recursos para estabelecimento de melhores redes de monitoramento da água no estado, e em seu proveito a divulgação do dados (SEDAM, 2017).

1.2.2 Quantidade das águas

Durante o ciclo da água, parte da água que precipita sobre o território infiltra para o subsolo e é armazenada nos lençóis freáticos. Outra parte dessa água, escoia pela superfície até alcançar o leito dos rios. Ambas as parcelas, superficial e subterrânea, contribuem para a vazão dos rios. Toda essa água precisa ser monitorada para que se determine a quantidade disponível e se verifique as condições de sua qualidade (VON SPERLING, 2014; ANA, 2017).

O monitoramento da quantidade é importante, pois permite a gestão das águas quanto sua outorga de direito de usos, além de conseqüências para intervenções hidráulicas. Sendo assim, é necessário conhecer os registros das principais variáveis hidrológicas, como a precipitação e a vazão, visto que a posse desses registros podem contribuir para a formulação de uma série histórica, nos quais ajudarão na tomada de decisões (ANA, 2013; BARROS, 2016).

Dessa forma, é importante definir os possíveis usos das águas, a fim de se observar a quantidade e qualidade necessária para cada uso, levando em consideração as condições do período de estiagem (SANTOS e CUNHA, 2018)

A RHN possuía em 2016 mais de 20 mil estações sob responsabilidade de várias entidades. A ANA gerencia diretamente 4.663 estações sendo: 2.722 pluviométricas e 1.941 estações fluviométricas. Destas estações, 488 (pluviométricas) e 277 (fluviométricas) encontram-se na região amazônica (ANA, 2017).

Apesar da quantidade de estações, Barros (2016) alega que o Brasil apresenta uma deficiência na rede hidrométrica, pois não cobre todos os locais de interesse, existindo assim, regiões desprovidas de dados hidrológicos, e alguns locais onde a rede hidrométrica está presente, existem lacunas temporais devido às dificuldades de monitoramento, a exemplo as microbacias.

1.3 ENQUADRAMENTO CORPOS D'ÁGUA

O enquadramento dos corpos d'água é o estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo. O art. 9 da Lei águas 9.433/97, institui que o enquadramento busca *“assegurar às águas qualidade*

compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas” e a “diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes” (ANA, 2013).

Para estabelecer um objetivo de qualidade da água é preciso: avaliar a condição atual do rio, (o rio que temos); discutir, com a população da bacia, a condição de qualidade desejada para aquele rio (o rio que queremos); e, por fim, discutir e pactuar a meta com os diferentes atores da bacia hidrográfica, aplicando modelagem de qualidade futura dos corpos d’água, (o rio que podemos ter), levando em conta as limitações técnicas e econômicas para seu alcance (ANA, 2009; ANA, 2013).

As principais regulamentações para o enquadramento são resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente: CONAMA e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Os projetos que contemplem em seu escopo ações para o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes deverão estar de acordo com a Resolução CNRH nº 91/2008 e com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

A Resolução CNRH nº 91/2008 institui as diretrizes básicas para os procedimentos metodológicos de enquadramento dos corpos hídricos. Segunda essa resolução, os procedimentos de enquadramento deverão compreender as seguintes etapas: Diagnóstico, prognóstico, propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento e programa para efetivação (ANA, 2009). A descrição dos principais aspectos a ser considerados em cada etapa do enquadramento são ilustrados na Figura 3.

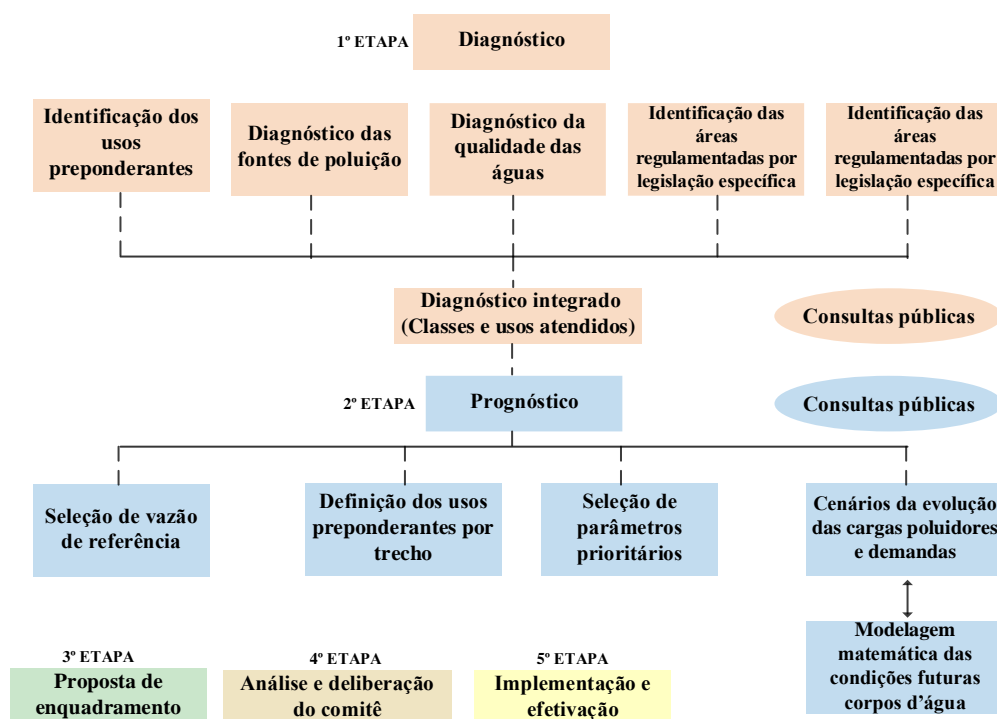


Figura 3– Processos de enquadramento dos corpos d’água no Brasil.
Fonte: adaptado de ANA, 2018.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e as diretrizes para seu enquadramento, bem como estabelece as condições para seus devidos usos. A resolução determina 4 (quatro) classes para água doce, onde as mesmas são representadas de acordo com sua qualidade e uso (Figura 4 e 5).

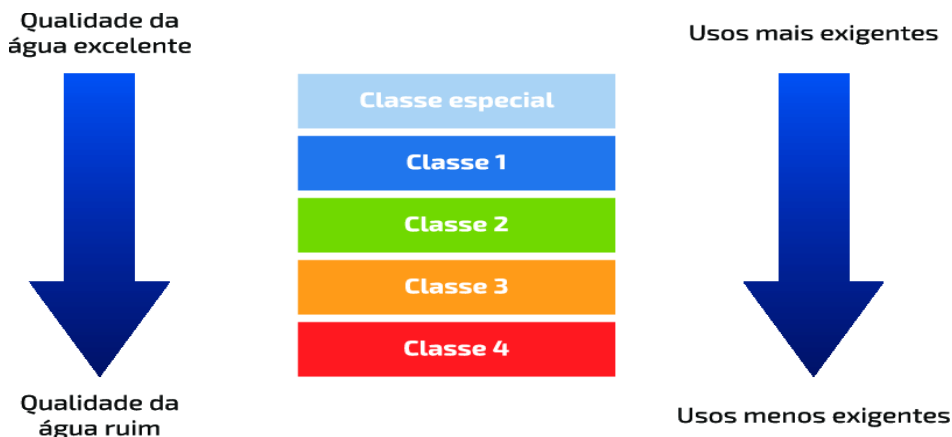


Figura 4 – Ilustração das classes de enquadramento e níveis de exigência de usos a que se destinam as águas doces.

Fonte: ANA, 2016.

USOS DAS ÁGUAS DOCES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas			Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário						
Aquicultura						
Abastecimento para consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário						
Pesca						
Irrigação			Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais						
Navegação						
Harmonia paisagística						

Figura 5- Classes de enquadramento e níveis de exigência de usos a que se destinam as águas doces

Fonte: ANA, 2018.

Existem duas maneiras de se classificar os tipos de usos, são eles, o consuntivo e o não consuntivo.

- **Consuntivo:** quando a água é extraída de sua fonte natural e não retorna a ela, podendo ser utilizada parcelas ou todo o recurso disponível (ANA, 2013);

- **Não Consuntivo:** quando a água captada retorna à fonte de suprimento, praticamente sem perdas, isso quando utilizada, pois também pode ser caracterizado pela não retirada de água do corpo hídrico (ANA, 2013).

Como exemplos de usos consuntivos têm-se o abastecimento para consumo humano (urbano e rural), industrial, dessedentação de animais e irrigação. Já, entre os principais usos não consuntivos, destacam-se a geração hidrelétrica, navegação, a pesca/aquicultura, o turismo, a recreação e a proteção do ecossistema.

Na Tabela 1 estão expostos os valores de vazão retirada dos cursos d'água e vazão consumida pelas atividades de uso consuntivo no Brasil nos anos 2006 e 2016.

Tabela 1- Distribuição das vazões de retirada e de consumo para seus diferentes usos.

Demandas Consuntivas	Ano de referência 2006		Ano de referência 2016	
	Retirada do Brasil (m ³ .s ⁻¹)	Consumo do Brasil (m ³ .s ⁻¹)	Retirada do Brasil (m ³ .s ⁻¹)	Consumo do Brasil (m ³ .s ⁻¹)
Animal	147,0	118,4	165,1	123,0
Industrial	313,0	69,0	441,5	116,7
Irrigação	865,5	680,5	969,0	745,0
*Abs.Rural	37,0	19,8	34,0	27,0
*Abs.Urbano	479,0	98,7	488,3	97,7
Total	1.841,5	986,4	2097,9	1109,4

Fonte: Adaptado. ANA, 2013; ANA, 2017. *Abs: Abastecimento para o consumo

Visto que, houve o aumento pelas demandas de água na última década, é necessário que a gestão dos recursos hídricos, referente a sua qualidade e quantidade sejam administradas, a fim de enquadrar tais recursos hídricos, podendo receber destinações adequadas aos seus respectivos usos.

Apenas 10 dos 27 estados brasileiros possuem legislação estadual de enquadramento dos corpos d'água, nestes estados foram enquadrados os principais cursos hídricos. O estado de Rondônia não possui uma legislação estadual vigente e os corpos d'água não passaram pelo procedimento de enquadramento, isto devido a falta técnica, metodologias e ações de gestão (ANA, 2007).

1.4 MODELAGEM MATEMÁTICA NO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Segundo Nunes (2014), a modelagem matemática consiste num importante instrumento empregado para auxiliar na solução de problemas e na tomada de decisões relacionadas à qualidade da água. Possuindo capacidade de reunir informações de qualidade de água, difíceis de serem conjugadas, para o entendimento dos processos de poluição dos recursos hídricos (OPPA, 2007; VON SPERLING, 2018).

Os modelos matemáticos de qualidade da água merecem especial destaque, principalmente por possibilitarem a geração de cenários futuros e identificarem fontes poluidoras, possibilitando a elaboração de um prognóstico da bacia (KUCHINSKI e GASTALDINI, 2018).

Assim, têm sido amplamente empregados na modelagem dos processos biológicos, físicos e químicos em cursos de água superficial, a fim de gerar informações para subsidiar a implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos (VON SPERLING, 2014; SANTOS et al., 2017).

O modelo matemático pioneiro de qualidade da água é o modelo de Streeter-Phelps, criado no ano de 1925, com o objetivo de estudar o comportamento do oxigênio dissolvido após um corpo receptor ser atingido por uma carga poluente. O ano de 1976 foi marcado em relação à evolução dos modelos de qualidade da água, com a apresentação dos modelos QUAL-SEMOG, CEQUAL-W2, QUAL2E, HSPF e MIKE 11 (REIS, 2009; FLECK, 2013).

Dentre os modelos matemáticos de qualidade da água existentes, destaca-se o modelo QUAL2E desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) na década de 80. Sendo um dos mais citados na literatura (GASTALDINI e OPPA, 2007; GASTALDINI e OPPA, 2011; NUNES, 2014; KUCHINSKI e GASTALDINI, 2018), devido a sua elevada popularidade e aplicabilidade.

Segundo Oppa (2007), o modelo QUAL2E é um modelo de qualidade da água abrangente e versátil, podendo simular até 15 constituintes de qualidade da água: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura, algas, amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio orgânico, fósforo orgânico, fósforo dissolvido, coliformes, três substâncias conservativas e uma arbitrária não conservativa.

Além disso, o modelo matemático é unidimensional, e, é realizado com dois componentes básicos: equações representativas do processo de escoamento e do transporte de massa, retratando a variação das concentrações da qualidade no corpo água. O modelo é

aplicável a rios ramificados e bem misturados, e utiliza dois mecanismos de transporte sendo eles advecção e dispesão (GASTALDINI e OPPA, 2011).

Considera as múltiplas descargas de esgoto, retiradas de água, afluentes tributários, afluências e efluências incrementais no sistema simulado (KUCHINSKI e GASTALDINI, 2018).

Muitos autores utilizam o modelo QUAL-2E com o intuito de gerar informações, simulando cenários de poluição ambiental das águas para auxiliar na etapa do prognóstico (NUNES, 2014).

O balanço de massa que o modelo utiliza para calcular as concentrações das variáveis de qualidade de água simuladas estão bem descritos por Von Sperling (2014).

O modelo QUAL2E apresenta coeficientes responsáveis pelos parâmetros que fazem a previsão das concentrações de DBO, OD e coliformes:

- I. Coeficiente de desoxigenação da matéria orgânica (K_1);
- II. Coeficiente de reaeração (K_2);
- III. Coeficiente de sedimentação (K_3);
- IV. Demanda bentônica de oxigênio (K_4);
- V. Coeficiente de decaimento de coliformes (K_5).

Durante a elaboração do modelo é necessário passar pelas etapas de análise de sensibilidade, calibração e validação do modelo.

A análise de sensibilidade determina as previsões de mudanças no modelo, relativas nos valores dos parâmetros de calibração. A calibração do modelo QUAL2E, permite reajuste dos parâmetros nas equações matemáticas do corpo hidrico modelado. A validação consiste em verificar se os coeficientes encontrados na calibração possuem precisão plausível, utilizando uma série de dados de campo diferente daquela utilizada na calibração (GASTALDINI; OPPA, 2011).

1.4.1 Autodepuração dos cursos d'água

O fenômeno da autodepuração está vinculada ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após a alteração induzidas pelos despejos afluentes. Dentro de uma visão mais específica da poluição por matéria orgânica, tem-se que, como parte integrante deste fenômeno, os compostos orgânicos são convertidos em outros estáveis, como CO_2 e H_2O , não prejudiciais do ponto de vista ecológico (VON SPERLING, 2018).

É de grande importância conhecer o fenômeno de autodepuração e da sua quantificação, especialmente para utilizar na capacidade de assimilação dos rios (comum em países desenvolvidos, que utilizam para complementar o tratamento esgotos) e impedir o lançamento de despejos acima do que possa suportar o corpo d'água.

No primeiro instante o ecossistema de um corpo d'água se encontra-se em equilíbrio. Após a entrada de uma determinada fonte de poluição o equilíbrio é afetado (FIGURA 6), resultando em uma desorganização inicial seguido por uma sucessão ecológica de recuperação.

A recuperação ocorre ao longo do tempo, e pode-se ser mensurada por zonas físicas identificáveis no rio. As principais zonas de autodepuração, são: zona de degradação, zona de decomposição ativa, zona de recuperação, zona de águas limpas (VON SPERLING 2014):

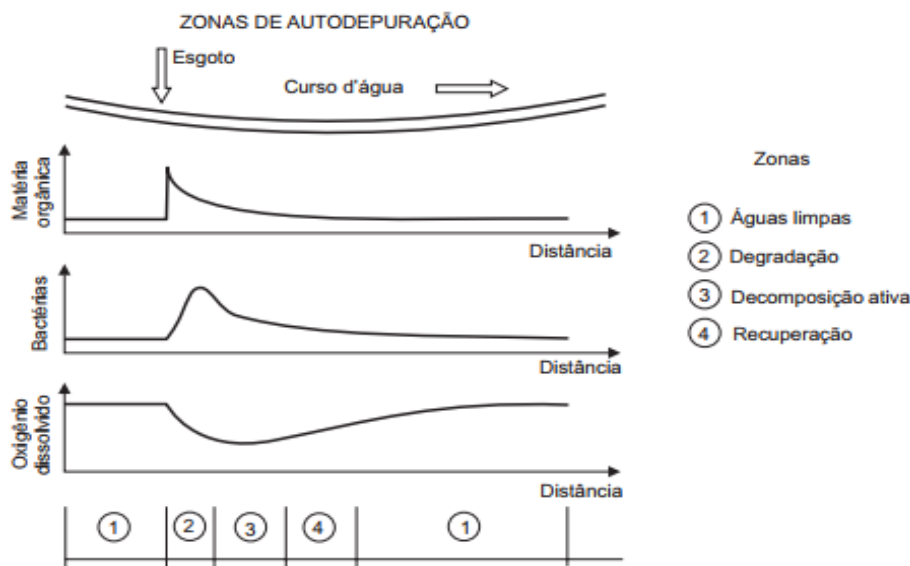


Figura 6–Perfil esquemático da concentração da matéria orgânica, bactérias decompositoras e oxigênio dissolvido ao longo do percurso no curso d'água; Delimitação das zonas de autodepuração.

Fonte: VON SPERLING, 2018.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Ji-Paraná está localizado no leste de Rondônia (Figura 7), à 377,3 km da capital Porto Velho, e possuía 116.610 habitantes (IBGE, 2010), com uma altitude de 170 metros, temperatura média anual de 25°C, com média máxima de 32°C e mínima de 21°C, a precipitação total anual encontra-se em torno de 1.962,8 mm (SEDAM, 2012).

O estudo foi realizado em duas microbacias urbanas do município, estas, microbacia Igarapés Dois de Abril e Pintado (FIGURA 7). Os igarapés estão inseridos na Bacia do rio Machado, região hidrográfica do Amazonas. Sendo o igarapé Dois de abril localizado no 1º

Distrito (marge esquerda) com área de 24,33 km² e o Pintado no 2º Distrito (marge direita) com área de 4,44 km².

O clima predominante é o tropical com estações bem definidas de cheia e seca, sendo que o período de cheia é característico de janeiro a março, cheia – seca de abril a junho, seca de julho a setembro e seca- cheia de outubro a dezembro (WEBLER et al., 2013).

A microbacia do igarapé Dois de abril (IGAB) possui em torno de 28.121 habitantes, e esta inserido nos bairros: Res. Bosque dos Ipês, São Bernardo, Santiago, Jardim Aurélio, Jardim Presidencial, Dois de Abril, Centro, Bela vista, Urupá, Casa Preta, União. A microbacia do igarapé Pintado (IGP) possui aproximadamente 15.338 habitantes, e esta inserido nos bairros: Duque de Caxias, Jotão, São Francisco, Nova Brasília e Cafezinho.

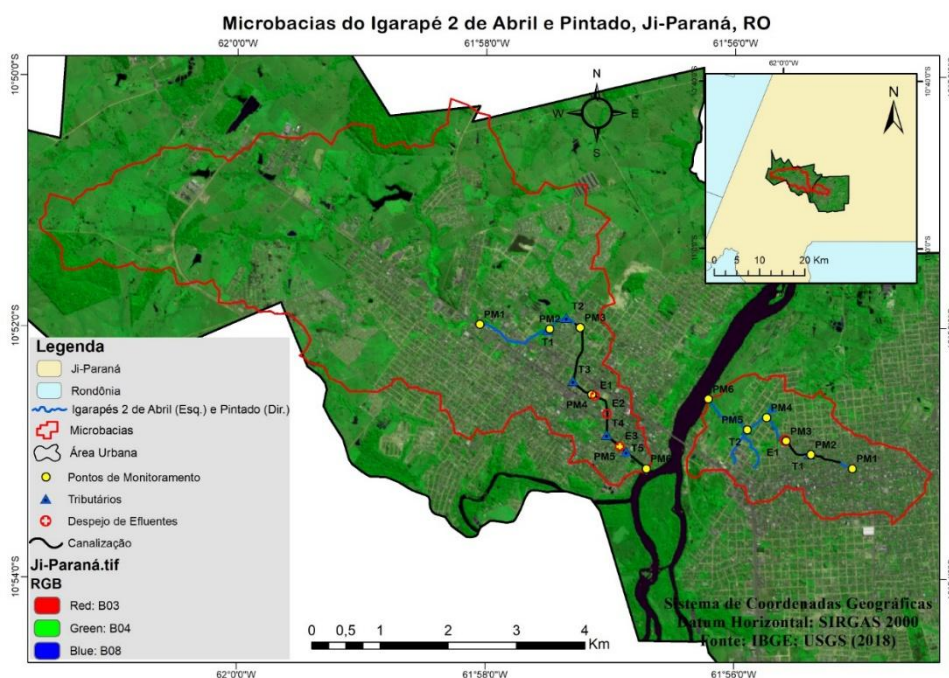


Figura 7 – Mapa de localização das microbacias dos IGAB e IGP, bem como dos pontos amostrados do trecho amostrado.

2.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Para elaboração do diagnóstico ambiental, a princípio contou levantamento do usos preponderantes, o uso e ocupação, bem como das característica morfométricas da bacia, seguida pelo levantamento dos dados quali quantitativos do corpos d'água e das fontes de poluição. também, foi realizado o levantamento áreas reguladas por legislações, além dos planos e programas previstos para as microbacias.

2.2.1 Monitoramento ambiental

Os dados qualitativos foram obtidos em quatro campanhas de períodos hidrológicos diferentes. A primeira campanha no mês de setembro/2017 (seca), a segunda em novembro/2017 (seca-cheia), a terceira em fevereiro/2018 (cheia) e a quarta em abril/2018 (cheia-seca).

Antes de proceder a coleta das amostras de água, foi realizada inspeção de campo, avaliando as condições ambientais do entorno e das características visuais dos igarapés, possibilitando assim a identificação dos usos, impactos, entradas e/ou retiradas que alterem o regime fluvial, bem como aquisição das coordenadas geográficas com auxílio de um *Global Positioning System* (GPS) modelo Garmim Etrex Vista H 2,8”.

Os pontos de monitoramento (PM) foram escolhidos visando a melhor representatividade e acessibilidade da área. Deste modo foram determinados 14 pontos na microbacia do Igarapé Dois de abril e 9 no Igarapé Pintado. No Igarapé Dois de abril foram selecionados 6 pontos no curso principal, 5 tributários (T) e 3 despejos de efluentes (E), enquanto no Igarapé Pintado 6 pontos no curso principal, 1 despejo de efluente e 2 tributários.

As Figura 8A e 8B ilustram os aspectos físicos dos pontos monitorados em cada igarapé.

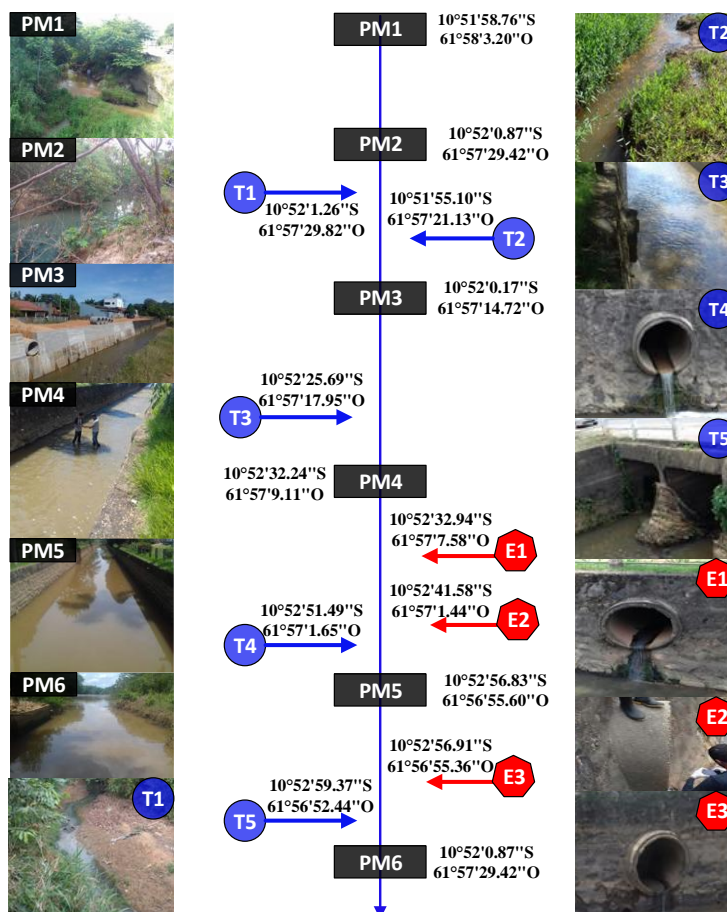


Figura 8A- Caracterização física dos PM entre os anos de 2017-2018 para o IGAB.



