



Caracterização da Qualidade de Águas Superficiais em Rondônia
Quality Characterization of Surface Water in Rondônia

Catia Eliza Zuffo¹; Gerson Flôres Nascimento¹;
Francisco de Assis Matos de Abreu² & Itabaraci Nazareno Cavalcante³

¹ Universidade Federal de Rondônia, Grupo Acqua Viva- UNIR – Núcleo de Ciências Exatas e da Terra - – UNIR, Campus José Ribeiro Filho, Prédio do CEGEA. 76801-059 - Porto Velho/RO.

² Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém - PA – Brasil. Caixa Postal 1611, Cidade Universitária Prof. José da Silveira Neto, 66075-900, Belém/PA.

³ Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Campus Universitário do Pici Departamento de Geologia Blocos 912/913. 60450-000 Fortaleza/CE.

E-mails: catiazuffo@unir.br; gersonfn@unir.br; famatos@ufpa.br; ita@fortalnet.com.br

Recebido em: 12/08/2012 Aprovado em: 21/06/2013

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2013_2_25_39

Resumo

Com vista a contribuir e aprimorar o processo de gestão das águas rondonienses em andamento, os resultados de análises físico-químicas e bacteriológicas das águas de rios, a partir de amostras coletadas em 64 pontos, constantes nos arquivos do 2º Zoneamento Sócioeconômico-Ecológico do Estado de Rondônia – 2º ZSEE/RO, apresentados por rio ou igarapé e município, foram tratados e reorganizados por bacia hidrográfica, através do uso de planilha eletrônica “Excel” e do software *Statistica*. Buscou-se a caracterização da qualidade de águas superficiais nas principais bacias hidrográficas do Estado de Rondônia, considerando propriedades físicas e organolépticas, químicas e bacteriológicas. Também foram feitas avaliação da potabilidade e do índice de qualidade de água - IQA. Com as análises foram obtidas informações descritivas e, para testar o ajuste dos dados à distribuição normal, foi utilizado o método de Shapiro-Wilk. O estudo permitiu concluir que as águas superficiais analisadas em geral excederam os padrões bacteriológicos de potabilidade, necessitando de tratamento por cloração ou fervura e prévia filtração para consumo humano.

Palavras-Chave: Qualidade das Águas; Águas Superficiais; Rondônia

Abstract

In order to contribute and improve the process of water management in progress in Rondônia, the results of physico-chemical and bacteriological waters from rivers, samples collected at 64 points, on file with the second Socioeconomic-Ecological of the Rondônia State - 2nd ZSEE / RO, presented by river or creek and municipality, were treated and rearranged by basin, through the use of spreadsheet “Excel” and Statistica software. It sought to characterize the quality of surface water in major river basins in the State of Rondônia, considering physical and organoleptic properties, chemical and bacteriological. It has also been made and assessing the potability of water quality index - IQA. With the analyzes were obtained descriptive information, and to test the fit of the data to the normal distribution, it used the method of Shapiro-Wilk. The study concluded that surface water generally analyzed exceeded the bacteriological standards of potability, requiring treatment by chlorination or boiling and filtration prior to human consumption.

Keywords: Water Quality, Surface Water; Rondônia

1 Introdução

A demanda por água potável é cada vez mais incrementada, pois o aumento do adensamento populacional implica no aumento do volume de produção de alimentos e serviços, o que, por sua vez, implica o aumento do consumo de água. Diziam Freitas e Santos, apud Freitas (1999), que a demanda mundial por água de boa qualidade cresce a uma taxa maior que a da renovabilidade do ciclo hidrológico e tende a se tornar uma das maiores pressões antrópicas sobre os recursos naturais do planeta, no século XXI.