Figura 8B- Caracterização física dos PM entre os anos de 2017-2018 para o IGP.

2.2.2 Obtenção dos dados qualitativos

As alíquotas destinadas as análises laboratoriais foram coletadas utilizando-se garrafas pet (500mL) descontaminadas e desinfetadas conforme prescrevem Bicudo e Bicudo (2004), em seguida foram armazenadas e mantidas refrigeradas.

As variáveis analisadas incluem potencia hidrogeniônico (pH), turbidez, temperatura (T°C), condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), amônia (NH₃+NH₄⁺), nitrito (NO₂⁻), nitrato (NO₃⁻), ortofosfato (PO₄³⁻), fósforo total, clorofila *a*, coliformes totais e fecais (termotolerantes).

Os únicos parâmetros determinados em campos foram pH, CE e temperatura. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Limnologia e Microbiologia (LABLIM) do Grupo de pesquisa em águas superficiais e subterrâneas (GPASS), do Departamento de Engenharia Ambiental- DEA, da Universidade Federal de Rondônia-UNIR, Campus de Ji-Paraná. As metodologias utilizadas para cada variável encontram-se no Quadro 2.

Quadro 2 - Variáveis analisadas e métodos empregados.

Variável	Método	Unidade	Referência
Coliformes	Técnica de membrana filtrante	UFC/100ml	APHA (1995)
pH - Temperatura	Sonda Portátil 221Lutron	Adimensional - °C	ANA (2012)
Condutividade elétrica	YSI, modelo EC 300	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	ANA (2012)
OD - DBO _(5,20)	Método de Winkler	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	APHA (1998)
Amônia ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$)	Método azul de indofenol	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	APHA (1995)
Nitrito (NO_2^-)	Método da Sulfanilamida e N-naftil	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	APHA (1995)
Nitrato (NO_3^-)	Método do reagente brucina	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	APHA (1995)
Ortofosfato e Fósforo Total	Método do ácido ascórbico	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	NBR 12.772/92
Turbidez	HACH, modelo 2100 P	UNT	ANA (2012)
Clorofila <i>a</i>	Método do etanol quente 95%	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Jespersen e Christoffersen (1987)

Para a avaliação destes dados qualitativos, foram utilizados os valores estabelecidos pela CONAMA 357/05, CONAMA 430/11 e CONSEMA 355/17.

2.2.3 Obtenção dos dados quantitativos

Os valores de vazões foram obtidos pelo método do flutuador conforme propõem Palhares et al. (2007), tal método se justifica devido à falta de equipamentos e postos fluviométricos na região.

O mesmo consiste na definição de duas seções transversais (Figura 9), onde em cada seção foi determinada a profundidade. Os critérios para escolha das seções foram: locais com os leitos retilíneos e com a maior uniformidade. Nestas seções foram medidas as profundidades a cada 30 cm, para decomposição em figuras geométricas, possibilitando os cálculos das áreas inundadas da seção transversal. Em cada ponto as duas seções eram medidas a uma distância de 3 metros uma da outra. A determinação da velocidade foi realizada através de um objeto flutuante, a fim de verificar o tempo necessário para ultrapassar as duas seções. Após a obtenção dos dados utilizou-se a Equação (1):

$$Q = A \times V \times C \quad (1)$$

Em que: Q = Vazão [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]; A = Área média da seção [m^2]; V = Velocidade da água [$\Delta s / \Delta t$] [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]; Δs = Distância [m]; Δt = Tempo médio [s]; C=coeficiente ou fator de correção (0,8 para rios com fundo pedregoso ou 0,9 para rios com fundo barrento).



Figura 9- Extração dos dados hidráulicos para obtenção da vazão.

As vazões dos lançamentos de efluentes foram determinados pelo método direto (VALENTE e GOMES, 2015), com auxílio de um balde, medindo o volume com uma proveta de 2000mL (Equação 2).

$$Q = V / t \quad (2)$$

Em que: V = Volume [L]; Δt = Tempo médio [s].

2.2.4 Uso e ocupação das microbacias

Foi realizada a classificação das microbacias urbanas para a visualização do uso e ocupação, através do *software* Spring 5.2. As imagens foram obtidas do satélite LANDSAT 8, para o ano de 2017. Foram utilizadas as bandas 4, 5 e 6, depois se realizou a classificação pelo método supervisionado Bhattacharya 95%. As classes foram divididas em cinco, sendo elas: Água, Área Urbana, Solo exposto, Vegetação Densa e Vegetação Rasteira.

Após esta classificação, as APP's dos cursos d'água, bem como dos buritizais, foram demarcadas pelo cálculo de distâncias estabelecidas pelo Código Florestal (2012). Os cursos d'água dos igarapes, com largura inferior a 10 metros, adotou-se a APP de 30 metros. Já para as buritizais, foi utilizado o raio de 50m de área preservada.

Para aferir uma possível relação entre a degradação ambiental na microbacias, utilizou-se informações relacionadas ao crescimento populacional (densidade dasimétrica). Para obtenção da densidade populacional, utilizou-se o *software* SPRING 5.3, extraindo a classe urbana, e inseridos dados populacionais obtido no último censo IBGE (2010).

2.2.5 Características morfológicas

Os índices morfométricos permitem a caracterização de bacias hidrográficas, e são de grande importância para o diagnóstico de comportamento hidrológico de uma bacia (VALENTE e GOMES, 2015; CARMO, 2016). Pereira et al., (2017) salienta que os resultados norteiam o manejo e a implementação de medidas mitigadoras para a conservação dos recursos naturais da microbacia.

O processo de caracterização morfométrica foi delineado a partir de parâmetros geométricos, de relevo e de drenagem da bacia hidrográfica descritos segundo Valente e Gomes (2015), extraindo através do programa *Arcmap 10.2.2*.

2.3 PROGNÓSTICO

Para elaboração do prognóstico, selecionou a vazão de referência, modelou-se os dados de nutrientes (N e P), bem como as concentrações de OD, DBO_(5,20) e coliformes termotolerantes (fecais) do quadro atual. Logo depois, foi selecionado os parâmetros prioritários, seguida pela determinação dos cenários para projeções futuras de população e qualidade.

2.3.1 Utilização do modelo

O modelo utilizado foi o QUAL2E, este é um dos modelos de qualidade da água em sistemas fluviais mais conhecidos, devido à sua versatilidade, fácil compreensão e aplicação. Suas formulações são descritas nos capítulos 9 (OD e DBO_{5,20}), 10 (nitrogênio e fósforo) e 11 (coliformes) na bibliografia de Von Sperling (2014).

Assim, os parâmetros simulados para o quadro atual das microbacia compreendem os dados de vazão e qualidade: OD, DBO_(5,20), NH₃+NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, fósforo total e coliformes termotolerantes.

2.3.2 Seleção da vazão de referência

Em corpos d'água a vazão é substancial, pois está diretamente ligada ao comportamento hidráulico do rio, além de está associada a capacidade de diluição do efluentes.

De acordo com Von sperling (2014) esta vaviável é determinada com série histórica de dados através de uma curva de permanência, contudo na ausência deste dados pode-se obter pela vazão mínima ou de estiagem no qual apresenta condições mais críticas, com menores descargas fluviais e menores condições de diluição.

A vazão de estiagem (Seca), é utilizado para planejamento dos recursos hídricos, para a avaliação do atendimento aos padrões ambientais do corpo receptor, para alocação das cargas poluidoras e concessão de outorgas de retirada e lançamentos. Assim, devido a falta de

aquisição de dados das microbacias, utilizou-se os dados de seca para as simulações qualidade água.

2.3.3 Segmento do sistema fluvial utilizado no modelo

Para a simulação da qualidade da água foi utilizado uma extensão de 4,4 km para Igarapé Dois de Abril e 2,9 km para o Pintado (Figura 10).

O 1º ponto de monitoramento (PM) no Dois abril inicia há 6,83 km da nascente, enquanto no Pintado o PM1 foi a própria nascente. O sistema fluvial foi dividido 5 trechos para os dois igarapés, obedecendo aos limites do modelo e considerando os dados hidrológicos e de qualidade da água.

A extensão dos elementos computacionais foi de 0,1 km, totalizando 44 elementos computacionais no sistema para Igarapé Dois de Abril e 30 elementos para o Pintado.

Os trechos foram caracterizados pela contribuição de suas fontes pontuais e não pontuais, os efluentes e tributários, são entradas pontuais sendo utilizados seus respectivos dados de vazão e de qualidade, enquanto as fontes não pontuais, foram obtidas pelo saldo de balanço hídrico.

2.3.4 Sensibilização, calibração e validação do modelo

A análise de sensibilidade foi o primeiro procedimento efetuado no QUAL2E e teve o intuito de apontar quais os coeficientes que mais influem nos resultados da modelagem. Assim como realizado por Gastaldini e Oppa (2011) e Paula (2011), a análise de sensibilidade foi efetuada para as variáveis OD, DBO_{5,20} e os coliformes termotolerantes. Este procedimento é descrito por Von Sperling (2005) e consistiu em variar os valores de cada parâmetro.

A calibração do modelo QUAL2E permite reajuste dos parâmetros nas equações matemáticas. Os coeficientes responsáveis pela previsão das concentrações de DBO, OD e Coliformes foram citados no *item* 1.4 (Modelagem matemática no gerenciamento dos RH).

A adaptação dos valores para os coeficientes foi baseada na literatura de Von Sperling (2014) e nas condições do Igarapé. Essas condições foram analisadas com base nos resultados do modelo em relação aos valores obtidos em campo.

Validação consiste em verificar se os coeficientes encontrados na calibração possuem precisão plausível, utilizando uma série de dados de campo diferentes daquela utilizada na calibração (GASTALDINI; OPPA, 2011). Assim, para a validação do modelo utilizou-se os dados do período de seca-cheia.

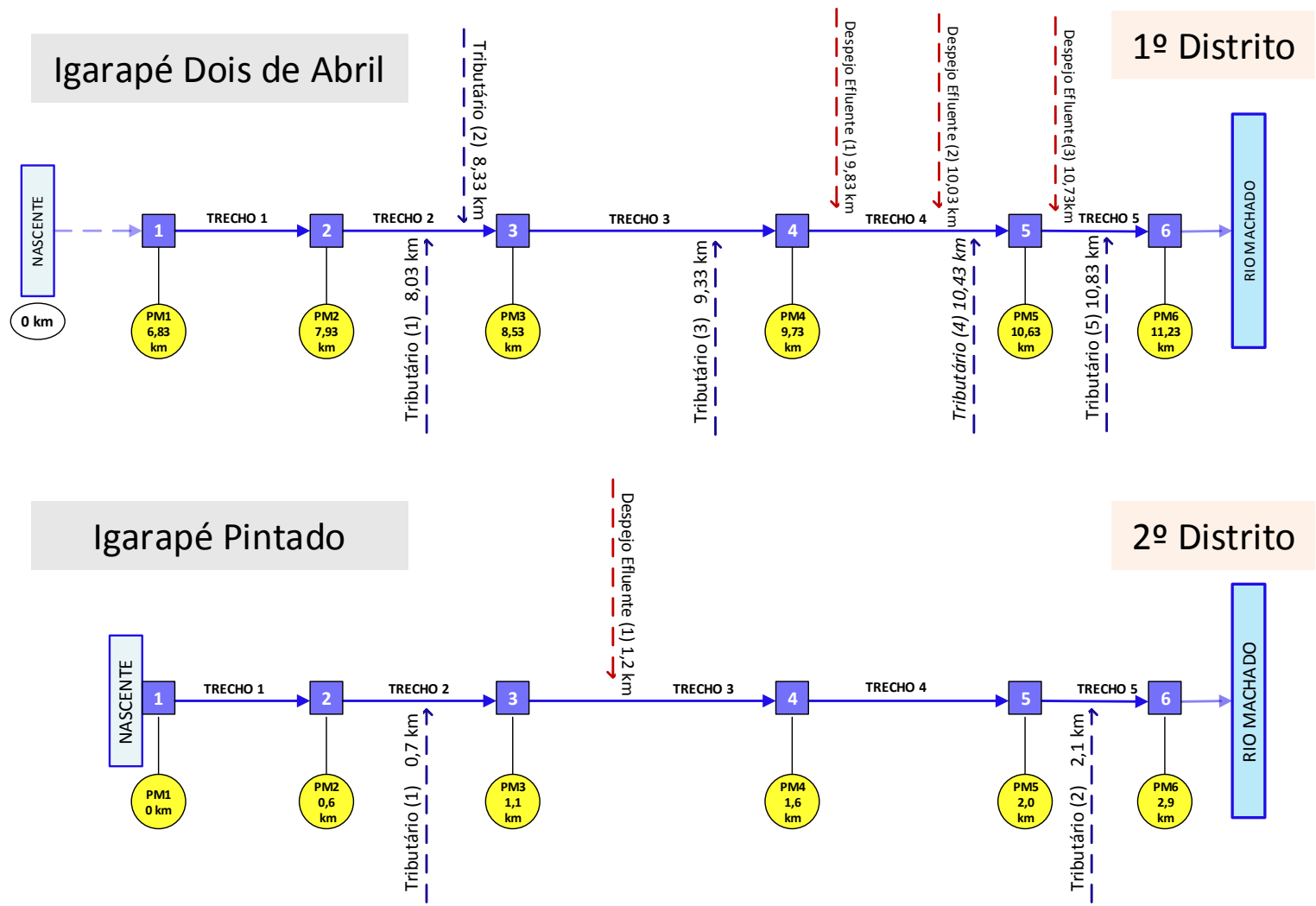


Figura 10- Diagrama unifilar das microbacias hidrográficas, igarapés Dois de Abril (IGAB) e Pintado (IGP)

Os parâmetros simulados para o quadro futuro das microbacia compreendem a qualidade: OD, DBO_(5,20) e coliformes termotolerantes. Estes parâmetros foram escolhidos devido suas influências na avaliação de contaminantes por matéria orgânica (M.O).

2.3.5 Cenários

O estudo de qualidade de água das duas microbacias foram realizadas em cenários com ações de saneamento. Dentre as informações que auxiliaram este estudo, enfatiza-se que o banco de dados inicial foi composto por dados primários (monitoramento qualiquantitativo das águas).

O Cenário atual foi estruturado com base nas condições iniciais de estudo das microbacias, que possuem como marco temporal o ano de 2017 (seca), momento em que ocorreu o levantamento de dados.

Em relação as projeções, foi possível modelar as poluições futuras de origem urbanas e as condições de quantidade e qualidade, devido igarapé está destinado apenas a este uso. O primeiro passo para estabelecer estes cenários, foi projeção da população futura (2027 e 2037), por meio do método geométrico, Equação 3 (VON SPERLING, 2018):

$$P=P_0 * e^{k*t} \quad (3)$$

Em que: P= é a população final; P₀= a população inicial (Censo do IBGE em 2010); k = A razão logarítmica do crescimento entre anos; t =o tempo entre o período de aplicação do censo.

Após os dados de população, foi possível estabelecer os cenários com base na NBR 7.229/03, que apresenta as contribuições diária de esgoto por habitante. Em seguida, foram simuladas três medidas de saneamento:

- Simulação com o tratamento das fontes poluidores (C1);
- Simulação com a projeção do aumento fontes poluidoras para ano de 2027 (C2);
- Simulação com a projeção do aumento fontes poluidoras para ano de 2037 (C3);

Assim, no C1 foi considerado um tratamento em 80% das cargas orgânicas como DBO_{5,20} e coliformes termotolerantes, ondes estas influenciam no balanço de OD. Já nos C2 e C3 foram projetadas o aumento nas vazões das cargas poluentes, influenciadas pelas contribuições da população.

2.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

2.4.1 Dados de qualidade do diagnóstico ambiental

Inicialmente os dados foram testados quanto à normalidade, através do teste de Shapiro-Wilk. Percebeu-se que dados não apresentaram normalidade, assim optou-se pela estatística não-paramétrica, o teste Wilcoxon, para as médias comparadas com o valor de referência CONAMA 357/05. E os testes de Kruskal-Wallis e Mann Whitney, para comparação

entre os períodos sazonais e/ou dos igarapés. Todas as análises foram conduzidas com nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

2.4.2 Dados qualidade do prognóstico

Verificou-se que os dados elementos computacionais provenientes da modelagem apresentaram distribuição normal, optando assim pela utilização da estatística paramétrica.

A análise de diferença do comportamento das variáveis entre as duas microbacias, bem como a comparação de médias de qualidade com outras bibliográficas, foram realizadas com o teste *t*-Student. Para análise de diferença do comportamento das variáveis entre os cenários projetados, utilizou-se a ANOVA de um fator, onde todos os pressupostos foram atendidos.

Todas as análises foram conduzidas com nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) e os testes foram rodados no software Minitab 18 (Versão gratuita). A correlação entre dados do modelo, foi feita através da matriz de correlação de Person. A interpretação do coeficiente de correlação foi feita conforme mostrado na Tabela 2, adaptado de Vieira (2011):

Tabela 2 – Ponderação dos coeficientes de Pearson.

Coefficiente	Correlação
$ r = 0$	Nula
$0 < r < 0,25$	Muito Fraca
$0,25 < r < 0,50$	Fraca
$0,50 < r < 0,75$	Moderada
$0,75 < r < 0,90$	Forte
$0,90 < r < 1$	Muito Forte
$ r = 1$	Perfeita

2.4.3 Análise multivariada

Nesta etapa, contou-se com o método de Análise da Componente Principal (ACP), elaborada com auxílio do XLSTAT 2018 (versão gratuita), os pressupostos foram atendidos, adotou-se uma significância de 5%. ACP foi realizada com 17 variáveis, hidráulicas e qualitativas, nos períodos e pontos monitoramento amostrados. Para simplificação dos dados, na tentativa de compreender as variações ao longo do tempo e do espaço, agrupou-se as variáveis em proximidade em grupos A, B e C.

2.5 PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO

Após as etapas de prognóstico e diagnóstico, com base nos resultados de usos e qualidade da água, bem com suas condições futuras, foi avaliando a classe a ser enquadrada para cada microbacia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DIAGNÓSTICO

3.1.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é uma ferramenta de suma importância para gestão dos recursos hídricos, pois permite prever o grau de vulnerabilidade da bacia a fenômenos extremos como enchentes e inundações (LINHARES et al., 2012; VALENTE e GOMES, 2015).

Os resultados da caracterização morfométrica das microbacias em estudo estão apresentados na Tabela 3

Tabela 3- Valores dos índices Morfométricos das microbacias urbanas IGAB e IGP.

IGAB	Informações das Bacias	IGP
24,33	Área da bacia [km ²]	4,45
29,55	Perímetro [km]	11,04
42,30	Comprimento dos cursos d'água	12,20
13,71	Comprimento do curso principal	4,10
2,52	Largura média [km]	1,23
0,26	Fator de forma (K_f)	0,34
1,68	Coefficiente de compacidade [K_c]	1,47
2,74	Densidade de drenagem (D_d) [km.km ⁻²]	1,74
1,30	Índice de Sinuosidade (S_i)	1,45

O coeficiente de compacidade (K_c) é utilizado para determinar a forma das bacias hidrográficas, relacionado com um círculo. O coeficiente de compacidade tem valor mínimo 1, correspondendo a bacias perfeitamente circulares. Quanto mais próximo da unidade (1), maior a tendência ao desenvolvimento de cheias. (VILLELA e MATTOS, 1975).

Como o K_c calculado para as microbacias foram de 1,68 (IGAB) e 1,47 (IGP), ambas microbacias estão distantes da unidade (1), denota-se que estes valores indicam, que estas áreas não estão sujeitas a enchentes em períodos com índices pluviométricos normais.

O fator de forma (K_f) relaciona a forma da bacia com um quadrado. Valores de fator de forma menores que 0,50 significam bacias não sujeitas a inundações; valores entre 0,50 e 0,75 representam tendência mediana, enquanto valores entre 0,75 e 1,0 sugerem bacias sujeitas a inundações (VILELLA e MATTOS, 1975).

O K_f encontrado para as microbacias foram de 0,26 (IGAB) e 0,34 (IGP), o que conferiu à microbacia menor possibilidade de risco de enchentes sob condições normais de precipitação.

O IGAB é a maior microbacia essencialmente urbana do município, sendo considerada de quarta ordem, possuindo altitude entre 138 a 204m, com uma declividade média de 0,0059 m.m⁻¹. Enquanto o IGP tem sua totalidade em área urbana, sendo considerada de terceira ordem, com uma altitude 132 a 175m e declividade 0,01 m.m⁻¹.

A Densidade de drenagem (D_d) tem influência sobre o escoamento e o transporte de sedimentos dentro da bacia hidrográfica (CARVALHO, 2008). Pode-se classificar a D_d como muito baixa para valores menores que 0,50 Km/Km², mediana entre 0,50 e 2,00 Km.Km⁻², alta entre 2,01 e 3,50 Km.Km⁻² e muito alta para valores acima de 3,50 Km.Km⁻² (BELTRAME, 1994).

A IGAB apresentou valores de 2,77 Km.Km⁻², indicando alta capacidade de drenagem, a tempo que o IGP exibiu 1,74 Km.Km⁻², classificada como uma média capacidade de drenagem.

Apesar das condições morfométricas demonstrarem boas condições naturais, as duas microbacias apresentam grandes impactos, que influenciaram negativamente nos resultados reais averiguados em campos.

3.1.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Os dados de uso e ocupação para duas microbacias estão presentes na Figura 11, o índice Kappa de 0,98 obtido na classificação, reflete um resultado satisfatório e indica uma grande chance de que as categorias classificadas, representem a mesma categoria em campo (FIGUEIREDO e VIEIRA, 2007).

Observa-se que o igarapé Dois de Abril (IGAB) concentrou sua urbanização na parte baixa da microbacia, enquanto o igarapé Pintado (IGP), na alta. O IGAB apresentou em sua classificação 43,7% (urbanização), 2,48% (água), 22,63% (vegetação densa), 28,9% (vegetação rasteira) e 2,28% (solo exposto), compreendendo uma área total de 24,33km². Prontamente, o IGP exibiu 78,95 % (urbanização), 0,5% (água), 7,86% (vegetação densa), 8,71% (vegetação rasteira) e 3,99% (solo exposto) com uma área total de 4,44km². É possível observar que existe uma maior urbanização no IGP.

Dias *et al.*, (2015) menciona que microbacia IGP está inserida em uma das regiões urbanizadas mais antigas do município, merecendo destaque pelo grau de impermeabilização do solo, sendo que em 2008, 47% de sua área era recoberta por superfícies impermeáveis.

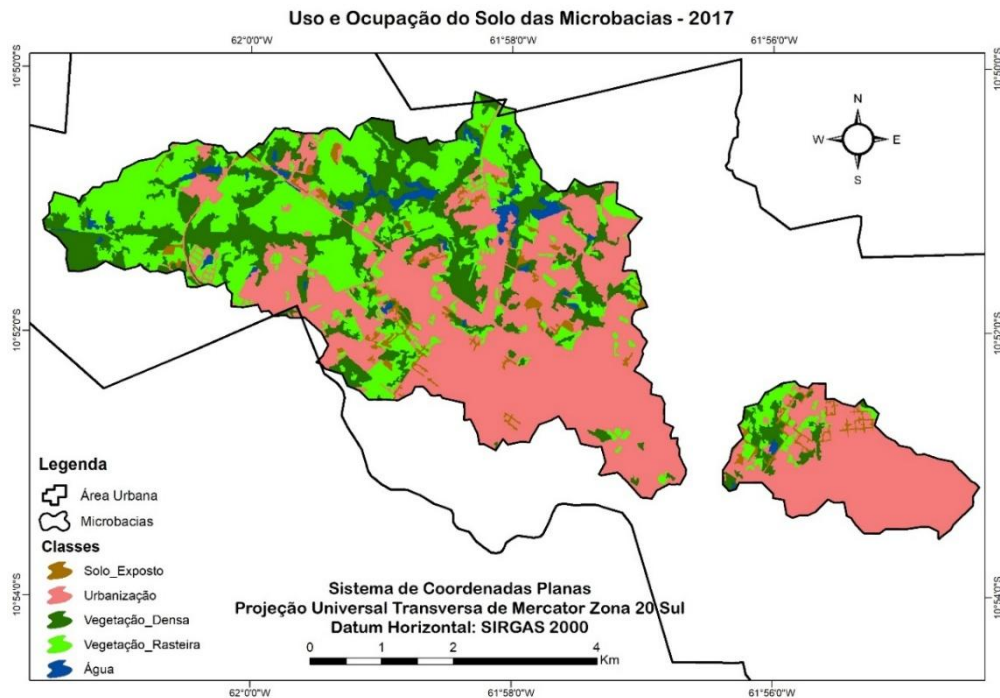


Figura 11- Uso e ocupação das microbacias IGAB e IGP.

De acordo com Silva, Santo e Galdino (2016) o aumento da urbanização contribui para a impermeabilização do solo, e este fator é um agravante das enchentes que ocorrem no período chuvoso. Em Ji-Paraná, é recorrente casos de alagamentos e inundações durante o período chuvoso, caracterizado pela intensa precipitação (JI-PARANÁ, 2013; G1, 2018), conforme apresentado na Figura 12.



Figura 12- Alagamentos e inundações na parte baixa da microbacia IGAB.

Fonte: A-B) G1 (2018); C) JI-PARANÁ (2016); D) JI-PARANÁ (2013).

A microbacia do IGAB apresenta baixa declividade ($0,0059 \text{ m.m}^{-1}$), assim, a mesma possui baixa velocidade de escoamento, e maior concentração de água em sua extensão, ficando

com as observações em campo. Adjunto a isso, nos períodos de cheia, a capacidade de armazenamento e escoamento do igarapé diminui, pois o nível d'água do rio Machado sobe, e consigo há a formação de um refluxo d'água no exutorio do IGAB, causando maiores inundações dentro do perímetro do município.

Além da urbanização, a presença da vegetação na classe rasteira é ineficaz. Mancuso et al. (2014), em estudo sobre taxas de infiltração em diferentes tipos de cobertura no solo nas áreas urbanas, constatou que uma vegetação rasteira possui menores taxas de infiltração, alcançando índices em média quatro vezes inferiores a vegetação arbustiva.

Rocha (2014), relata outro impacto importante decorrente das intensas áreas impermeabilizadas e contíguas, é a formação de ilhas de calor. Araújo e Andrade (2017), avaliaram a temperatura de superfície no perímetro urbano de Ji-paraná, evidenciando menores temperaturas nas áreas vegetadas (25-28°C), enquanto as zonas muito impermeabilizadas e edificadas apresentaram valores superiores (31-36°C).

O estudo da densidade demográfica é importante para o processo de planejamento urbano, e caracteriza uma variável de análise da qualidade ambiental (MACARO, 2013). Sobre a distribuição demográfica nas duas microbacia, precebe-se que a densidade demográfica dasimétrica (Figura 13), apresentou um mínimo de 50 e máxima de 7730 hab.km².

Os resultados conseguidos nessa etapa foram subdivididos em 10 classes. Ao analisar a Figura 13 observa-se que os setores censitários mais densos se encontram nos centros do perímetro urbano, enquanto os menos ocupados situam-se nas áreas periféricas.

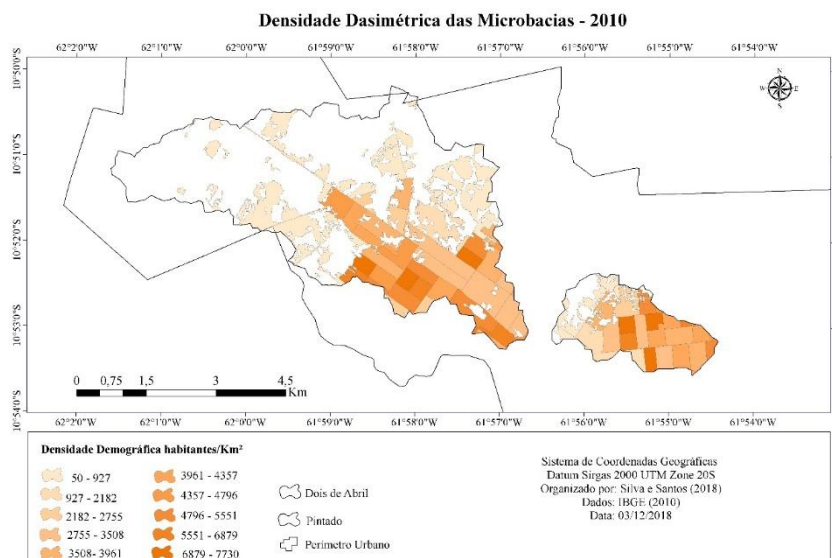


Figura 13- Densidade demográfica (hab.km²) das microbacias dos IGAB e IGP em 2010.

O IGAB constitui de uma população de 24.718 habitantes com crescimento de 13,76% em relação censo de 2010, sendo sua região sudoeste a mais habitadas, especialmente os bairros

Urupá e Presidencial chegando a alcançar 7614 hab.km⁻². A medida que o IGP possui 13.482 habitantes com 13,02% de crescimento, com maior a densidade no bairro Nova Brasília de 7730 hab.km⁻², este na região norte da bacia.

3.1.3 ÁREAS REGULADAS POR LEGISLAÇÕES ESPECÍFICAS E PLANOS E PROGRAMAS PREVISTOS

Segundo a Lei 9.433/97, a água é um bem de domínio público dotado de valor econômico, e deve ser gerida a fim de garantir o sustento dos seres vivos.

O Novo código Florestal, Lei nº 12.651/12, trata sobre as definições e limites de áreas de preservação permanentes (cursos d'água e buritizais). Face ao exposto, foi elaborado o mapa das formas de uso do solo e da cobertura da superfície nas matas ciliares dos mesmos.

A Figura 14 encontra-se o uso e ocupação das APP's (cursos d'água e buritizais) das duas microbacias.

O IGAB apresentou em suas APP's uma classificação 38,19% (urbanização), 5,43% (água), 36,32% (Vegetação densa), 18,36% (vegetação rasteira) e 1,7% (solo exposto), compreendendo uma área total de 3,52km². Enquanto o IGP demonstrou 86,61% (urbanização), 0,73% (água), 4,42% (vegetação densa), 6,21% (vegetação rasteira) e 2,03% (solo exposto) com uma área total de 1,55km².

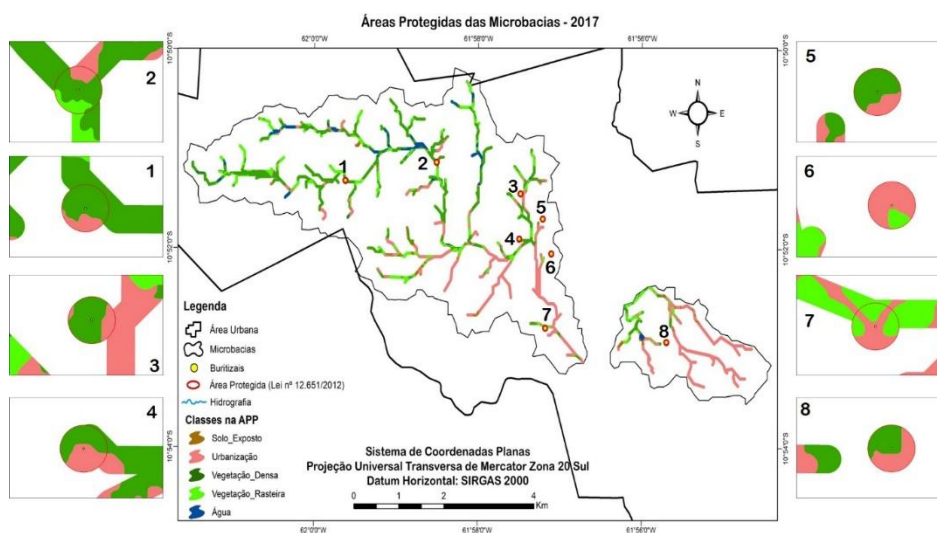


Figura 14- Uso e ocupação das áreas protegidas (igarapés e buritizais) nas microbacias IGAB e IGP.

Ji-paraná, possui 21 buritizais protegidos por lei, onde 7 deles encontram-se na microbacia do IGAB e 1 no IGP. De acordo com Decreto municipal nº 1.969/13, no qual institui os buritizais como áreas de preservação paisagística. Percebe-se que o grau de preservação das mesmas encontra-se inadequadas, sendo que sua ocupação apresenta 48,8% urbaniza, apenas 10,53% com vegetação densa e 40,67% com vegetação rasteira.

Dias et al. (2015), constatou em torno 25% de impermeabilização para IGAB, bem inferiores ao desta pesquisa, podendo estar relacionado ao crescimento populacional. Tavares e Silva (2016), estudando o IGAB encontrou ao longo de seu percurso a presença de 224 residências em áreas de preservação, demonstrando a ocupação inadequada adjacente a esta microbacia.

O IGP não se distancia muito desta situação, visto que apresenta maior urbanização que IGAB. Herbel, Nunes e Marchetto (2014), constatou aproximadamente 80 residências entorno das suas APP's. Dias et al. (2015) percebeu que as áreas impermeáveis nesta microbacia são superiores a 70%. Segundo o Plano Diretor de Ji-Paraná (2012), esta microbacia bacia se encontra na macrozona urbana, classificada como zona residencial e residencial densa, o que explica tal percentual.

Conforme pode-se observado os igarapés sofrem com a falta de planejamento prévio, e fiscalização por parte dos órgãos gestores, o que acaba colocando em risco a vida daqueles que moram nas marginais dos córregos ou rios.

Rocha e Andrade (2016), estudando 9 microbacias urbanas em Ji-paraná encontraram um comportamento semelhante, onde há a predominância de vegetação do tipo rasteira, principalmente em APP's mais afastadas dos núcleos urbanos e intensa presença de superfícies impermeabilizadas, fato esse também evidenciado no entorno das nascentes, caracterizando descumprimento legal nas faixas de matas ciliares.

Tavares e Silva (2016), explica que com o crescimento que ocorreu na maioria das cidades brasileiras, de forma desorganizada, ocorreu a ocupação irregular, por exemplo, das áreas de preservação (matas ciliares e bunitizais), o que gerou riscos para a vida da população e comprometimento da qualidade ambiental.

Esse cenário de alta fragmentação florestal é negativo, pois de acordo com Silva e Souza (2014), um alto grau de fragmentação contribui para o estabelecimento de espécies exóticas, o que gera competição e perda da biodiversidade, além do aumento nos efeitos da chuva sobre o solo, o que causa erosão e dificulta a recarga dos aquíferos.

Araujo (2017), ao avaliar as classes prioritárias para recuperação das APP's no município de Ji-Páraná, constatou que IGAB possui 38% das suas áreas com prioridade alta, enquanto o IGP 58% das áreas são média. Isto, porque o IGAB apresenta maiores atividades rurais na parte superior da bacia, a passo que o IGP, possui um elevado grau de urbanização dificultando tal recuperação.

Em relação aos planos nas microbacias, foram levantadas informações no sítios de notícias do município.

De com JI-PARANÁ (2018), a microbacia do IGAB teve a primeira canalização realizada há mais de 18 anos e, de lá para cá, o volume de água coletada aumentou muito, devido ao crescimento da cidade. Assim a prefeitura pretende implementar obras que irá beneficiar quatro trechos que precisam ter a altura ampliada. Com estas obras, a prefeitura pretende melhorar o escoamento da água e evitar alagamentos em regiões de oito bairros que são cortados pelo Igarapé.

Em relação ao IGP, teve sua canalização a partir 2013, finalizada em 2015, com um investimento de 8 milhões. Além da canalização, o projeto previa urbanização da área com a pavimentação das vias de acesso, construção de passarelas, mini praças e iluminação de toda extensão da obra, com pistas de caminhada (JI-PARANÁ, 2013). Atualmente não foi constado planos futuros para mesma.

3.1.4 IDENTIFICAÇÃO DOS USOS E INTERFERÊNCIAS QUE ALTERAM O REGIME QUALIQUANTITATIVO DO CURSO PRINCIPAL

O comprometimento dos recursos hídricos superficiais ocorre com maior intensidade em regiões de grande adensamento populacional e/ou reduzida capacidade de assimilação dos cursos de água (VON SPERLING, 2014; BUTZKE, 2015).

As observações feitas entorno dos igarapés Dois de Abril e Pintado permitiram, melhor compreensão e análises dos processos ocorrentes, que influenciam as características quali-quantitativas da água de acordo com uso e cobertura do solo.

Dentre os impactos observados em campo, ocasionados pela ocupação das áreas geográficas constatou-se condições similares em ambos igarapés destacando-se: a retirada da vegetação causando processos de assoreamento, lançamentos *in natura* de efluentes, despejo de resíduos ao longo de seus cursos, queimadas as margens, entulhos em pontos específicos, característica esverdeada na seca, macrófitas, sendo que o Igarapé Pintado possui densidade expressiva de macrófitas, tais condições podem servir como indicadores e também ajudar na explicação das características físicas, químicas e microbiológicas observadas nos igarapés.

De acordo com JI-PARANÁ (2017), a poluição na microbacia do IGP veem incomodando os moradores em períodos de estiagem. Em 2018, a prefeitura de Ji-Paraná, por meio da Secretaria de Obras e Serviços Públicos (SEMOSP), vem realizando a limpeza e a desobstrução de canais pluviais, além retirada do lixo e entulhos, também foi realizado a roçagem da vegetação que já estava alta e o corte do gramado das margens.

Os usos preponderantes levantados em ambas microbacias são: Drenagem águas pluviais, diluição de efluentes, harmonia paisagística, recreação de contato secundário e

dessedentação animal em escala exígua. Ao longo das bacias foram identificadas fontes de poluição que degradam a qualidade da água e, conseqüentemente, os usos. As principais fontes de poluição encontradas na bacia são provenientes de esgoto clandestinos de origem urbana, além das poluições difusas do uso ocupação irregular da bacia.

Em campo foram registrados para cada igarapé as fontes pontuais que alteram o regime, a quantidade ou a qualidade no curso principal, levando em consideração as características organolépticas.

O IGAB contém, para trecho em estudo 31 despejo de efluentes, 5 tributários, 10 manilhas de drenagens e outras 7 nos quais não foram identificadas sua classe. observou no inicio da canalização do IGAB, a instalações de bolsões de areia, que funcionam como filtros para a água da chuva, sendo instaladas pequenas tubulações que ligam estes bolsões diretamente com curso d'água.

O IGP, constatou a presença de 3 tributários, sendo 1 deles intermitente. Em relação a disposição de esgoto, não constatou manilhas neste igarapé, apenas pequenas canalizações diretamente ligadas as residências domiciliares, estimando aproximadamente 3 delas por quadra.

Com intuito de avaliar o estado atual destas, foram determinados alguns tributários e efluentes para monitoramento de sua qualidade e quantidade, os dados de quantidade encontram-se na Figura 15.

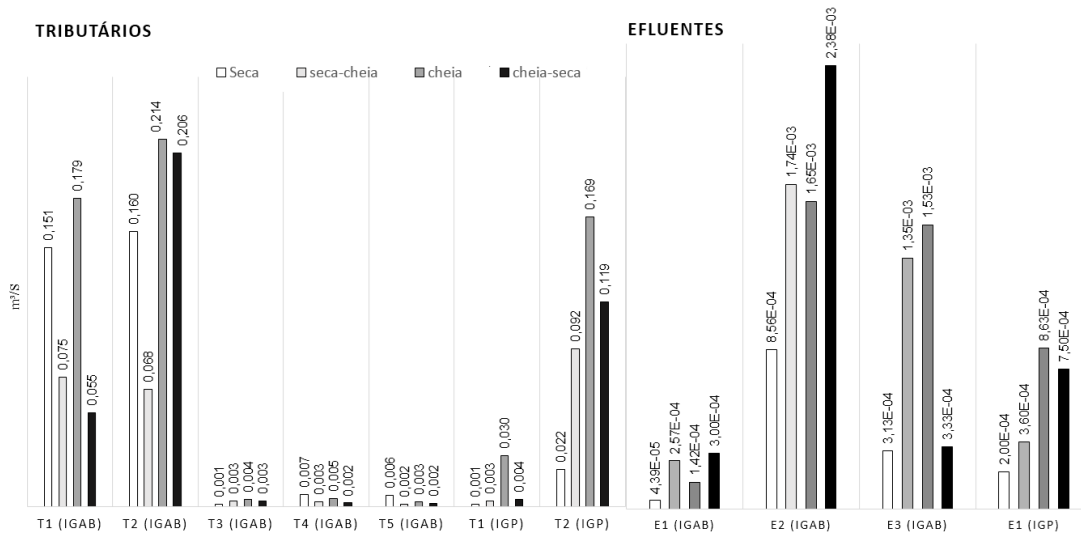


Figura 15- Vazão dos tributários e efluentes igarapé Dois de abril (IGAB) e Pintando (IGP).

Observa-se que as maiores vazões foram encontradas nos T1, T2 (IAGB) e T2 (IGP), chegando a alcançar em períodos de cheia $0,179\text{m}^3.\text{s}^{-1}$, $0,214\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ e $0,169\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ respectivamente. Ressalta-se que estes 3 tributários são corpos d'água naturais que desagua no rio principal, ao contrário dos demais tributários no que são introduzidos através de manilhas.

No geral, percebe-se as maiores vazões no período de cheia e menores na seca ($p > 0,005$). Em relação aos efluentes, a menor vazão foi no E1 (IGAB) com $0,00004 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, e maior vazão foi constatada no E2 (IGAB) com $0,00238 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($p > 0,005$).

Na Figura 16 encontram-se os valores dos principais parâmetros qualitativos dos tributários. Com base nos usos levantados e volumes destes tributários, foram adotados os valores máximos permitido (VMP) pela Classe III e IV Resolução CONAMA 357/05.

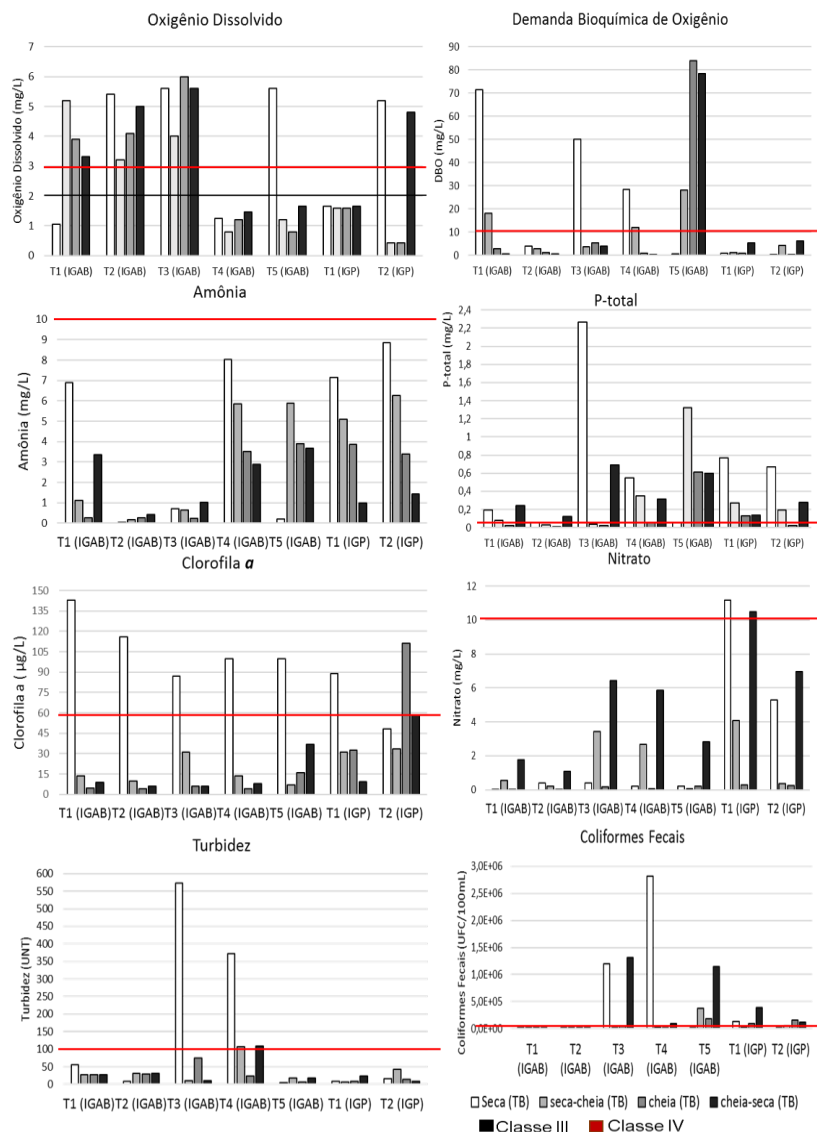


Figura 16- Parâmetros prioritários levantados nos tributários de acordo com usos.

Para o oxigênio dissolvido, o IGAB, apresentou um menor valor na seca de $1,04 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (T1), e maior na cheia $6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (T3). Enquanto IGP foram de $0,42 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e $5,2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (T2) respectivamente. As médias encontradas para IGAB foram de $3,7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (seca), $2,8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (seca-cheia) $3,2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ cheia e $3,4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (cheia-seca), nessa ordem o IGP apresentou $3,23 - 1,01 - 1,01$ e $3,43 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Ao comparar as médias em ambos igarapés com VMP com classes III

e IV, os mesmos não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$), indicando concentrações de OD estão muito baixas, havendo interferência do entorno das bacias.

Em relação DBO, o menor valor foi encontrado na cheia (T4) 1 mg.L^{-1} , e maior seca 71 mg.L^{-1} (T1). O tributário 1 apresenta um uso ocupação intenso em suas margens, com lançamentos direto de efluentes o que contribuiu para sua pior qualidade. As concentrações de $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ estiveram todos dentro da classe III chegando alcançar valores de 8 mg.L^{-1} . A clorofila *a* apresentou no período de seca concentrações que ultrapassam limites da classe III, isso devido este período se propicio ao seu desenvolvimento.

O despejo de esgoto apresentou as piores concentrações com médias que chegaram a 429 mg.L^{-1} de $\text{DBO}_{5,20}$, 38 mg.L^{-1} de $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ e $8,9 \text{ mg.L}^{-1}$ de P-total.

O estado de Rondônia não possui legislação estadual para lançamento destes parâmetros assim adotou-se os padrões estabelecidos pela resolução CONSEMA 355/17, onde apresenta valores máximos de 330 mg.L^{-1} ($\text{DBO}_{5,20}$), 20 mg.L^{-1} ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) e 4 mg.L^{-1} (P-total). Sendo assim a média da qualidade dos efluentes despejados nestes dois igarapés estão fora do permitido, comprometendo a qualidade natural dos mesmos.

A Tabela 4, apresenta a média da carga anual entre anos de 2017-2018.

Tabela 4- Carga anual média dos efluentes clandestinos das referidas microbacias.

Efluentes	Carga anual média (Kg.d^{-1})		
	$\text{DBO}_{5,20}$	$(\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+)$	P-Total
E1 (IGAB)	5,20	0,31	0,08
E2 (IGAB)	54,48	3,75	0,91
E3 (IGAB)	23,74	2,18	0,23
E1 (IGP)	16,21	1,45	0,21

O E2 do IGAB destacou-se, demonstrando as maiores cargas de $\text{DBO}_{5,20}$, $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ e P-Total com um $p < 0,03$.

3.1.5 CONDIÇÕES QUALIQUANTITATIVA ATUAL DAS MICROBACIAS

3.1.5.1 VAZÃO

A vazão é uma variável quantitativa, que influência diretamente nas concentrações qualitativas de um corpo d'água. A Figura 17 estabelece a variação sazonal para microbacias do IGAB e IGP.

Vê-se em ambas bacias, um aumento linear no volume de água da nascente a foz. Em geral, as menores vazões foram constatadas no período de seca e as maiores na cheia. A precipitação no período do estudo compreende $1,27 \text{ mm}$ (agosto), 234 mm (novembro), 332 mm (Fevereiro) e 289 mm (Abril)

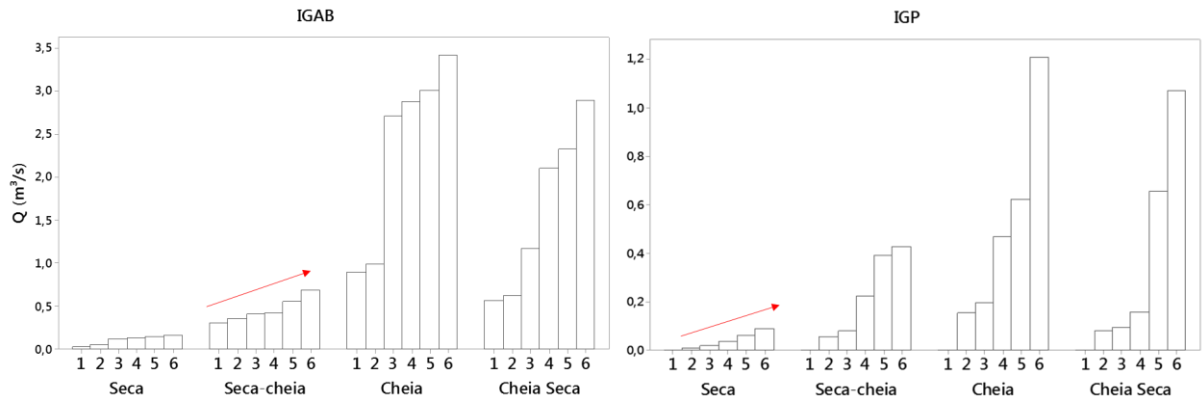


Figura 17- Variação sazonal das vazões encontradas entre as nascente (PM1) a foz (PM6).

O IGAB em relação ao IGP, exibiu maiores proporções de água ($p < 0,03$), isto devido a bacia IGAB apresentar maiores extensões de cursos água, além da sua maior capacidade de drenagem.

3.1.5.2 pH e Temperatura

Segundo Esteves (2011), o pH indica as condições em que ambiente se encontra, como acidez, alcalinidade ou neutralidade da água, onde suas variações estão relacionadas a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. Para essa variável, a Resolução do CONAMA 357/2005 determina para todas as classes, valores de pH entre 6 e 9.

Conforme a Figura 18, as duas microbacias encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

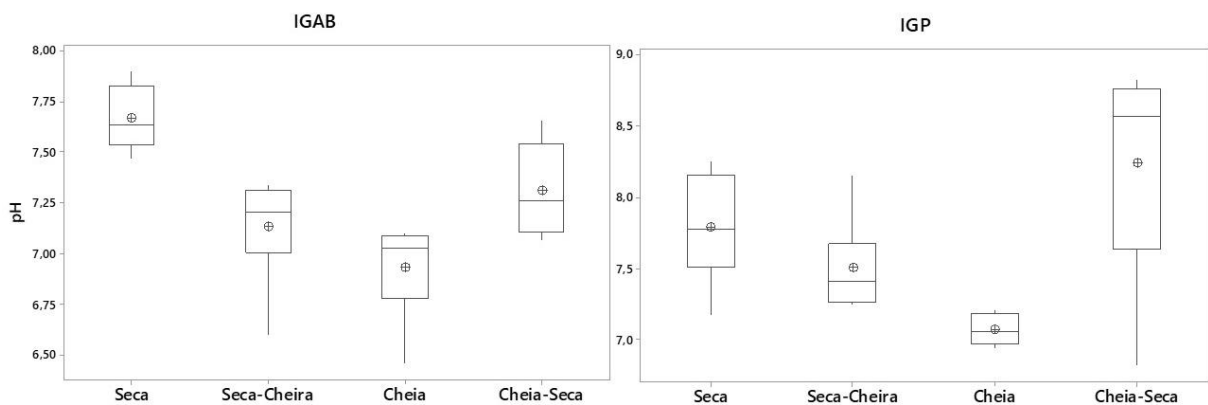


Figura 18- Box plot da variação sazonal do pH nos pontos de monitoramento (PM).

O menor valor foi encontrado no IGAB foi 6,42 (seca), e maior de 7,9 (cheia), enquanto no IGP foi de 6,46 (cheia-seca) e 8,82 (cheia-seca) respectivamente. As médias encontradas para IGAB foram de 7,67 (Seca), 7,13 (seca-cheia), 6,93 (cheia) e 7,31 (cheia-seca). Ao passo que o IGP demonstrou 7,78 - 7,5 - 7,07 e 8,2 respectivamente.

Em geral, a variação sazonal do pH mostra em períodos de cheia, valores mais ácidos, e na seca, alcalinos ($p < 0,05$). Segundo Von Sperling (2018), isso ocorre por conta das maiores atividades fotossintéticas, no qual há remoção da acidez carbônica (consumo CO_2 e NH_4^+), elevando as concentrações de pH. Essa afirmação, corrobora com dados desta pesquisa, visto que as concentrações de clorofila *a* são maiores na seca.

Ao comparar a média das 4 estações, o IGAB apresenta condições mais ácidas ($p < 0,005$), estas peculiaridades são regidas pelas características biogeoquímicas de cada microbacia.

Na Figura 19, estão dispostos os dados de temperatura para ambas microbacias. Esteves (2011) ressalta que altas temperaturas em ecossistemas aquáticos podem acelerar os processos biológicos, assim como o aumento da produção primária.

A temperatura não é estabelecida pela CONAMA 357/05, por se tratar de uma característica regional e esta ser um instrumento nacional.

Os valores de temperatura variaram de 26,5°C a 34,8°C. As médias encontradas para IGAB foram de 28,42°C (Seca), 29,32°C (seca-cheia), 27,93°C (cheia) e 28,58°C (cheia-seca). Ao passo que o IGP demonstrou 31,7°C - 31,85°C - 32,33°C e 32,58°C, respectivamente.

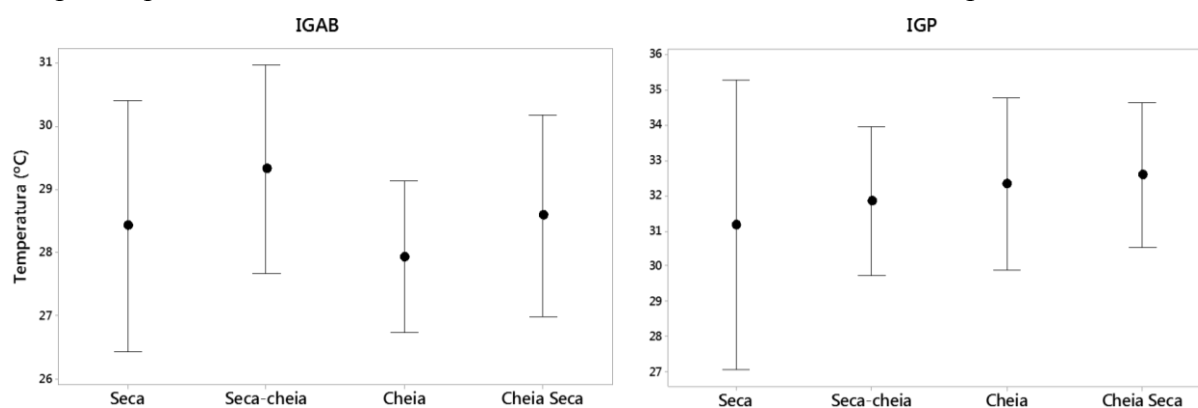


Figura 19- Médias (●) e desvio padrão (┘┚) da temperatura da água durante os períodos estudados.

Segundo a CETESB (2014) a temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. O IGP apresentou as maiores médias de temperatura ($> 30^\circ\text{C}$), estando relacionado aos diferentes horários de coleta em campo, onde neste, foram realizadas em período vespertino.

Além disto, outro fator a se considerado é o grau de urbanização, que influência na temperatura dos corpos hídricos, uma vez que ambos os igarapés possuem menores taxas de vegetação e trechos canalizados, afirmações estas consolidadas por Araujo e Andrade (2017).

3.1.5.3 Condutividade elétrica (CE) e Turbidez

A CE é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica, em função da concentração de íons presentes, tendo influências da geologia de drenagem, regimes de chuvas e das atividades antrópicas (Esteves, 2011).

Dependendo das concentrações iônicas e da temperatura, indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes (CETESB, 2014). Na Figura 20 consta as médias, bem com os intervalos da temperatura em cada período sazonal.

Os valores de condutividade variaram de $89,74\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $594\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (IGAB), e de $242,5\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $707\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (IGP). Em relação aos períodos estudados, foi observada a menor média ($120,32\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) no IGAB, e maior ($431,47\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) no IGP. Em comparação dos períodos, apenas IGAB apresentou diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$).

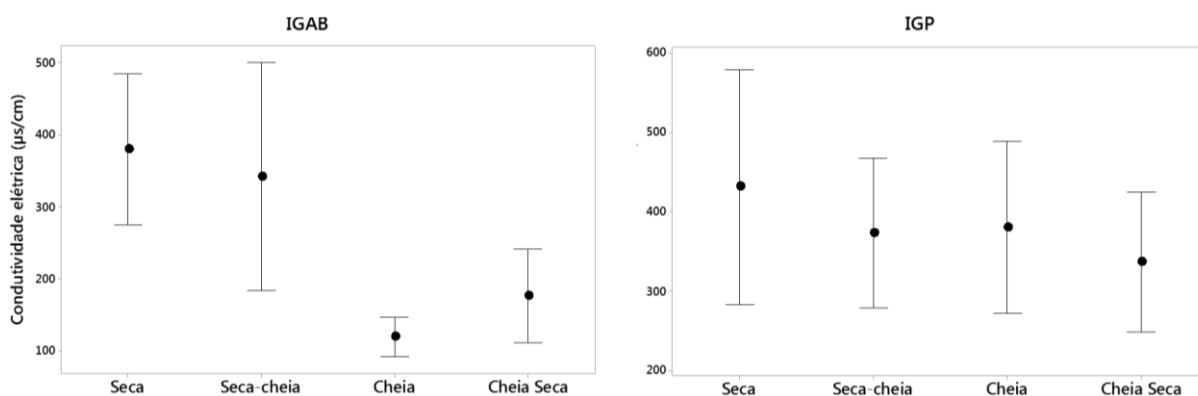


Figura 20- Médias (●) e desvio padrão (τ^{\perp}) das concentrações de CE durante os períodos estudados.

Em geral, níveis superiores a $100\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2014). Assim, para esta variável, ambas microbacias estão impactadas ao longo dos períodos sazonais ($p<0,05$), sendo influências pela drenagem das águas pluvias e pelo despejo de efluentes domésticos

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão e detritos orgânicos (Esteves, 2011). Na Figura 21 estão os valores de turbidez, bem como os limites estabelecidos pela CONAMA 357/05.

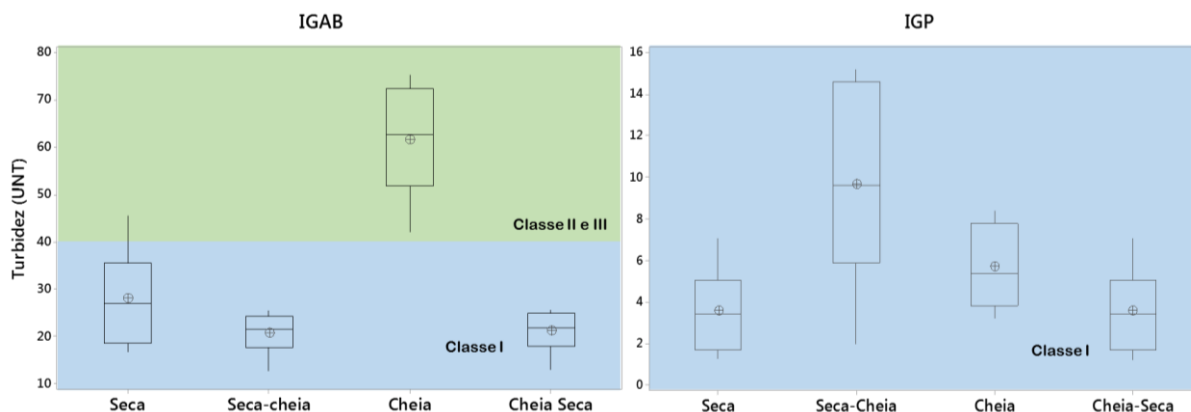


Figura 21 - Blox Splot da variação sazonal da turbidez nos pontos de monitoramento (PM).

Para o IGAB, vê-se que as variações das concentrações no período seco e transições estiveram na Classe I, com médias inferiores a 27UNT ($p < 0,02$), na cheia, foi constatado os maiores valores, com um média de 61,5UNT, enquadrando todo seu intervalo na Classe II e III ($p < 0,05$). O IGP compôs todas suas concentrações dentro da Classe I, com médias inferiores 10 UNT.

Em geral, o IGAB denotou maiores concentrações de turbidez. Segundo a CETESB (2014) a erosão nos rios em estações chuvosas, intensificada pelo mau uso do solo, é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas. Assim, o IGP possui mais de 78% sua bacia impermeabilizada, resultando em menores processos erosivos, contrário de IGAB, que possui mais de 50% áreas permeáveis, e, em destaque o arraste de material alóctone na parte superior da bacia, interferindo nas concentrações desta variável.

Butzke (2013) observou no período chuvoso, para o igarapé Pintando, valores de turbidez inferiores a 50 UNT, superiores ao desta pesquisa. Fato este, explicado pela ausência das obras de canalização na data da pesquisa.

3.1.5.4 OD e DBO_{5,20}

O oxigênio é um dos gases mais importantes dissolvidos em água, para a dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos. Suas principais fontes este meio são: fotossíntese e atmosfera. O seu consumo se dá principalmente por processos respiratórios, de oxidação da matéria orgânica, íons metálicos e perdas para a atmosfera, sendo que os principais mecanismos que regulam sua solubilidade são a temperatura e salinidade (ESTEVES, 2011).

Quanto a dinâmica nos PM, têm-se na Figura 22 os resultados obtidos. As concentrações de OD estiveram entre 1,2 e 15,2mg.L⁻¹.

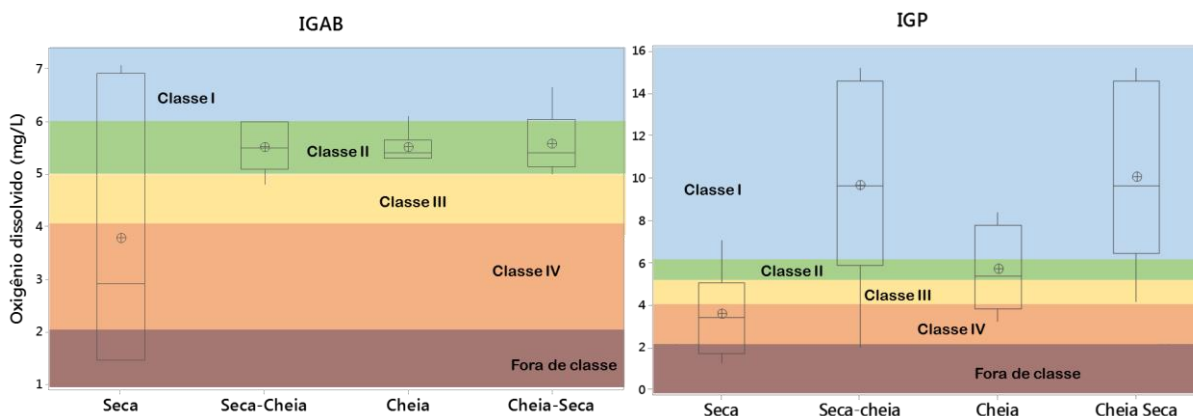


Figura 22- Blox splot da variação sazonal do OD nos PM.

Ao examinar o IGAB verifica-se que os períodos de cheia e transições exibiram suas médias dentro da Classe II, ambas de $5,5\text{mg.L}^{-1}$. Na seca, os dados em sua amplitude, expandiu suas concentrações em todas as classe, com sua média de $3,78\text{mg.L}^{-1}$, imbutida na classe IV.

Tal fato, pode ser explicado pelas interferências no regime por efluentes. No qual em conjunto, infere-se que em períodos secos, a vazão do corpos d'água diminui, reduzindo a capacidade de diluição do efluentes que se mantém constantes, resultado em maiores consumos de OD.

Em relação ao IGP, observa-se melhores condições sanitárias, isso se deve pelas influências das condições hidráulicas (reaeração mecânica da água) e a maior atividade fotossintética. As transições, detém médias próximas a 10mg.L^{-1} (Classe I). A cheia de $5,67\text{mg.L}^{-1}$ (Classe II), enquanto a seca $3,57\text{mg.L}^{-1}$ (Classe IV).

Bezerra (2014), estudando Igarapé Riachuelo (RO), observou concentrações (OD) de 3 a 9mg.L^{-1} , valores estes semelhantes ao desta pesquisa.

As análises de $\text{DBO}_{5,20}$ permite deduzir a qualidade sanitária de corpos hídricos, sendo a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica (M.O). Portanto, quanto maior o grau de poluição, maior será a $\text{DBO}_{5,20}$ (VON SPERLING, 2018).

Na Figura 23, tem-se o comportamento das concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$ de ambas microbacias.

O intervalo observado entres os dados foi de $0,83$ a $28,47\text{mg.L}^{-1}$. Nota-se condições mais críticas no periodo seco com médias $6,12\text{mg.L}^{-1}$ (IGAB) e $11,61\text{mg.L}^{-1}$ (IGP), com classes III e Fora de classe, respectivamente ($p < 0,05$). Este feito, segue a mesma justificativa no comportamento do OD.

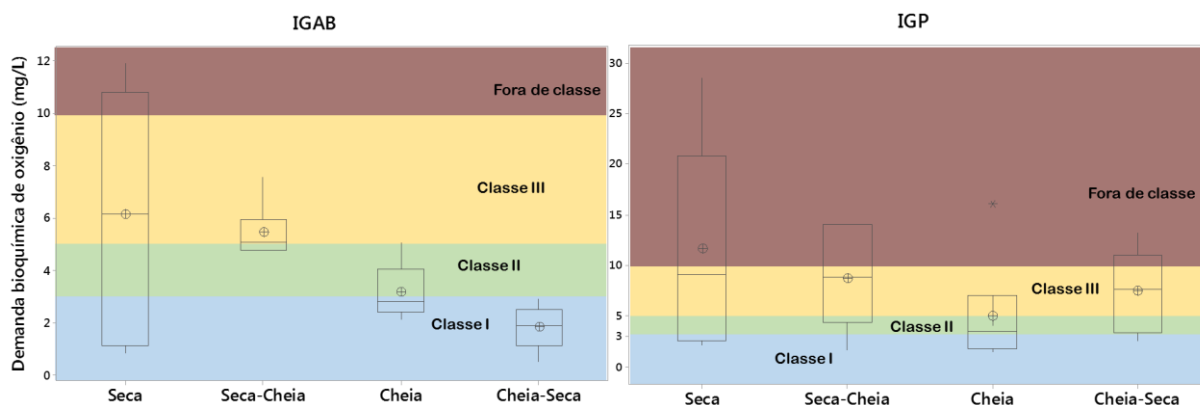


Figura 23- Blox splot da variação sazonal da $DBO_{5,20}$ nos PM.

Em geral, o IGP apresentou maiores valores médios de M.O em todos os períodos ($p < 0,05$), explicado, pelo lançamento de resíduos e efluentes diretamente no curso água.

Oliveira, Oliveira e Lima (2018), ao avaliarem três córregos (AM), encontrou valores entre $0,7$ a $24,5 \text{ mg.L}^{-1}$, similar ao comportamento deste estudo.

3.1.5.5 Nitrogênio

O nitrogênio é considerado um dos elementos importantes para metabolismo de ambientes aquáticos. Os compostos de nitrogênio na forma amoniacal ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) referem-se à poluição recente, enquanto que o nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), a poluição em estágios finais (VON ESPERLING, 2018).

Na Figura 24, tem-se os dados referêntes a $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$. As concentrações variaram $0,06$ a $8,71 \text{ mg.L}^{-1}$. Observa-se, em ambos igarapés, Classe III para as médias do período seco, de $8,15 \text{ mg.L}^{-1}$ (IGAB) e $7,35 \text{ mg.L}^{-1}$ (IGP) com um $p > 0,05$. Tais quantias, são influências pelo ganho de altas cargas de $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$, entorno de $3,75$ e $1,45 \text{ kg.d}^{-1}$, respectivamente.

Barros, Guimarães e Santana (2018), estudando o córrego Guanandy (MS), encontrou valores inferiores, com concentrações máxima $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$.

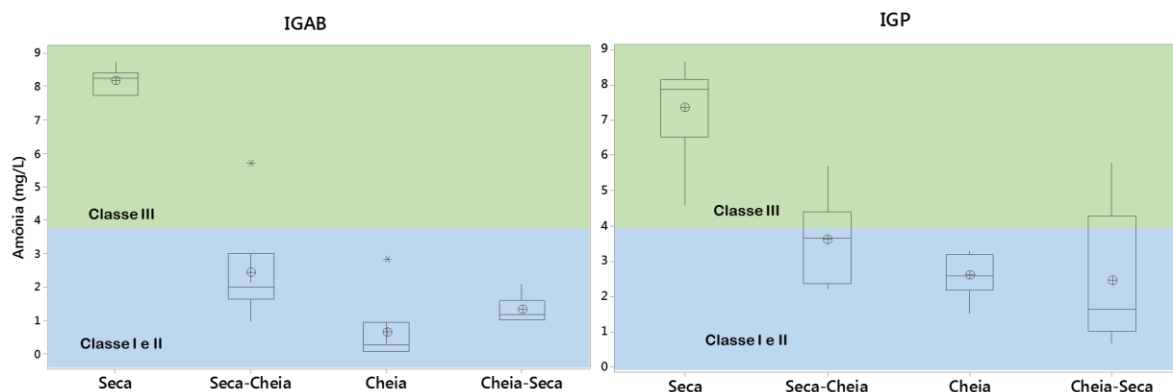


Figura 24- Box Splot da variação sazonal da $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ nos PM.

A Figura 25, traz as concentrações de NO_2^- . Em geral, em ambas microbacias, todos seus intervalo estiveram abaixo de 1mg.L^{-1} , valor este estabelecido para as Classes I, II e III.

Apenas o PM1 (IGP) esteve Fora de classe, com um valor de $1,53\text{mg.L}^{-1}$ (cheia-seca). Por está variável se instavel, é comum encontra menores concentraçõe nos corpos d'água. Oliveira, Oliveira e Lima (2018), levantaram concentrações inferiores a $0,05\text{mg.L}^{-1}$, similares aos desta pesquisa.

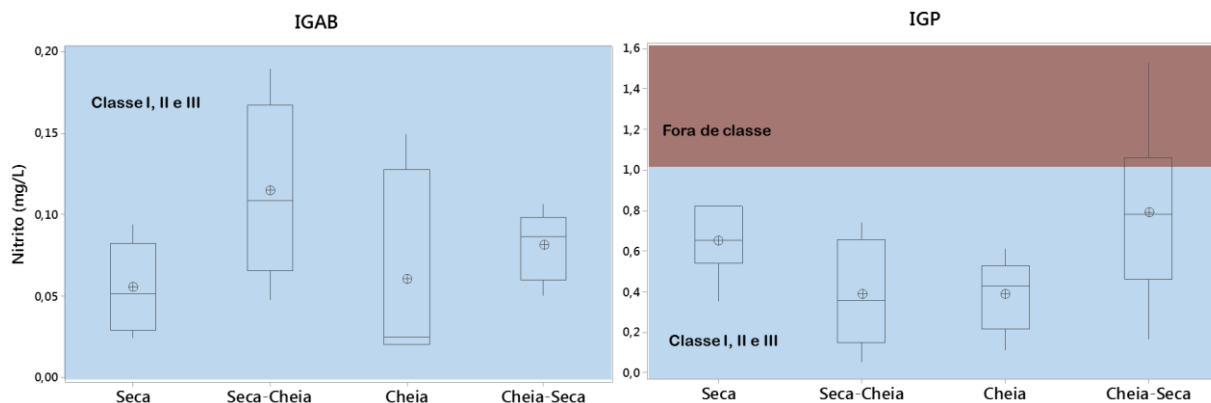


Figura 25- Box Splot da variação sazonal do NO_2^- nos PM.

A Figura 26, retrata os valores obtidos para o NO_3^- . A CONAMA 357/05 estabelece um limite de 10mg.L^{-1} , para todas a classes. O IGAB apresentou valores inferiores a $0,2\text{mg.L}^{-1}$ quando-se nas Classe I, II e III. Todavia, o IGP, na seca apresentou seus percentis de 50 e 75% fora de classe, com uma média de $15,82\text{mg.L}^{-1}$.

De acordo com CETESB (2014), o NO_3^- é um forma oxidada do nitrogênio, desse modo, firma-se que o IGP possui melhores condições para oxidação deste compostos, visto que a relação entre duas microbacias exibiu um $p < 0,05$.

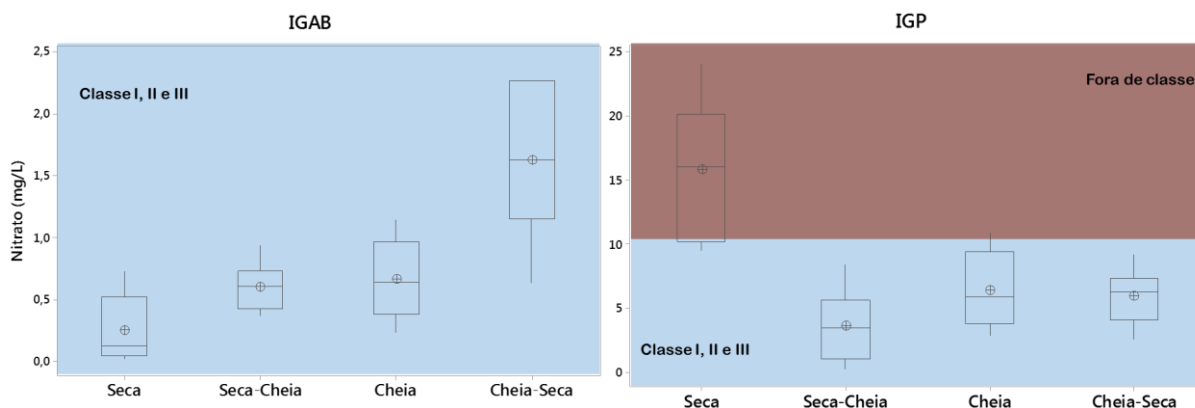


Figura 26- Blox Splot da variação sazonal do NO_3^- nos PM.

Estes valores são semelhantes aos encontrado por Bezerra (2014), no qual estudou o Igarapé Riachuelo (RO), encontrando valores que chegaram a $12,84\text{mg.L}^{-1}$.

3.1.5.6 Fósforo (P-total e PO_4^{3-})

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato (dissolvida), polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfato (PO_4^{3-}) são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico. Do ponto de vista limnológico, todas as formas são importantes, mas, o P-total e ortofosfato assumem maior relevância (ESTEVES, 2011). Além disto, Von Sperling (2018), ressalta que estes compostos em concentrações elevadas podem contribuir para diversos problemas, a exemplo, o processo de eutrofização.

A concentrações de P-total (Figura 27), variou de 0,02 a 3,28 mg.L^{-1} . Nota-se, em ambas microbacias, menores médias na cheia (Classe I), e maiores na seca (Fora de classe), com $p < 0,05$. Sendo que as concentrações da cheia, exibiram menores amplitudes, com seus percentis entorno das médias (0,002 mg.L^{-1}).

De acordo com Esteves (2011), existem duas fontes principais, a natural, como por exemplo a lixiviação dos sólidos na drenagem e fontes artificiais, a exemplo os esgotos domésticos. Assim, entende-se que os IGAB e IGP, não possuem grandes influências na dissolução geoquímica dos sólidos da bacia, e sim das cargas orgânicas, nos quais foram quantificadas em 0,91 Kg.d^{-1} e 0,21 Kg.d^{-1} , respectivamente.

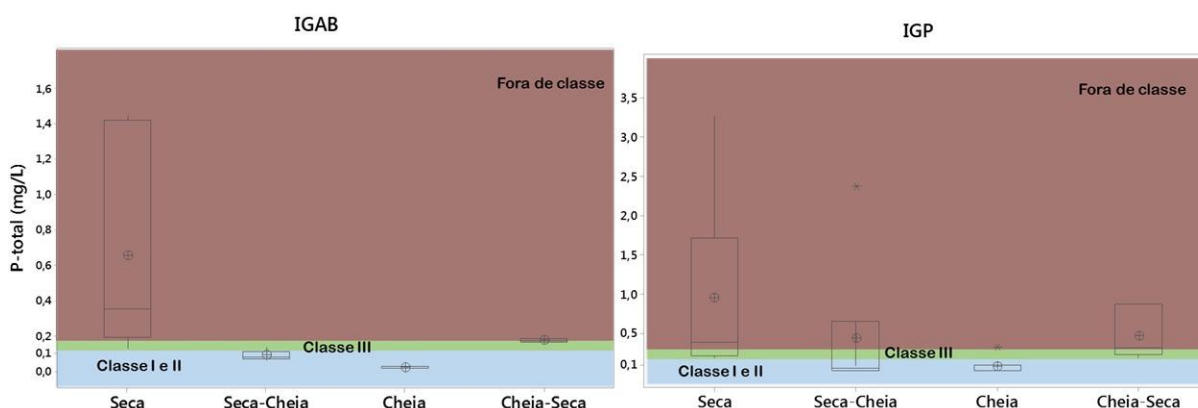


Figura 27- Box Splot da variação sazonal do P-total nos PM.

Na Figura 28, é possível observar as concentrações de ortofosfato, percebe-se que há menores concentrações nesta porção (dissolvida), indicando que a maior influência no P-total, é portanto a fração orgânica, também, provenientes das contribuições de esgoto ao longo dos igarapés.

Barros, Guimarães e Santana (2018), encontraram para o P-total, valores inferiores 0,15 mg.L^{-1} , bem abaixo aos deste estudo, Assim, enfatizar-se grandes impactos por está variável.

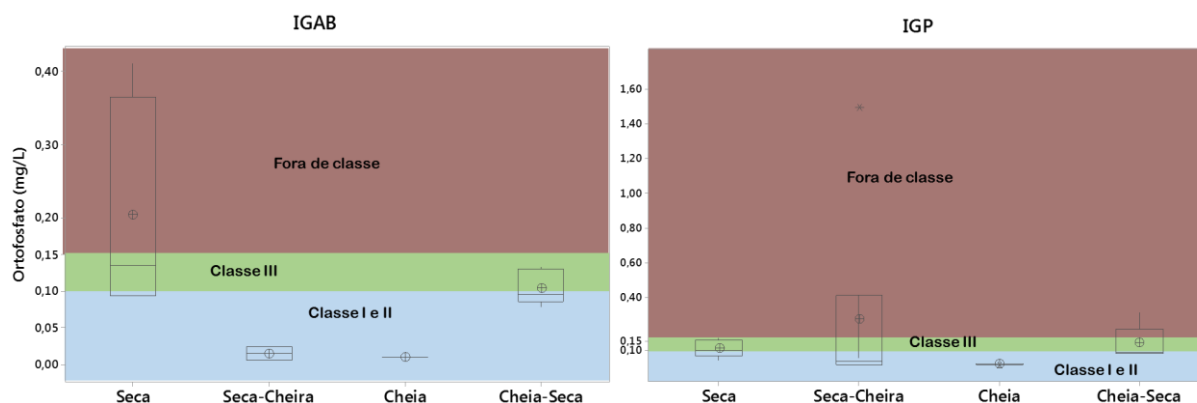


Figura 28- Blox splot da variação sazonal do PO_4^{3-} nos PM.

3.1.5.7 Clorofila *a* (Chl *a*)

A determinação das concentrações de Chl *a* indica o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica presente nos recursos hídricos, a reposta das mesmas em condições ambientais permite avaliar, em especial o enriquecimento por despejos orgânicos, possibilitando o monitoramento e avaliações dos ecossistemas aquáticos. (ANDERSEN et al., 2009). As concentrações de Chl *a*, encontram-se na Figura 29.

No IGAB, o período de seca foi responsável pelas maiores concentrações, com média $34,34 \mu\text{g.L}^{-1}$ (classe III). E, menores na cheia com $12,2 \mu\text{g.L}^{-1}$ (classe I). Esse comportamento é explicado por Esteves (2011), onde afirma que as algas fitoplactônicas no corpo d'água está diretamente relacionada a presença de nutrientes, a penetração da luz e a temperatura da água.

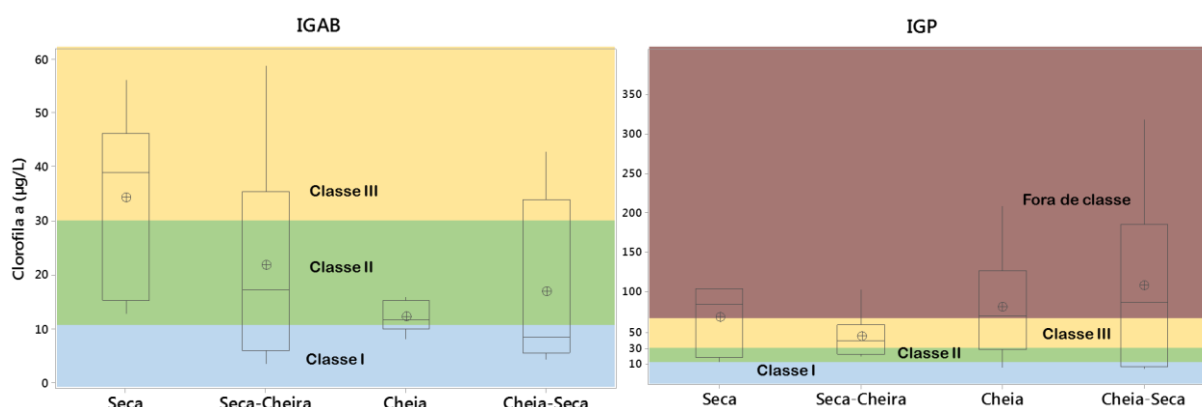


Figura 29- Blox Splot da variação sazonal da concentrações de Chl *a* nos PM.

Em geral, o IGP mostrou maiores concentrações ($p < 0,05$), apresentando suas médias na seca, cheia e cheia-seca maiores que $60 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Fora de classe), mostrando a maior atividade fotossintética no igarapé Pintado.

Vasco et al., (2011) e Grego et al., (2010) encontraram valores que chegaram até $134,4 \mu\text{g.L}^{-1}$ e $87,61 \mu\text{g.L}^{-1}$ respectivamente, para a bacia do rio Poxim (SE) e o reservatório da Barra Bonita (SP), semelhantes ao deste estudo.

3.1.5.8. Coliformes totais e fecais (termotolerantes)

O grupo de coliformes fecais, podem ser entendidos de forma simplificada como coliformes ambientais, representando os organismos de forma livre, enquanto os fecais (termotolerantes), são bactérias originárias do trato intestinal humano e animais, possuindo com indicador principal a *Escherichia Coli* (VON SPERLING, 2018).

Na Figura 30, tem-se o comportamento do grupo coliformes totais.

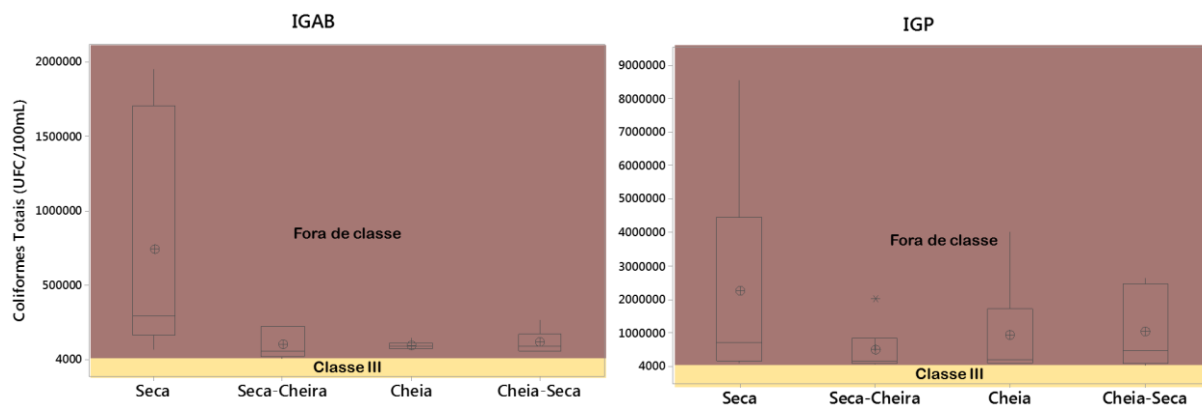


Figura 30- Box Splot da variação sazonal dos Coliformes Totais nos PM.

Em ambas microbacias, vê-se maiores amplitudes nos dados de seca. No geral, as duas microbacias obtiveram médias e percentis (25% e 75%) superiores a $4E^{+3}$ UFC.100mL⁻¹ (Fora de classe).

Ao observar os dados (IGAB), constatou-se a maior presença de bactérias ($2,0E^{+06}$ UFC.100mL⁻¹), na parte baixa da bacia, onde há presença de manilhas que lançam os efluentes urbano do município.

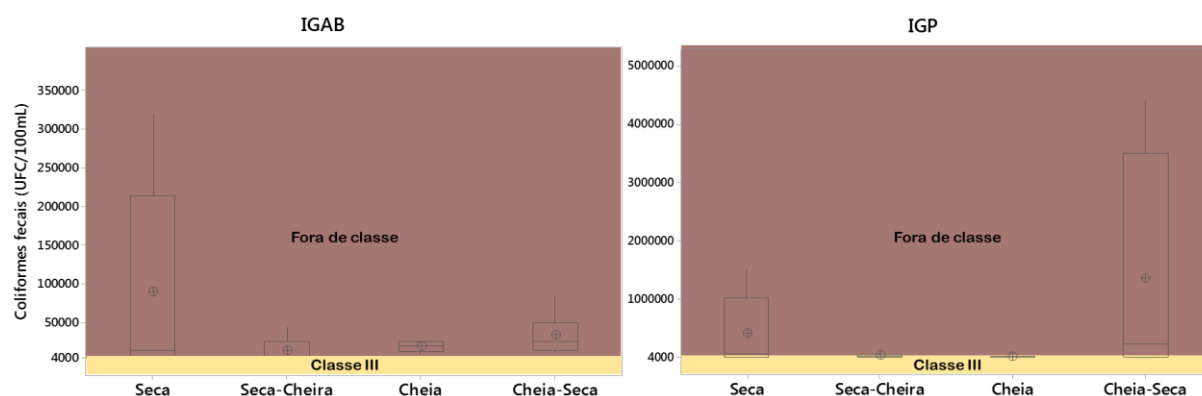


Figura 31- Blox Splot da variação sazonal dos Coliformes fecais nos PM.

Em relação aos Coliformes termotolerantes (Figura 31), no IGAB, todas os períodos apresentaram suas médias Fora de classe, juntamente com seus percentis de 75%. Enquanto o IGP, exibiu médias menores que $4E^{+3}$ UFC.100mL⁻¹ (Classe III) na seca-cheia e cheia.

Barros, Guimarães e Santana (2018), encontraram para estes dois grupos de coliformes, valores inferiores $2E^{+3}UFC.100mL^{-1}$, bem abaixo aos deste estudo, evidenciando que estas bacias então com condições sanitárias inadequadas.

3.1.6 ANÁLISE MULTIVARIADA (ACP) DO QUADRO ATUAL

Segundo Campanha et al. (2010), a ACP é uma ferramenta de análise exploratória, utilizadas para analisar a conjuntura de dados ambientais, que são geralmente complexas, devido ao grande número de variáveis envolvidas e a forte relação existente entre elas.

Na Figura 32, encontra-se as interações encontradas para IGAB.

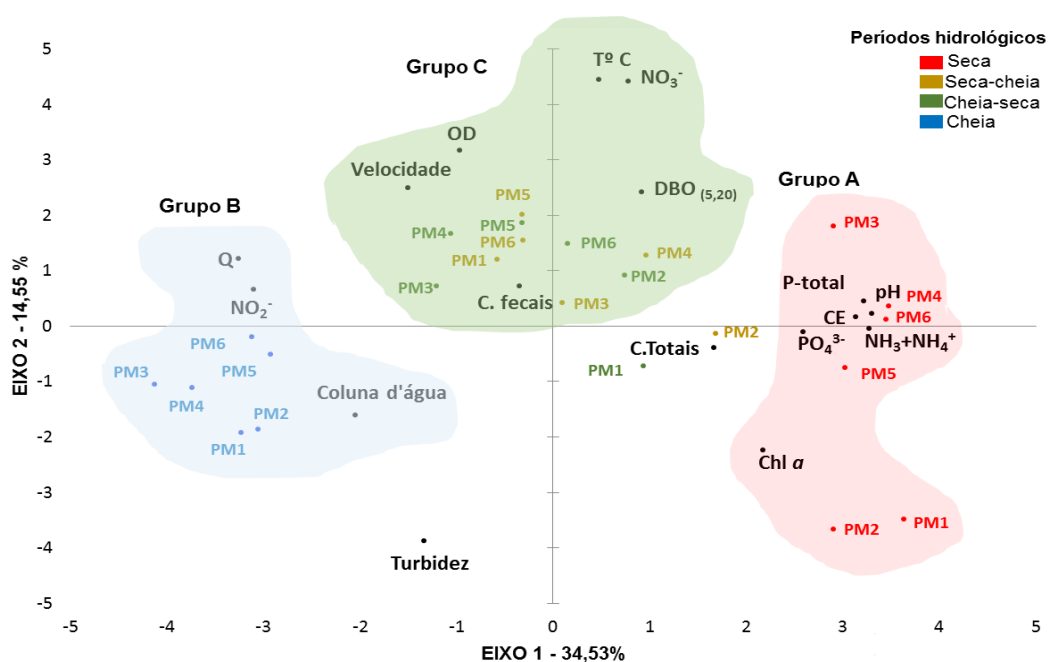


Figura 32- Análise da componente principal entre os dados hidráulicos e qualitativos do IGAB.

Os dois primeiros eixos explicaram 49,08% da conjuntura dos dados. O eixo 1 explicou 34,53%, separando os períodos de seca (eixo positivo) e cheia (eixo negativo), representado pelos grupos A e B, respectivamente.

Em destaque, temos o grupo A, as variáveis que contribuíram para formação deste eixo foram: Chl α (0,56), $NH_3+NH_4^+$ (0,89), PO_4^{3-} (0,67), P-total (0,84), pH (0,86) e CE (0,81). Tais variáveis, apontaram melhores condições para o aumento de Chl α , propiciando os eventos de eutrofização no período seco.

O eixo 2 explicou 14,55% dos dados, e nele se aglomerou os períodos de transições ao lado positivo (grupo C). As variáveis que cooperaram para criação deste eixo, foram: DBO_{5,20} (0,41), C. Fecais (0,42), OD (0,53), NO_3^- (0,75), T $^{\circ}$ C (0,75) e Velocidade (0,40). Sendo variáveis associadas aos fenômenos de autodepuração do igarapé.

A Figura 33, traz a variabilidade dos dados para IGP.

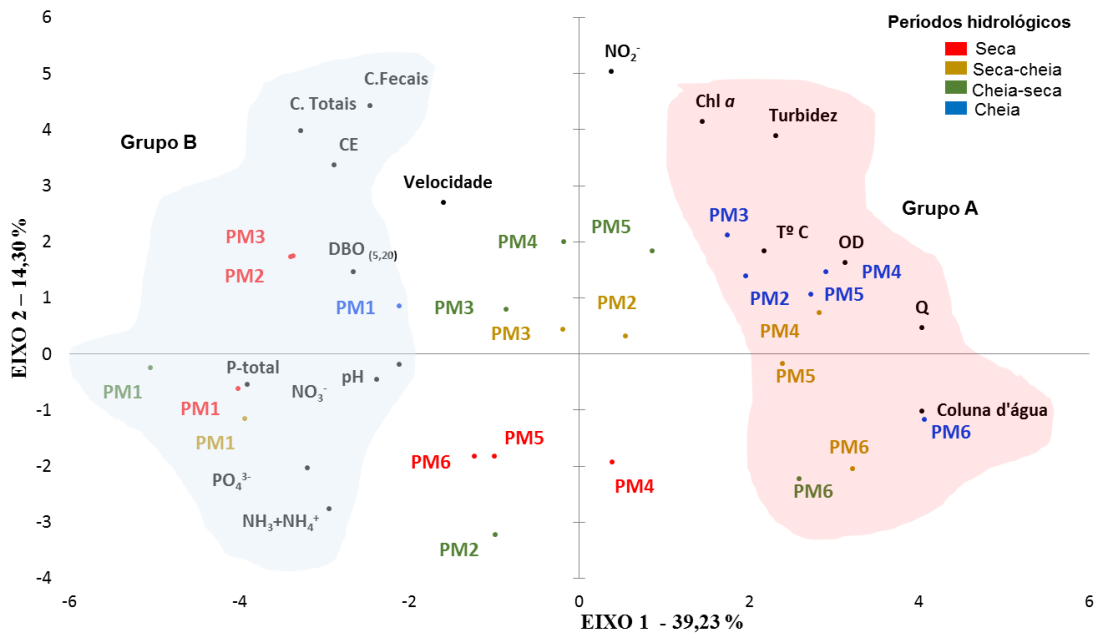


Figura 33- Análise da componente principal entre os dados hidráulicos e qualitativos do IGP.

Os dois primeiros eixos explicaram 53,53% da conjuntura dos dados. O eixo 1 explicou 39,23% e eixo 2 14,30%. O IGP, foi considerado um outlier, pois, não houve a separação dos períodos, devido à forte pressão antrópica nessa microbacia.

No eixo 1, o grupo A (lado positivo), tem-se as seguintes variáveis contribuintes para sua formação: Chl α (0,56), OD (0,70), T°C (0,49), Turbidez (0,52), Q (0,9) e coluna d'água (0,90). Visto que IGP apresenta os maiores valores de OD ($p < 0,005$), este grupo representa as variáveis que a influenciam nas concentrações de OD, especialmente nos períodos de cheia e seca-cheia.

O eixo 1, o grupo B (lado negativo), percebe-se o agrupamento do PM1, onde é fortemente impactado por residências e uma lava jato adjacente. As variáveis que favoreceram a criação deste eixo, foram: DBO_{5,20} (-0,6), C. Totais (-0,73) C. Fecais (-0,55), NH₃+NH₄⁺ (-0,66), NO₃⁻ (-0,53), PO₄³⁻ (-0,72), P-total (-0,87) e CE (-0,64). Sendo estas variáveis, ligadas a contaminação por matéria orgânica.

3.2 PROGNÓSTICO

3.2.1 SENSIBILIDADE, CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

As análises de sensibilidade realizadas nestas microbacias, demonstraram que as concentrações de OD dependem, especialmente, do coeficiente de reaeração (K_2). Para DBO, a sensibilidade maior do modelo está na variação da taxa de decaimento da DBO (K_3) e nas cargas incrementais. No caso dos coliformes termotolerantes, o coeficiente de decaimento de coliformes (K_5) influencia nesse parâmetro juntamente com as contribuições incrementais.

Os coeficientes (R^2) de calibração encontrados foram todos acima de 0,94 para os igarapés Dois de abril e Pintado, possuindo uma boa concordância entre os resultados observados e calculados pelo modelo. Enquanto os coeficientes (R^2) de validação encontrados para parâmetros analisados foram todos acima de 0,89 para os dois igarapés.

3.2.2 MODELAGEM QUANTITATIVA DO QUADRO ATUAL

Na Figura 34, encontram-se os resultados da simulação da vazão de referência dos igarapés Dois de Abril (IGAB) e Pintado (IGP).

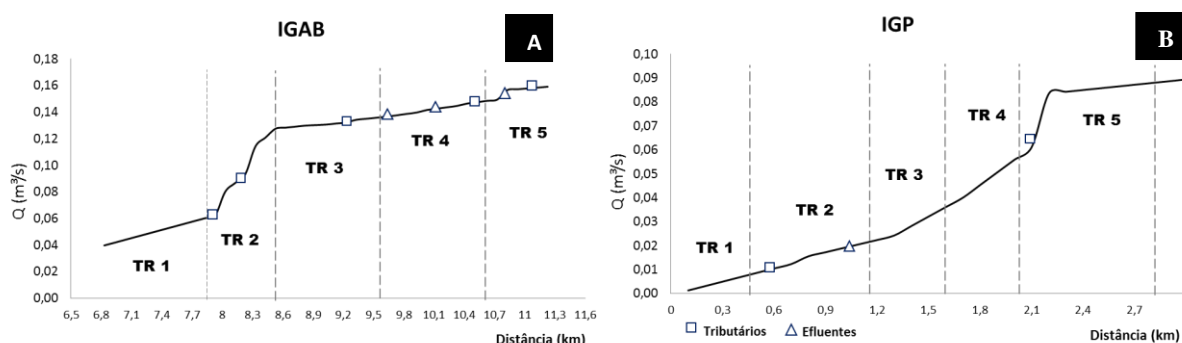


Figura 34- Modelagem dos dados de vazão no período de seca. **A)** IGAB e **B)** IGP

Os menores valores de vazão foram constatados nos PM 1, sendo de $0,0004\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ (IGP) e $0,038\text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (IGAB). Enquanto os maiores no PM6 de $0,089\text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (IGP) e $0,159\text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (IGAB). Braga et al., (2012), estudando os córregos afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, encontraram valores acima de $0,2\text{m}^3.\text{s}^{-1}$, sendo superiores ao encontrados nesta pesquisa. Foi verificado que os dois igarapés apresentaram um aumento gradual de suas vazões no decorrer dos trechos. Em decorrência das entradas pontuais, e influências incrementais advindas do fluxo de base, como colocado por Gastaldini e Oppa (2011). O IGAB apresentou duas contribuições de vazão no TR2, uma no TR3, três no TR4 e duas no TR5, enquanto o IGP apresentou uma nos trechos TR2, TR3 e TR5.

Conforme ilustrado na Figura 34, as influências incrementais foram lineares, sofrendo alterações nos lançamentos pontuais ao decorrer da extensão dos corpos d'água. As médias de escoamento, em todo o canal modelado, foi de $0,11\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ (IGAB) e $0,04\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ (IGP), sendo as vazões do IGAB significativamente maior que do IGP ($p < 0,05$). Tal resultado relaciona-se às diferenças entre as variáveis morfológicas das bacias, à exemplo da densidade de drenagem, cujos valores foram de $2,4\text{km}.\text{km}^{-2}$ (IGAB) e $1,4\text{km}.\text{km}^{-2}$ (IGP).

3.2.3 MODELAGEM QUALITATIVA DO QUADRO ATUAL

A seguir seram apresentada a modelagem aplicada às variáveis qualitativas, baseadas no cenário atual (estudo de campo) no período de seca dos IGAB e IGP.

3.2.3.1 Oxigênio dissolvido (OD)

A variação das concentrações de OD é um dos principais parâmetros para caracterizar os efeitos de poluição das águas em decorrência do despejo de matéria orgânica (VON SPERLING, 2018).

A Resolução CONAMA 357/05, dispõe para esta variável os seguintes intervalos: classe I ($> 6\text{mg.L}^{-1}$), classe II ($>5\text{mg.L}^{-1}$), classe III ($>3\text{mg.L}^{-1}$) e classe IV ($>2\text{mg.L}^{-1}$). Na Figura 35, encontram-se as simulações de OD baseadas no cenário atual (2017) dos IGAB e IGP.

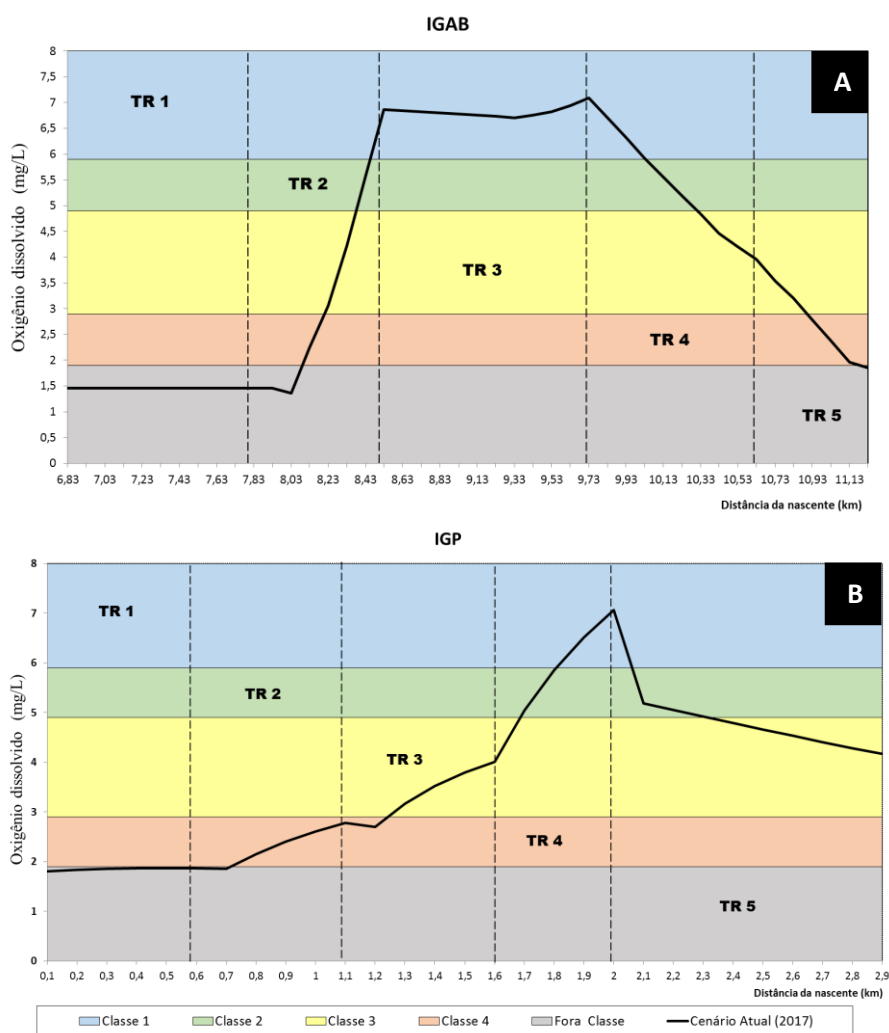


Figura 35 - Modelagem do perfil de oxigênio dissolvido. **A)** IGAB **B)** IGP.

Baseando-se nos dados de OD, o IGAB apresentou ao longo de seu curso, concentrações inseridas em todas as classes estabelecidas pela resolução CONAMA 357/05.

Em destaque o IGAB teve o TR1 com 100% das suas concentrações fora de classe. O TR2 com 34% (classe III), o TR3 100% (classe I), o TR4 44% (classe III), enquanto o TR5 34% (classe III). O IGP também apresentou TR1 100% fora de todas as classes, o TR2 80% (classe IV), o TR3 80% (classe III), o TR4 50% (classe II) e o TR5 88% (classe III).

De acordo com Von Sperling (2014), os corpos d'água possuem uma determinada capacidade autodepuração, que corresponde a um fenômeno natural de purificação que reduz a poluição orgânica, conduzindo-a as condições naturais (Figura 36).

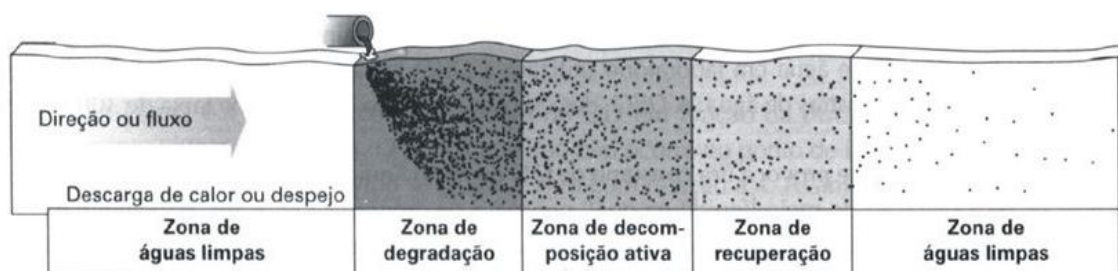


Figura 36: Ilustração das zonas de autodepuração em corpos d'água (VON SPERLING, 2005).

Ao avaliar a capacidade de autodepuração do IGAB, constatou-se que o TR1 é uma zona de decomposição, o TR2 zona recuperação, os TR3 zona limpa, o TR4 uma zona de degradação e TR5 de decomposição. Ao mesmo tempo que a autodepuração do IGP foi estabelecida como zona de degradação (TR1), zona decomposição (TR2), zona de recuperação (TR3), zona limpa (TR4), zona degradação e decomposição (TR5).

Os valores de OD são menores no TR1 nos dois igarapés, com concentração de $1,25\text{mg.L}^{-1}$ (IGP) e $1,46\text{ mg.L}^{-1}$ (IGAB). Na microbacia Dois de abril, os corpos d'água a montante do PM1, possuem uma zona de degradação, recebendo fontes poluidoras, enquanto no IGP, o PM1 foi influenciado pelo despejo dos efluentes brutos de um lava jato adjacente à nascente. Os maiores valores de OD foram de $7,07\text{mg.L}^{-1}$ para os dois igarapés no TR3 (IGAB) e TR4 (IGP), trechos classificados como zonas limpas de autodepuração.

Nos pontos de confluências do IGAB, como T1 (8,03km), ocorreu um leve decréscimo nas concentrações de OD, o qual a jusante teve um aumento em decorrências do T2 (8,33km) e T3 (9,33km). Todavia, quando na convergência com os locais de despejo de esgoto E1, E2 e E3, observou-se que houve, novamente, o decaimento de OD nos trechos 4 e 5. No IGP, o E1 (1,2km), influenciou em uma leve alteração nas concentrações de OD, enquanto o T1 (0,7km) contribuiu para o aumento, e o T2 (2,1km) para a redução nos valores de OD. As médias de oxigênio dissolvido encontradas nas microbacias foram de $4,21\text{mg.L}^{-1}$ (IGAB) e $3,53\text{mg.L}^{-1}$ (IGP), entretanto não houve diferença estatística ($p>0,05$).

Alguns autores levantaram dados de qualidade na microbacia do Igarapé Dois de abril no período de seca. Bezerra (2012), constatou concentrações de OD que variaram entre 2 e 7 mg.L⁻¹. Silva (2017), encontrou valores médios entre 1,8 a 5,2 mg.L⁻¹, enquanto Santos et al. (2017), observaram em 2016 valores de OD entre 1,4 - 5 mg.L⁻¹.

Na microbacia do Igarapé Pintado, Butzke (2013), observou concentrações de OD entre 2 e 4 mg.L⁻¹. Rocha et al. (2014), obtiveram uma média de 3,12 mg.L⁻¹. Os valores destas pesquisas se assemelham as condições atuais das microbacias, contudo, é possível observar um decréscimo da qualidade dessa variável no decorrer dos anos.

3.2.3.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

A Demanda Bioquímica de oxigênio é um parâmetro fundamental para o controle da poluição das águas por matéria orgânica. Von Sperling (2014) define essa variável como a quantidade de OD na água necessária para bactérias a decompor da matéria orgânica.

A Resolução CONAMA 357/05 dispõe para esta variável os seguintes valores máximos permitidos (VMP): classe I (<3mg.L⁻¹), classe II (<5mg.L⁻¹), classe III (<10mg.L⁻¹).

Na Figura 37, encontram-se o comportamento da DBO_(5,20) no IGAB e IGP obtido durante o período de seca. O IGAB enquadrou-se em todas as classes da CONAMA 357/05.

O TR1 exibiu 100% das suas concentrações dentro da classe I. O TR2 apresentou 78% (classe III), o TR3 100% (classe III), o TR4 34% (classe III), enquanto o TR5 100% (fora das classes). No IGP, o TR1, TR2 as concentrações estiveram 100% fora das classes, no TR3 40% (fora de classe), o TR4 e TR5 100% acima da Classe II.

Os valores de DBO_(5,20) são menores no PM2 (IGAB) e PM6 (IGP), com 0,84mg.L⁻¹ e 2,22mg.L⁻¹, respectivamente. Ao observar o comportamento das duas microbacias, percebeu-se que o IGAB possui suas maiores cargas orgânicas próximo a foz, com 12,26mg.L⁻¹ (10,83km), proveniente da mistura incremental do corpo hídricos e fonte pontual (E3). Enquanto o IGP recebe maior despejo de matéria orgânica junto à nascente, com DBO_{5,20} igual a 28mg.L⁻¹.

O IGAB apresentou aumento gradual nas concentrações DBO_(5,20) a partir do TR3, influenciada pelas diluições dos efluentes despejados em 9,8km - 10,03km e 10,73km. Em contrapartida, o IGP apresentou um decréscimo da matéria orgânica da nascente sentido a foz. Esse comportamento, é devido às águas residuárias provenientes da lavagem de veículos despejadas *in natura* como mencionado anteriormente, além dos pequenos despejos distribuídos ao longo desse trecho.

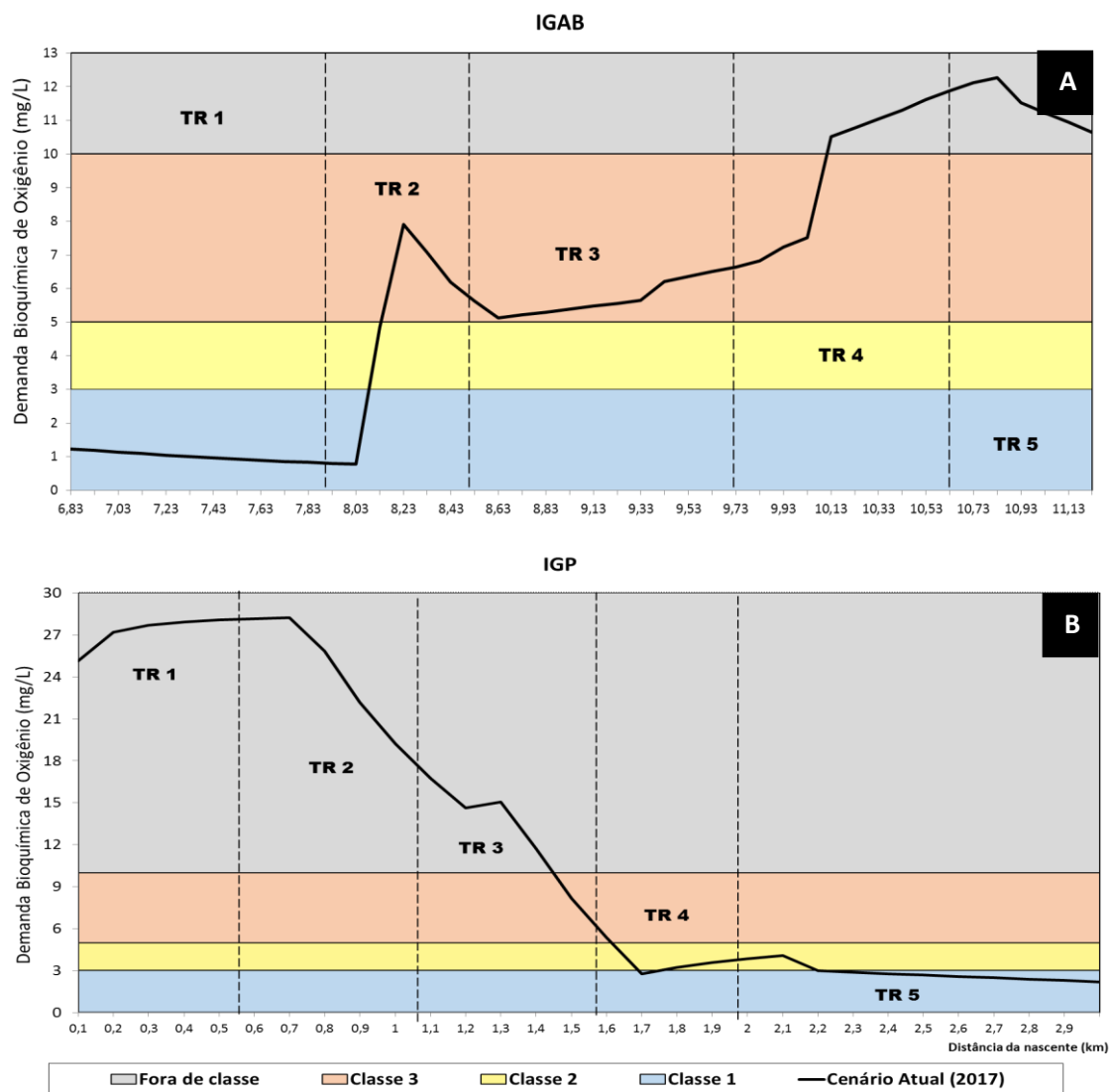


Figura 37: Modelagem da DBO_(5,20). **A)** IGAB **B)** IGP.

O comportamento da DBO_(5,20) com as concentrações de OD exibiu uma correlação de -0,61 (IGAB) e -0,88 (IGP), sendo classificadas como moderada e forte, respectivamente, demonstrando que duas variáveis possuem uma relação inversamente proporcional significativa ($p < 0,001$).

As médias de DBO_(5,20) encontradas nas microbacias foram $6,01 \text{mg.L}^{-1}$ (IGAB) $12,6 \text{mg.L}^{-1}$ (IGP), havendo uma diferença entre as mesmas ($p < 0,002$).

Bezerra (2012) encontrou concentrações médias de DBO_(5,20) $< 3 \text{mg.L}^{-1}$ para IGAB. Demonstrando o crescimento no aporte de M.O nos últimos anos, provavelmente decorrente da constante implementação de obras de drenagem pluvial, em que a população acaba utilizando tais tubulações para o lançamento de esgoto.

3.2.3.3. Coliformes termotolerantes (CT)

Os coliformes termotolerantes são indicadores de contaminação recente, oriunda principalmente de despejo de esgoto doméstico, além da presença de animais próximos às margens do manancial, demonstrando condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, sendo um risco para a saúde pública (RODRIGUES et al., 2009).

A Resolução CONAMA 357/05 dispõe para esta variável os seguintes VMP: classe I ($<200\text{UFC}\cdot 100\text{mL}^{-1}$), classe II ($<1,0\text{E}^{+3}\text{UFC}\cdot 100\text{mL}^{-1}$) e classe III ($<4,0\text{E}^{+3}\text{UFC}\cdot 100\text{mL}^{-1}$). Na Figura 37, encontram-se o comportamento dos CT.

Apenas 50% do IGAB (TR2) e 25% do IGP (TR4) se enquadraram na classe III (Figura 38), as demais, apresentaram-se Fora de classe. O comportamento das colônias de coliformes foi semelhante ao comportamento da DBO (5, 20). O trecho inicial do IGAB apresentou $4,0\text{E}^{+3}\text{UFC}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ (PM1) e o final $1,6\text{E}^{+4}\text{UFC}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ (PM6), já o IGP apresentou $1,1\text{E}^{+5}\text{UFC}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ e $3,8\text{E}^{+4}\text{UFC}\cdot 100\text{mL}^{-1}$.

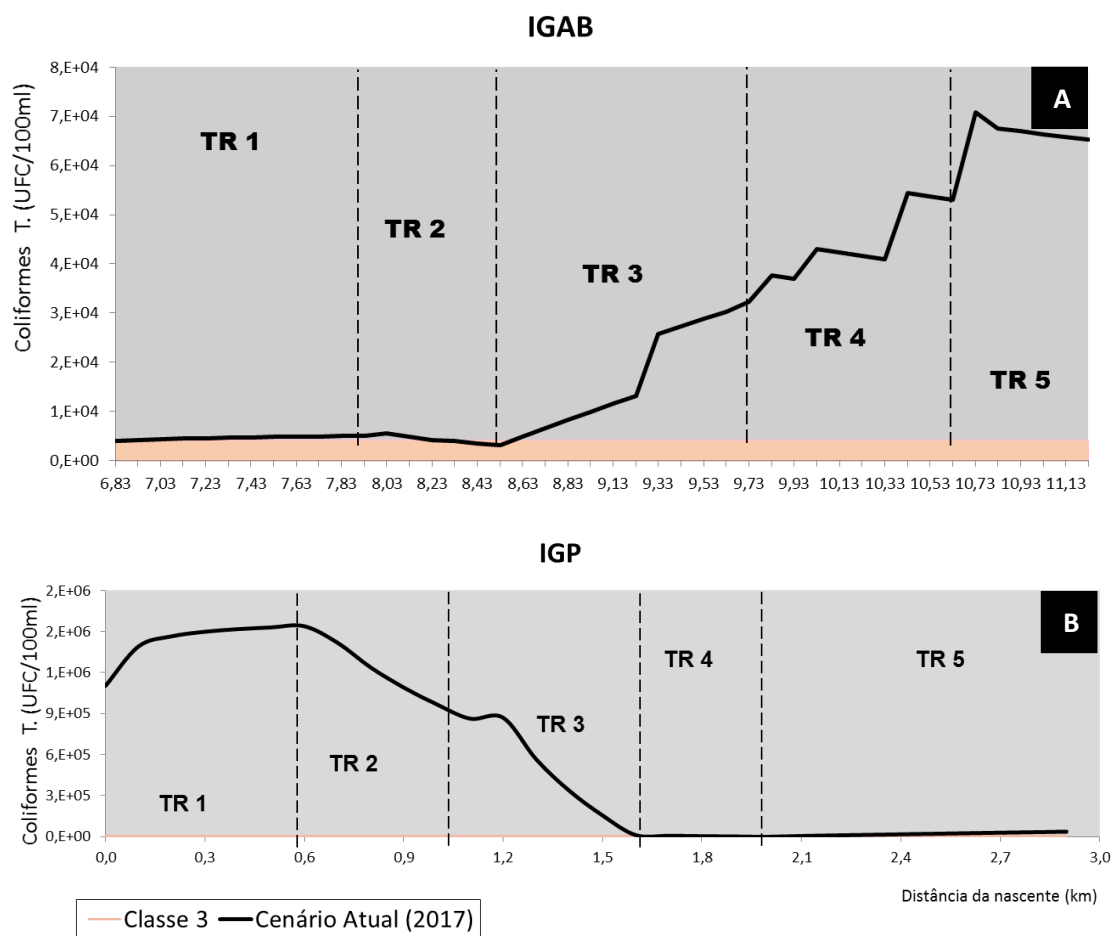


Figura 38- Modelagem do comportamento de CT; **A)** IGAB **B)** IGP.

As maiores densidades de CT no IGAB ocorreu a 10,43km onde a fonte pontual (E3) lançou $8,9\text{E}^{+6}\text{UFC}\cdot 100\text{mL}^{-1}$, elevando a densidade do canal de $5,9\text{E}^{+4}\text{UFC}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ para

$7,0E^{+4}$ UFC.100mL⁻¹. Enquanto no IGP foi o aumento da densidade foi à 0,6km (PM2) com $1,52E^{+64}$ UFC.100mL⁻¹. Esse aumento da nascente ao PM2 teve influência de animais mortos encontrados neste trecho, os quais se encontravam em decomposição, fato que explica, também, o leve aumento de DBO_(5,20) no TR1 (Figura 39).

Ao correlacionar a presença de CT à matéria orgânica (DBO_{5,20}), obteve-se uma correlação diretamente proporcional de 0,85 (IGAB) e 0,96 (IGP), respectivamente, representando uma influência significativa destes microrganismos na presença de M.O (p<0,001).

As médias encontradas nas duas microbacias foram de $2,4E^{+4}$ UFC.100mL⁻¹ (IGAB) e $5,7E^{+5}$ UFC.100mL⁻¹ (IGP), com p<0,05.

Autores como Butzke (2013) e Rocha et al. (2014), identificaram no Igarapé Pintado médias de $9,3E^{+4}$ UFC/100mL e $1,6E^{+5}$ UFC.100mL⁻¹, respectivamente, conduzindo assim a uma tendência gradativa ao aumento no número de colônias de CT ao longo dos anos, causado pelas contribuições de M.O advindas principalmente do esgoto doméstico, haja vista que, a investigação das médias precedentes desta microbacia, foram menores e diferiram significativamente dos dados atuais (p<0,05).



Figura 39- Presença de animal morto no TR1 do IGP.

3.2.4 NUTRIENTES

O nitrogênio e o fósforo são variáveis limnológicas importantes, pois influenciam na dinâmica do ecossistema aquático, destacando os impactos causados pela eutrofização das águas e/ou o crescimento excessivo das plantas aquáticas.

Na Figura 40, consta as simulações do modelo para os nutrientes do IGAB, com seus respectivos limites máximos permitido segundo a CONAMA 357/2005.

A $NH_3+NH_4^+$ apresentou Classe III em todos os trechos modelados. A menor concentração foi constatada a 6,83km da nascente (PM1) com $7,71mg.L^{-1}$ e o maior valor à 11,23km (PM6) com $8,72mg.L^{-1}$. A média obtida em todos os trechos foi de $8,11mg.L^{-1}$.

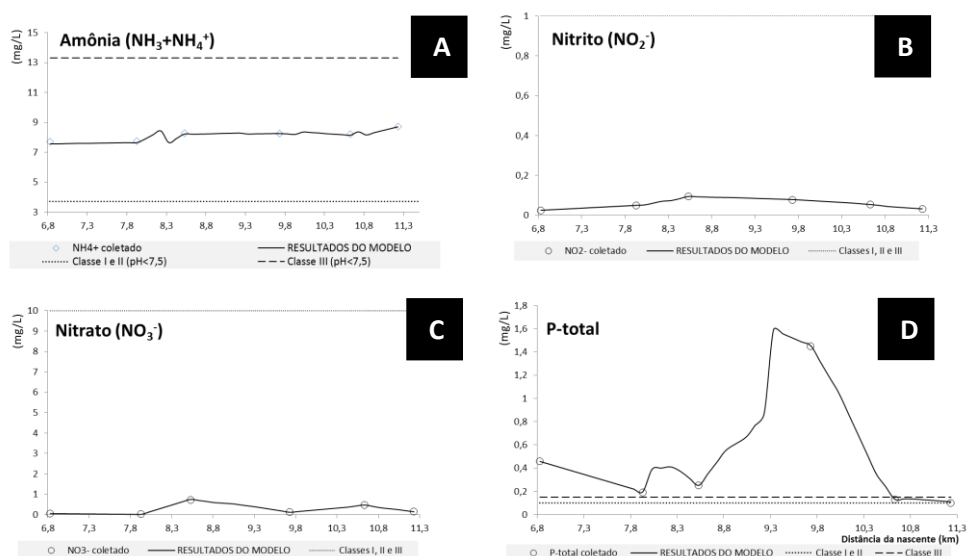


Figura 40- Resultados do modelo no IGAB para variáveis de nutrientes, bem como os valores de campo; **A)** $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$ **B)** NO_2^- **C)** NO_3^- **D)** P-total.

Silva (2017) avaliou concentrações de $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$ nas nascentes do IGAB e encontrou valores médios de $0,11\text{mg.L}^{-1}$. Além disso, o mesmo autor constatou que aproximadamente 30% destas nascentes possuem um grau de preservação bom. À vista disso, percebe-se que o IGAB, martiriza-se ao longo da sua extensão com os impactos da urbanização.

A CONAMA 357/05 estabelece para as concentrações de NO_2^- e NO_3^- apenas um VMP para todas as classes (1mg.L^{-1} e 10mg.L^{-1}). As duas variáveis estiveram dentro do valor permitido com médias de $0,059\text{mg.L}^{-1}$ (IGAB) e $0,265\text{mg.L}^{-1}$ (IGP) ($p<0,05$). Estes resultados se assemelham aos encontrados por Silva (2017) e Santos et al. (2017), os quais encontraram valores inferiores a $0,04\text{mg.L}^{-1}$ (NO_2^-) e $0,29\text{mg.L}^{-1}$ (NO_3^-) estudando o mesmo ambiente.

Em relação às concentrações de P-total apenas 11% do trecho 4 (TR4) e 100% do trecho 5 (TR5), estiveram na classe III. A média em todo canal foi de $0,22\text{mg.L}^{-1}$, sendo significativamente maior ($p<0,05$) que o VMP da Classe III.

Na Figura 41 encontra-se as simulações dos nutrientes modelados no IGP. A $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$ apresentou Classe III em todos os 5 trechos. A menor concentração ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$) foi observada à 1,1km (PM2) de 5mg.L^{-1} e o maior 2,9km (PM6) com $8,63\text{mg.L}^{-1}$. A média obtida em todos os trechos foi de $7,43\text{mg.L}^{-1}$ diferindo estatisticamente do IGAB com $p<0,05$. Butzke (2013), no Igarapé Dois de abril levantou no período de seca um valor médio de $0,15\text{mg.L}^{-1}$, consideravelmente inferiores ao desta pesquisa ($p<\text{valor } 0,001$).

O NO_2^- exibiu 100% do trecho do IGAB e IGP dentro VMP, chegando a alcançar $0,82\text{mg.L}^{-1}$ (PM2), com uma média geral de $0,64\text{mg.L}^{-1}$, com concentrações abaixo da norma ($p<0,05$).

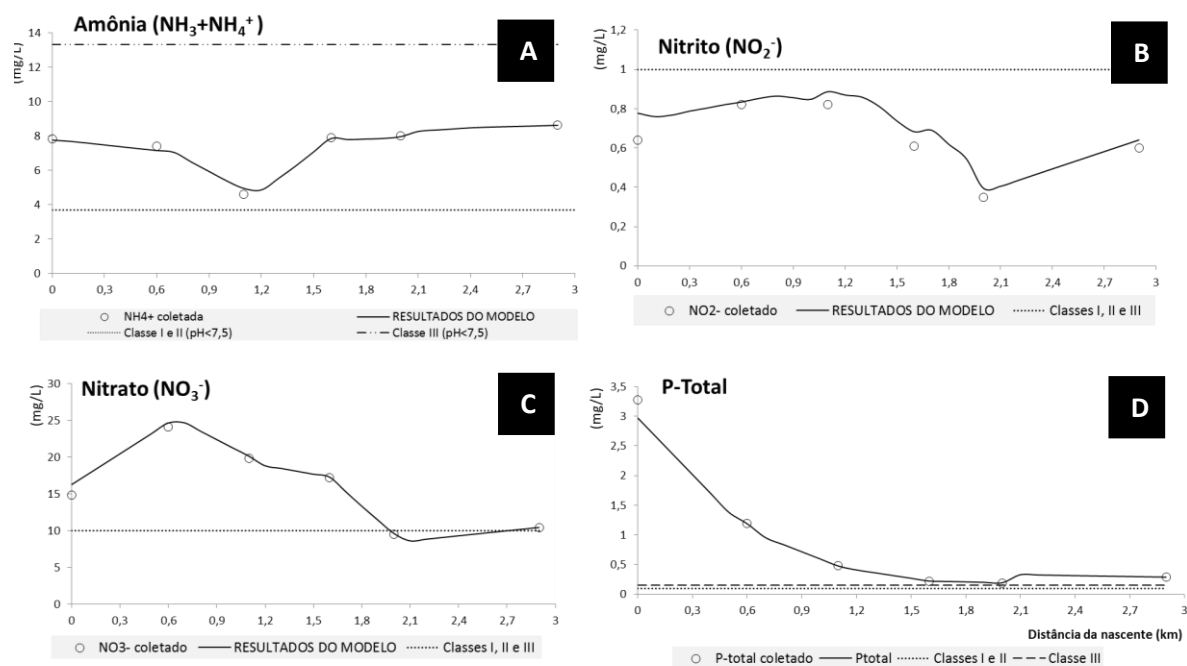


Figura 41- Resultados do modelo no IGP para variáveis de nutrientes, bem como os valores de campo; **A)** NH₃+NH₄⁺ **B)** NO₂⁻ **C)** NO₃⁻ **D)** P-total.

Para as concentrações de NO₃⁻, 25% (TR5) e 78% (TR6) estiveram dentro do VMP das classes. A média do IGP foi de 15,97mg.L⁻¹, sendo maior (p<0,001) que o VMP (1mg.L⁻¹) estabelecido pela CONAMA 357/05. Butzke (2013), encontrou no Igarapé Pintado uma concentração média de 0,004mg.L⁻¹, inferior a esta pesquisa, de 0,04 mg.L⁻¹. Indicando que IGP vem subsistindo com o grau de antropização urbana.

Entre as duas microbacias urbanas, o IGP aduziu maiores concentrações de nitrogênio na forma de NO₂⁻ e NO₃⁻ em virtude das variáveis de OD e CT.

As concentrações do OD exibiram uma correlação inversamente moderada de -0,72 com o nitrito e o nitrato (-0,78), enquanto os coliformes, apresentaram uma correlação forte de 0,82 (com o nitrito) e 0,85 (com o nitrato) (p<0,05). Este comportamento é explicado por Esteves (1998), o qual destaca a fase de nitrificação, em que em condições aeróbicas, as bactérias oxidantes consomem o OD, oxidando o íon amônio a nitrito, e posteriormente à nitrato.

Em relação às concentrações de P-total, apenas 11% (TR4) e 100% (TR5) estiveram na classe III. A média em todo o canal foi de 0,22mg.L⁻¹, existindo uma diferença significativa com VMP da classe III (0,13mg.L⁻¹) com um p<0,001. Butzke (2013), encontrou uma média de 0,005mg.L⁻¹ no IGP, menores que os dados encontrados nesta pesquisa (p<0,05). Logo o

IGP vem, nos últimos anos, sendo resignado há evacuação dos esgotos urbanos do 2º distrito, ratificando as concepções de Sabino et al. (2017), que, colocam que as origens antropogênicas de fósforo por esgotos doméstico e industriais contribuem para um incremento deste nutriente nos corpos d'água.

3.2.5 CENÁRIOS

Em relação aos cenários de projeções, foram projetadas o aumento da população nas microbacias IGAB e IGP, bem como a evolução da quantidade deste efluentes, observando a capacidade de assimilação do curso principal (Tabela 5).

Tabela 5- População e vazões projetadas para simulações futuras de qualidade da água.

Ano	População (Hab.) Pintado	*Q (m ³ /s)	População (Hab.) Dois de abril	*Q (m ³ /s)
2017	15338	-*	28121	-*
2027	18442	0,0071	33812	0,0036
2037	22174	0,015	40665	0,028

*-: Vazão utilizada do cenário atual da bacia *Q: vazão a ser somada com 2017.

A Figura 42 apresenta os cenários propostos para as concentrações de DBO_(5,20) e coliformes termotolerantes.

De acordo com Von Sperling (2014), o tratamento de águas residuais é muito importante para a preservação do meio ambiente e bem-estar da saúde da população. O autor afirma, ainda, que em uma estação de tratamento de esgoto, as lagoas de estabilização possuem uma eficiência na remoção de DBO_(5,20) de 70 a 90% e para coliformes de 90 a 99%. Assim o cenário 1 (C1) refere-se ao tratamento destas variáveis em 80% nas fontes de poluição em cada microbacia.

Para a variável DBO_(5,20) a simulação no C1, o IGAB em toda sua extensão enquadrou-se 43% (classe II) e 57% (classe I). A média nesse cenário foi inferior ao atual (2017), sendo de 2,07mg/L havendo uma diferença entre dois cenários (p<0,001). Já o IGP apresentou 27% (classe II) e 57% (classe III), com uma média de 2,91mg/L, também abaixo do cenário atual (p<0,001).

A concentrações de CT no C1 apresentaram apenas 20% na classe III nos dois igarapés, com 80% fora das classes, assim esta percentagem de tratamento (80%) é insuficiente, necessitando de maior eficiência para que o corpo hídrico atinja valores fixados para a classe III.

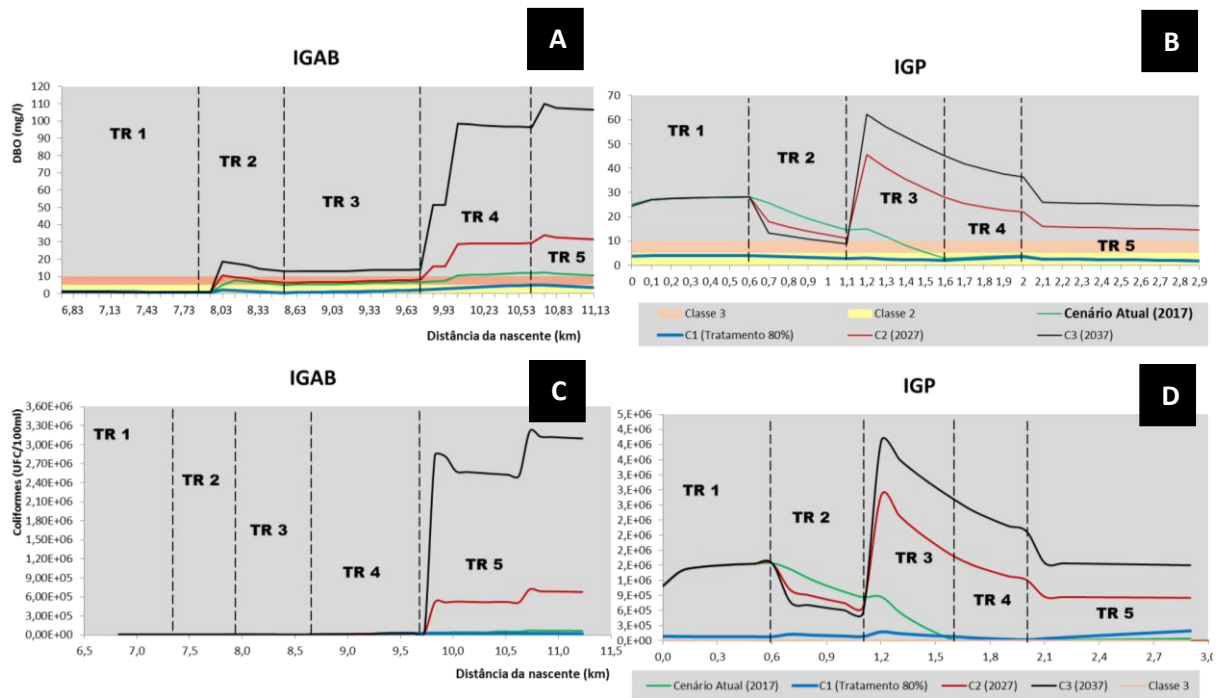


Figura 42- Concentrações obtidas nos cenários de tratamento (80%) e projeção populacionais para anos 2027 e 2037. DBO_(5,20): **A) IGAB B) IGP**; e CT: **C) IGAB D) IGP**.

Segundo Rocha (2014) e Santos *et al.*, (2017), existe uma estreita relação entre o aumento da densidade populacional e o aumento na carga de poluentes gerada pelas atividades humanas, culminando por contaminar os mananciais, seja por meio de escoamento superficial ou pelo lançamento direto de dejetos. Assim os C2 e C3 referem-se ao aumento das vazões das fontes pontuais levantadas na bacia.

As médias para o IGAB foi de 12,21mg/L (C2) e 37,76mg/L (C3), enquanto que no IGP 22,49 mg/L (C2) e 29,79mg/L (C3), havendo uma diferença para ambos igarapés entre todos os cenários. Ao observar a Figura (412), é possível observar a influência das fontes pontuais, em que as concentrações menores foram no IGP devido à menor população encontrada na projeção com apenas 54% da população do IGAB (40.665hab), chegando a alcançar 60mg/L de DBO_(5,20), enquanto IGAB exibiu 120mg/L.

Ao observar as linhas de tendência das concentrações de DBO_(5,20), e CT nos igarapés, percebeu-se que se nenhuma medida for tomada, os mesmos serão cada vez mais impactados, diminuindo ainda mais a qualidade de suas águas ao longo dos anos.

Os resultados do comportamento da variável OD, no cenário de saneamento e aumento das cargas poluidoras das microbacias, são apresentados na Figura 43.

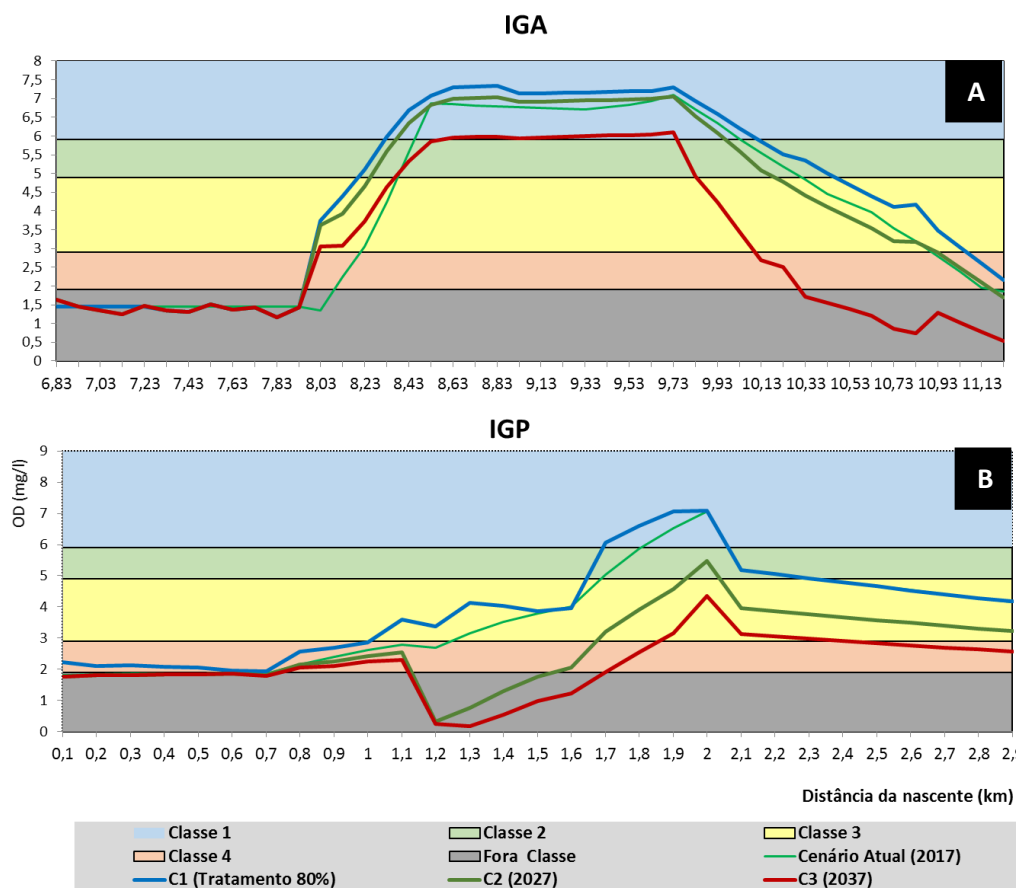


Figura 43- Concentrações obtidas na simulação OD pelo tratamento M.O e projeção populacionais para anos 2027 e 2037; **A) IGAB B) IGP.**

De acordo com os dados, se houvesse a coleta e tratamento de 80% do esgoto, seria suficiente para conduzir os igarapés a 36% de suas extensões na classe II. Para obter estes resultados são necessárias ações de gestão integrada à montante do primeiro ponto de monitoramento de cada microbacia, controlando as possíveis interversões oriundas pelas atividades antrópicas.

As médias levantadas para o aumento das cargas nos C2 e C3 para o IGAB foram de 4,1mg/L e 3,1mg/L, respectivamente, apontando uma acentuada diminuição das concentrações de OD no decorrer dos anos. Ao verificar a diferença das médias dos cenários projetados com o atual, percebe-se que a decadência do oxigênio dissolvido ao longo dos anos será acentuada ($p < 0,0023$).

3.3 PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO

O enquadramento é o instrumento integrador da qualidade e quantidade. A gestão é planejada com definições de metas de racionalização do uso, aumento de quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos (GASTALDINI e OPPA, 2007).

O estabelecimento de metas, através do enquadramento, objetiva garantir qualidade às águas, conforme os usos mais exigentes e reduzir os custos de combate à poluição, de acordo com ações estruturais ou não estruturais (DINIZ,2006).

Conforme mencionado, os usos preponderantes levantados em ambas as microbacias foram: drenagem de águas pluviais, diluição de efluentes, harmonia paisagística, recreação de contato secundário e dessedentação animal em escala exígua. Ao longo das bacias foram identificadas fontes de poluição que degradam a qualidade da água e, conseqüentemente, seus usos. As principais fontes de poluição encontradas na bacia são provenientes de esgoto clandestino de origem urbana, além das poluições difusas do uso ocupação irregular da bacia.

Cristo et al., (2017) investigaram a ecotoxicidade da água do IGAB, utilizando o Lambari como bioindicador, e constataram uma mutagenicidade em 25% das amostras. Assim, para uma maior precisão no enquadramento desta microbacia, requerem-se estudos ecotoxicológicos, evidenciando os efeitos provenientes da presença de metais pesados, ou outras substâncias.

Oliveira et al. (2017), investigaram a ecotoxicidade crônica no IGP, através da microalga *Chlorella vulgaris*, e constataram uma inibição no crescimento das mesmas em 27%, relacionando às concentrações de poluentes, o que confirma, sinuosamente, que o grau sanitário do IGP é prejudicial à saúde e bem-estar da população.

Para cada classe de uso da água definiu-se a qualidade compatível com as demandas mais exigentes a que forem destinadas (BRASIL, 1997). Portanto, nas condições atuais, o IGAB pode ser categorizado na classe III, enquanto o IGP pode ser embutido na classe IV. Os principais parâmetros que influenciaram esta classificação estão presentes na Figura 44.

O IGAB apresentou uma maior amplitude interquartilica nas concentrações de OD, e menores nas variáveis DBO, CT e NO_3^- . A DBO_(5,20) e o NO_3^- , exibiu todo seu intervalo na classe III, bem como CT apresentou todo seu conjunto acima do VMP da classe III.

O IGP demonstrou uma menor amplitude de OD, com a média e o 1º quartil na classe IV, ao passo que as variáveis DBO, CT e NO_3^- expressaram maiores intervalos, com suas médias e boa parte dos quartis (50% e 75%), acima do valor máximo estabelecido na classe III, conseqüentemente estão fora de classe.

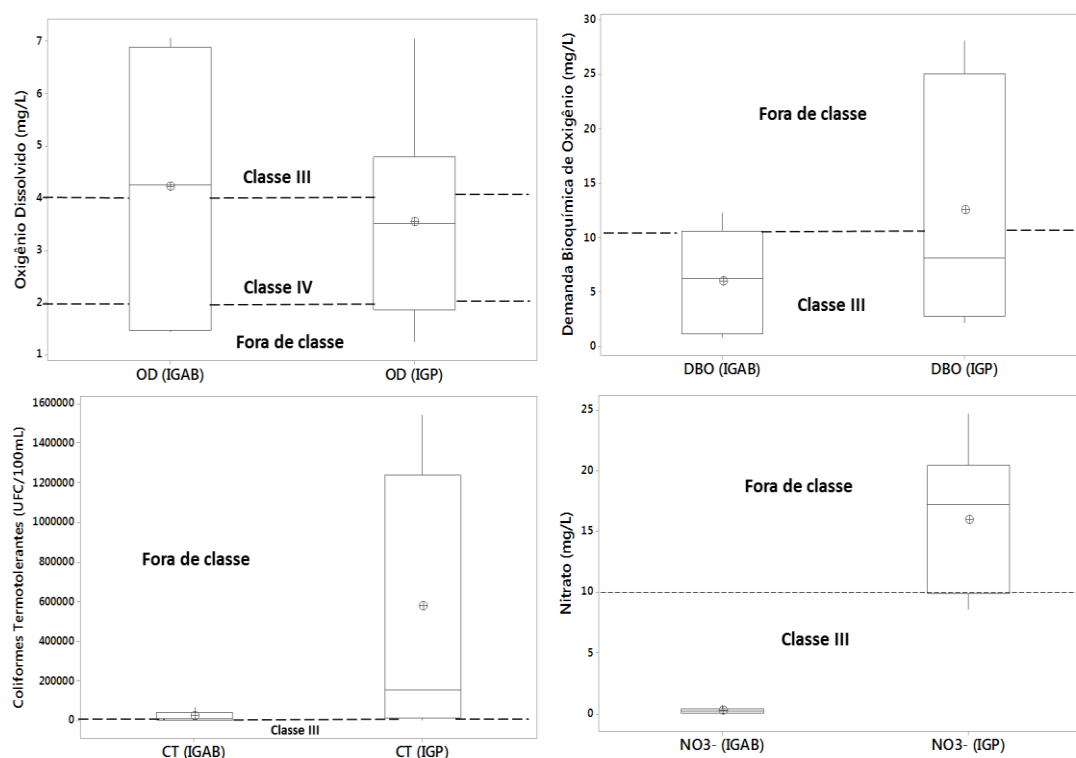


Figura 44- Box Spot contendo os intervalos das variáveis que influenciaram no enquadramento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os igarapés, quando avaliados quanto a sua morfometria, apresentaram bons coeficientes (K_c e K_f), indicando que, estas áreas, em condições pluviométricas normais, não são suscetíveis a enchentes.

Contudo devido as condições antrópicas no IGAB, constatou-se recorrentes enchentes nos últimos anos, especialmente parte baixa da bacia, por conta da urbanização (43,7%) e a baixa declividade ($0,005m.m^{-1}$), causando maiores concentrações no escoamento, assim atualmente os planos para esta microbacia, é a implementação de obras que visem o controle desta enchentes. O IGP apresentou quase toda sua bacia impermeabilizada (78,95% urbanização), devido estar localizado em zona residencial densa, sendo que o bairro Nova Brasília possui a maior aglomeração de habitando com $7.730hab.km^{-2}$.

O resultados da preservação de APP's no quadro atual, retratam graus inadequados de preservação, estando em sua totalidade ocupada pela classe Urbana.

Em relação aos tributários, constatou-se uma melhor preservação de qualidade e quantidade na parte alta do IGAB e na baixa do IGP, onde em sua extensões não possuem

canalização. Já os lançamentos potuais de efluentes foram identificados na parte baixa do IGAB e alta do IGP, em sua totalidade com condições sanitárias inadequadas.

O período seco foi mais crítico. O IGAB mostrou melhores características qualitativas nos demais períodos, já o IGP foi fortemente influenciado pela pressão antrópica em todos os períodos.

A análise multivariada (ACP), contribuiu para explicação dos dados nos diferentes períodos hidrológicos, bem como a influência da localização dos pontos. O IGAB, no eixo 1 (grupo A), explicou como os despejos orgânicos contribuíram para eutrofização na seca, em particular os PM canalizados. No IGP, o eixo 1 (grupo B), justificou como o PM1 contribuiu em todos os períodos na concentração de nutrientes e M.O.

No quadro atual, devido ao grande porte de matéria orgânica, as variáveis qualitativas dos igarapés variaram suas de classes I a fora de classe

Os parâmetros prioritários no modelo foram OD, DBO_{5,20} e CT, nos quais, serviram de base para avaliação das condições sanitárias dos igarapés. O estudo possibilitou a definição das zonas de autodepuração, indicando uma zona de degradação na nascente do IGP, enquanto IGAB no TR4, principalmente por DBO e CT nos quais, compromete a classe dos trechos.

Com base nas projeções futuras, foi possível constatar um aumento gradual no impactos a cada 10 anos, o que a qualidade dos igarapés tendem a se enquadrarem fora de classe, sendo a pior das condições. Entretanto, conforme proposto no C1, caso houvesse o tratamento dos efluentes despejados, reduziria as condições dos igarapés a classe II.

Diante disto, nas condições atuais, foram propostas classes III e IV para os IGAB e IGP, respectivamente, nos quais exigem ações imediatas de saneamento básico que conduzam a coleta e o tratamento dos efluentes lançados.

4.1 RECOMENDAÇÕES

Para complementar uma lacuna do enquadramento, sugere-se a determinação de ensaios ecotoxicológicos e um levantamento da concentração de metais pesados e outros poluentes, a fim de investigar se o mesmo está interferindo na proteção das comunidades aquáticas.

Ademais, espera-se que o presente estudo seja um veículo de informação e divulgação das condições ambientais dos igarapés Dois de Abril e Pintando e que possam subsidiar planos de gestão a fim da preservação destes ambientes.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 4 p., 1992.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Plano de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água**. Brasília: SAG, 2011.

ANA, Agência Nacional de Águas, Plano estratégico de recursos hídricos dos afluentes da margem direita do rio Amazonas: resumo executivo. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/planoEstrategicoDeRecursos.pdf>>. Acesso em: 11 de dezembro de 2016.

ANA, Agência Nacional de Águas, Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016. Brasília: ANA, 2016. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>> Acesso em: 11 de dezembro de 2016.

APHA, American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater: part 9000: microbiological examination**. 19th ed., Washington: APHA, EUA, 1995.

APHA, American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed., Washington: APHA, EUA, 1998.

ARAUJO, R. R.; ANDRADE, N. L. R. . Avaliação da Temperatura de Superfície do Perímetro Urbano de Ji-Paraná-RO com o Uso de Sensoriamento Remoto. **In: I Congresso Brasil Norte de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2017, Belém-PA. ANAIS, 2017.

ARAUJO, R. R. **Uso e ocupação do solo e identificação de áreas prioritárias para recuperação florestal em áreas de preservação permanente no município de Ji-paraná-RO**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, 2017.

ARAÚJO, J. A. F.; SALES, J. M.; SOUZA, R. O. Risco de eutrofização em reservatórios de regiões semiáridas com uso da teoria dos conjuntos difusos. **REGA – Revista de Gestão de Água da América Latina**. Porto Alegre – RS. v10. nº1. p.29 -39. 2017.

BARROS, L; GUIMARÃES, V; SANTANA, Q. S. C. **Aplicação de um índice de qualidade de água em dois trechos (urbano e rural) da bacia do córrego Guanandy, Aquidauana – MS**. Caderno de Geografia, v.28, n.54, 2018

BEZERRA, R. R.; DA ROCHA, V. N. L.; ANDRADE, N. L. R. Análise da qualidade da água por parâmetros químicos e biológicos do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO. **In: X Encontro Nacional De Águas Urbanas**, 2014, São Paulo/SP. Anais do X ENAU, 2014.

BEZERRA, P. L. **A influência da atividade urbana sobre a qualidade da água do Igarapé Dois de Abril em Ji-Paraná/RO**. 2012. 41f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, UNIR, 2012.

BICUDO, C. E. M & BICUDO, D. C. **Amostragem em limnologia**. São Carlos, SP, Editora RiMa, p. 371, 2004.

BEZERRA, R. R.; ANDRADE, N. L. R. Variáveis químicas e biológicas do igarapé Riachuelo como indicadores de poluição urbana na cidade de Ji-paraná (RO). *Iniciação Científica - CESUMAR*, v. 16, p. 163-169, 2014.

BEZERRA, R.R. **A qualidade da água do Igarapé Riachuelo em associação com índices fisiográficos e uso e ocupação de sua microbacia: um apontamento para gestão dos recursos hídricos em Ji-paraná/RO**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, 2014.

BUTZKE, K. **Avaliação Limnológica de um Igarapé impactado pela urbanização da cidade de Ji-Paraná (Rondônia): Igarapé Pintado**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental). Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2013.

BUTZKE, K.; NASCIMENTO, E.L.; ROSA, A.L.D.; OLIVEIRA, G.A.; BASTOS, W.R.; MALM, O.; MENDONÇA, A.P.; FERREIRA, R.F.; GEORGIN, G. Avaliação de um igarapé impactado pela urbanização da cidade de Ji-Paraná (Rondônia): Igarapé Pintado. *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Brasília- DP, 22- 27 de novembro de 2015.

Braga, C. C; Rocha, S. I; Cabral, J. B. P. Análise da descarga sólida em suspensão dos afluentes do Reservatório da UHE Barra dos Coqueiros – GO. *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial, V.3, N.4, p. 495-505. 2012.

BRASIL. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas superficiais e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial da União**, n. 53, 18 mar, 2005. 27p.

BRASIL. Resolução nº 91 de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Diário Oficial da União**, 06 fev, 2008. 5 p.

BRASIL. **Instrumentos de gestão das águas. Centro de Documentação e Informação**. Edições Câmara Brasília, 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março

de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 8 de janeiro de 1997.

CARMO, A.J.B. Delimitação e caracterização morfométrica das bacias hidrográficas urbanas em Ji-paraná, RO. XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Aracaju, Sergipe, Brasil, 2016.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: INTERCIÊNCIA, p. 599, 2008.

CETESB, Secretaria dos Serviços e Obras Públicas. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais | Apêndice D - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. São Paulo: CETESB, 2014.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para seu enquadramento. **Documento Oficial da União**, nº 053, p. 58-63, de 18 de março de 2005.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução no 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. **Documento Oficial da União**.

CORDEIRO, G.G.; GUEDES, N.M.; KISAKA, T.B.; NARDOTO, G.B. Avaliação rápida da integridade ecológica em riachos urbanos na bacia do rio Corumbá no Centro-Oeste do Brasil. **Ambiente e Água**, v. 11, n. 3, 2016.

COLLISCHON, W.; DORNELLES F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 2° ed, (Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2015, 336 p.

CRISTO, N. P.; SILVA, B. R.; MOREIRA, E. G.; SILVA, F. C. Ecotoxicological evaluation of Igarapé April 2 water using lambari (*Astyanax* sp) as a bioindicator organism. **South American Journal of Basic Education, Technical And Technological**, v. 4, p. 51-60, 2017.

DIAS, R. H. S.; SILVA FILHO, E. P.; SANTOS, A. M.; ROSA, A. L. D. Influência do Uso e Ocupação do Solo no Escoamento Superficial na Cidade de Ji-Paraná-RO, Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, v. 8, n. 5, p. 1493-1508, 2016.

ESTESVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 3° ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, 826 p.

GASTALDINI, M. C. C.; OPPA, L. F. Análise de alternativas de enquadramento do rio Vacacaí Mirim utilizando modelo matemático de qualidade da água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 1, pp 17 - 27. 2011.

GOMES, J.B.; WEBLER, A.D.; AGUIAR, A.G.; AGUIAR, L.J.G.; NUÑES, M.L.A. Conversão de florestas tropicais em sistemas pecuários na Amazônia: quais as implicações no microclima da região? **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, n.11, p. 67-81, 2015.

IANAS, Inter-American Network of Academies of Sciences and UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) Urban Water, Challenges in the Americas,

A perspective from the Academies of Sciences. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002464/246414e.pdf>>. Acesso em: 11 de dezembro de 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Cidade. Disponível: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=110012>>. Acesso em: janeiro de 2016.

Ji-PARANÁ, Lei Municipal N° 1113, de 19 de novembro de 2001. Dispõe sobre a Política Ambiental, o Sistema Municipal de Meio Ambiente e o Controle Ambiental no Município. **Diário Oficial Municipal, Ji-Paraná.**

Ji-PARANÁ, Lei N° 2187, de 24 de agosto de 2011. Dispõe sobre o desenvolvimento urbano no Município de Ji-Paraná, revisa e atualiza o Plano Diretor do Município. **Diário Oficial Municipal, Ji-Paraná.**

Ji-PARANÁ, Plano Municipal de Saneamento Básico de Ji-Paraná, Plano setorial de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário. Disponível em: < <http://www.ji-parana.ro.gov.br/pub-leis/saneamento>. Acesso em: 11 de dezembro de 2016.

Ji-PARANÁ, Decreto N° 1969, de 27 de agosto de 2013. Dispõe sobre a preservação de buritizais. **Diário Oficial Municipal, Ji-Paraná.**

Ji-PARANÁ. **Plano municipal de saneamento básico drenagem urbana e manejo de águas pluviais – Ji-Paraná.** Fundamento MCP: 2013.

KUCHINSKI, V. ; GASTALDINI, M. C. C. Modeling the Trophic State of Subtropical Reservoir in Southern Brazil. **Journal Of Water Resources Planning And Management**, v. 144, p. 05018001, 2018.

LINHARES, J. S.; VANESSA HELENA DE ANDRADE; CREMONESE, E. R.; GUIDELLI, A. C.; FREDERICO, F. H.; GOMES, L. G. Caracterização morfológica da microbacia do Igarapé dois de abril do município de Ji-Paraná na região amazônica. **In: XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e VII FENÁGUA**, 2012, Bonito. Anais do Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2012.

LOPES, L. N. A. **Os impactos dos assentamentos informais nos Recursos Hídricos: Caso da Bacia Hidrográfica do Igarapé Mata Fome, cidade de Belém-PA.** 170f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Do Pará, Belém – PA, 2008.

MACARO, L. A. M. **Geotecnologias aplicadas à caracterização da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Igarapé Pintado, Ji-Paraná – RO.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental). Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2013.

MESQUITA, K. F. C.; SANTOS, M. L. S.; MOURÃO, F. V.; MENDES R. M. L.; SILVA, R. G.; SANTOS, R. M. **Avaliação da qualidade da água no Igarapé Tucunduba.** In: 15°

Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. Bento Gonçalves: CBGE, p.3, 2015.

NUNES, M. L.A. **Subsídios para o enquadramento do rio Piabanha respaldado por modelagem matemática de qualidade da água.** Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2014.

NUNES, M. L. A; GOMES, J. B; SOUZA, V. A. S; ROSA, A. D. MACHADO, A. A. **Uso de geotecnologias na identificação de áreas de fragilidade ambiental na microbacia do córrego 2 de Abril, Ji-Paraná/RO.** Anais do 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

OLIVEIRA, L.F; OLIVEIRA, B. O. S; LIMA, B.L. **Avaliação da qualidade da água de três córregos na área urbana de Humaitá-AM.** Revista de ciências ambientais. Canoas, v. 12, n. 3, 2018

OLIVEIRA, L.E.; SANTOS, T.A.; NEVES, A.S.; ASSIS, J.P.M.; NASCIMENTO, E.L.; BASTOS, W.R.; WEBLER, A.D.; AZEVEDO, S.M.; MENDONÇA. A.P. Ecotoxicidade crônica em microbacias urbanas de Ji-Paraná/Ro. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Limnologia**, Rio de Janeiro – RJ, 22 a 27 de julho de 2017.

OLIVEIRA, P.C.R.; NOGUEIRA, M.G.; SARTORI, L.P.; Differential environmental impacts on small and medium size rivers from center of São Paulo State, Brazil, and regional management perspectives. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 26, n. 4, p. 404-419, 2014.

OPPA, L.F. **Utilização de modelo matemático de qualidade da água para análise de alternativas de enquadramento do rio Vacacaí Mirim.** Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

PALHARES, J. C. P. Medição da vazão em rios pelo método do flutuador. Manual Técnico 455. Concórdia SC: EMBRAPA. 2007.

RIBEIRO, G. G.R; ROLIM, N. D. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce como direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 7, n. 1, 2017 (p. 7-33), 2017.

ROCHA, V. N. L.; ANDRADE, N. L. R. Análise macroscópica das implicações do uso e cobertura do solo sobre os recursos hídricos superficiais na cidade de Ji-paraná (RO), sudoeste da amazônia. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2016, João Pessoa. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - João Pessoa: CONGESTAS**, v. 4. p. 1033-1043. 2016.

ROCHA, V. N. L.; BEZERRA, R. R.; ANDRADE, N. L. R. Impactos na qualidade da água do igarapé Pintado após sua canalização parcial, Ji-Paraná/RO. In: X Encontro Nacional de Águas Urbanas, 2014, São Paulo/SP. Anais do X ENAU, 2014.

ROCHA, V.N.L. **Relação entre a densidade demográfica dasimétrica e a qualidade dos corpos hídricos na cidade de Ji-Paraná, Rondônia**; Ji-Paraná. UNIR, Trabalho de conclusão de curso (TCC), 2014.

RODRIGUES, J. R. D. D.; JORGE, A. O. C.; UENO, M. **Avaliação da qualidade das águas de duas áreas utilizadas para recreação do Rio Piracuama- SP**. Revista Bociências, UNITAU, Taubaté, v. 15, n.2, 2009.

TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M. B. Water Policy in Brazil. In: **Diagnosis of Water in the Americas**, Edited by Interamerican Network of Academies of Science (IANAS). Academia Mexicana de Ciencias, México, 2013.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. As múltiplas dimensões da crise hídrica. **Revista USP São Paulo**, n. 106, p. 21-30, 2015.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. Integrating ecohydrology, water management, and watershed economy: case studies from Brazil. **Ecohydrology & Hydrobiology**, V.16, N.2, P. 83-91, 2016.

TUNDISI, J.G. (coordenador). **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 76 p.

TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T., TUNDISI, JEM., FARIA, CRL., ABE, DS., BLANCO, F., RODRIGUES FILHO, J., CAMPANELLI, L., SIDAGIS GALLI, C., TEIXEIRA-SILVA, V., DEGANI, R., SOARES, FS. and GATTI JUNIOR, P. Limnological and ecological methods: approaches, and sampling strategies for middle Xingu River in the area of influence of future Belo Monte Power Plant. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 3, p. S16-S29, 2015.

TUCCI, C.E.M. Regulamentação da Drenagem Urbana no Brasil. **REGA**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 29-42, 2016.

SANTOS, T.A.; PAVANELLO, L.F.S.; OLIVEIRA, L.E.; ASSIS, J.P.M.; GOMES, B.M.; MENDONÇA, A.P.; BASTOS, W.R.; NASCIMENTO, E.L. Caracterização limnológica do igarapé Dois de Abril, Ji-Paraná, Rondônia (Amazônia Ocidental). **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Limnologia**, Rio de Janeiro – RJ, 22 a 27 de julho de 2017.

SANTOS, T. A.; NASCIMENTO, E. L.; RAMOS, C. F.; LAUREANO, J. J.; BASTOS, W. R. Sedimentos em suspensão de um igarapé urbano do município de Ji-Paraná: Igarapé Dois de Abril. In: **Xii Encontro Nacional De Engenharia de Sedimentos 2016, Porto Velho - RO**. Amazônia: a nova fronteira para a geração de energia e seus impactos nas descargas sólidas dos rios, 2016.

SANTOS, T. A.; ARAUJO, R. R.; ASSIS, J. P. M.; LIMA, W. E.; ANDRADE, N. L. R.. Estimativa de descargas sólidas em microbacias da Amazônia Ocidental. In: **II Congresso Internacional de Hidrossedimentologia**, 2017, Foz Iguaçu - PR, 2017.

SANTOS, T. A.; LOPES, D. S ; PEREIRA, W. E. L. ; OLIVEIRA, L. E. ; GOMES, M. G. ; NUNES, M. L. A. ; NASCIMENTO, E. L. Impactos ambientais do uso e ocupação urbana na microbacia do igarapé Pintado (JI-PARANÁ, RO). In: **IX Seminário De Pós-Graduação E**

Pesquisa & Ii Simpósio De Inovação, Propriedade Intelectual E Tecnologia, 2018, Porto velho (RO). 2018.

SANTOS, T. A.; ASSIS, J. P. M. ; PAVANELLO, L. F. S. ; FAMBRI, L. S. ; NUNES, M. L. A. ; NASCIMENTO, E. L. Modelagem Ambiental Aplicada Ao Igarapé Dois De Abril: Estudo de caso da capacidade de autodepuração. **Revista: South american journal of basic education, technical and technological**, v. 4, p. 1-177,2018.

SEDAM, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, *Boletim Climatológico de Rondônia – 2010*. Acesso em janeiro de 2016, Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/component/content/article/107-meteorologia/146-boletim-anual>>.

SEDAM, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. Notícias: Plano de Recursos Hídricos será debatido em Ji-paraná. Disponível em: <http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/institucional/noticias/sedam-nos-municipios/4432-plano-de-recursos-hidricos-sera-debatido.html>. Acesso em: 17 de maio de 2017.

SNIS, Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, Diagnósticos de Serviço de Água e Esgotos. Disponível em:< <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>>. Acesso em 16 de fevereiro de 2016.

SILVA. D. P. P. **Avaliação da qualidade da água e do grau de preservação das nascentes urbanas do igarapé Dois de Abril, Ji-paraná/RO**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, 2017.

SILVA, D. P. P.; ANDRADE, N. L. R; ARAUJO, R. R. Qualidade da água em nascentes urbanas do município de Ji-Paraná-RO. **In: Congresso Brasil Norte de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2017, Belém-PA. Anais do I Congresso Brasil Norte de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017.

SILVA, D. P. P.; ARAUJO, R. R; ANDRADE, N. L. R; OROZCO, M. M. D; LOPES, A. H. S. Índice de impacto ambiental em nascentes urbanas amazônicas, Ji-Paraná-RO, Brasil. **In: XXXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS y el 59º Congreso Internacional ACODAL**, 2016, Cartagena. Anais, 2016.

TAVARES, M. C. J; SILVA, A. P. L. **Análise espacial da ocupação da área de preservação permanente da bacia do igarapé 2 de Abril, Ji-Paraná/RO**. In: XIV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental, 2016, Brasília. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2016. v. 3. p. 1034-1034.

TROMBETA, L. R; LEAL, A. C. Planejamento ambiental e geocologia das paisagens: contribuições para a bacia hidrográfica do córrego Guaiçarinha, município de álvares machado, São Paulo, Brasil.**Revista Formação (ONLINE)** Vol. 3; n.23, mai-ago/2016. 187-216. ISSN: 2178-7298. ISSN-L: 1517-543X

VALENTE, O. F; GOMES, M.A. **Conservação de nascentes: produção de água em pequenas bacias hidrográficas**. 2º ed., Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 2015, 267 p.

VILLELA, F. N. J. **Análise decadal do fluxo de CO₂ entre o oceano e a atmosfera na passagem de Drake, Oceano Austral**. São Paulo: USP, 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, 2011.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo. 1975

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3º ed, Belo Horizonte, UFMG. 2005.

VON SPERLING, E. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v. 1. 4ºed. Editora UFMG- Belo Horizonte. p. 13-451, 2018.

VON SPERLING, E. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. v. 7. 2ºed. Editora UFMG- Belo Horizonte. p. 21-574, 2014.

WEBLER, A. D. ET AL. Mudanças no uso da terra e o particionamento de energia no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n. 8, 2013.

ZABOT, C. de M. **A bacia hidrográfica como espaço de governança intersetorial integrada de recursos hídricos**. TCC (especialização) - Pós-Graduação em Direito Ambiental do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Para, Curitiba, 2013.