O Brasil tem a maior disponibilidade hídrica da Terra, a água da Amazônia corresponde aproximadamente a 70% da disponibilidade de água doce no Brasil (Freitas, 2003). Mesmo com esse percentual elevado de disponibilidade de água doce, as informações sobre qualidade de água no Brasil não são satisfatórias em várias bacias hidrográficas. Dados oficiais indicaram que somente nove unidades da federação possuíam sistemas de monitoramento da qualidade da água considerados ótimos ou muito bons, cinco com sistemas bons ou regulares e treze apresentavam sistemas fracos ou incipientes (BRASIL, 2005).

Com o intuito de melhorar o gerenciamento de recursos hídricos no Brasil, o Ministério do Meio Ambiente agrupou os estados da federação tendo por base quatro aspectos: porcentagem das bacias hidrográficas monitoradas; tipos de parâmetros analisados (pH, turbidez, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido e determinação de vazão); frequência de amostragem e; forma de disponibilização da informação pelos estados (BRASIL, 2002).

O Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA lançado pela Agência Nacional de Águas – ANA, que visa à ampliação do conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil, também possui rede de monitoramento para avaliação da qualidade das águas de Rondônia (ANA, 2012).

A preocupação jurídica com a gestão de recursos hídricos no Brasil é secular, conforme descrição cronológica de Masson (2005). Em Rondônia, essa preocupação teve início com o advento da constituição estadual, em 1989 (RONDÔNIA, 1989).

Localizado na porção sudoeste da Amazônia Legal Brasileira, o Estado de Rondônia é constituído por 52 municípios, que fazem parte de uma área de transição (Figura 1) entre os domínios morfoclimáticos amazônico e do cerrado, tendo um

clima quente, com período mais chuvoso de outubro a abril, que se reflete na vegetação, recarga dos aquíferos e drenagem superficial.

A política Rondoniense de Recursos Hídricos foi instituída pela Lei Complementar nº 255, de 25 de janeiro de 2002, com objetivo de promover o uso racional, múltiplo e o gerenciamento integrado das águas de domínio do Estado, superficiais e subterrâneas (RONDÔNIA, 2002b).

Os trabalhos científicos existentes, referentes às águas superficiais de Rondônia, em sua grande maioria, concentram-se nas áreas das bacias hidrográficas dos rios Madeira, Jamari e Ji-Paraná. Sobre as propriedades químicas nas águas superficiais, o trabalho de Pessenda *et al.* (1986) aparece como um dos pioneiros.

Nas Tabelas de 1 a 5 apresentadas a seguir, há uma síntese dos trabalhos encontrados, contendo aspectos relacionados à qualidade das águas superficiais rondonienses – muitos dos quais têm por base a Resolução CONAMA nº 20/86 (BRASIL, 1986) – vigente na época dos estudos.

O mais abrangente trabalho identificado no contexto estadual, abordando a qualidade das águas superficiais de Rondônia, foi o relatório técnico de Hidrologia do 2º Zoneamento Socioeconômico-Ecológico do Estado de Rondônia (RONDÔNIA, 1998 apud Zuffo, 2010). Os dados disponibilizados naquele trabalho foram apresentados por rio/município, o que motivou a realização do estudo aqui apresentado, o qual buscou reorganizá-los por bacia hidrográfica, visando à caracterização das águas superficiais e, por conseguinte, a contribuição ao processo de gestão das águas rondonienses em andamento.

Os princípios básicos, objetivos e diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos de Rondônia e os instrumentos de gestão foram reafirmados no Decreto nº 10.114, de 20 de setembro de 2002, que regulamenta a Lei Complementar nº 255. Nesse decreto foi definido que o órgão gestor estadual é a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM e são apresentadas as sete bacias hidrográficas em que o Estado está dividido: rio Guaporé com 59.339 km², rio Mamoré com 22.790 km², rio Abunã com 4.792 km², rio Madeira com 31.422 km², rio Jamari com 29.102 km², rio Machado com 75.838 km² e rio Roosevelt com 15.638 km² (RONDÔNIA, 2002a; SEDAM, 2002). Apenas as bacias dos rios Abunã e Roosevelt, não foram incluídas neste trabalho, por falta de amostragem (Figura 1).

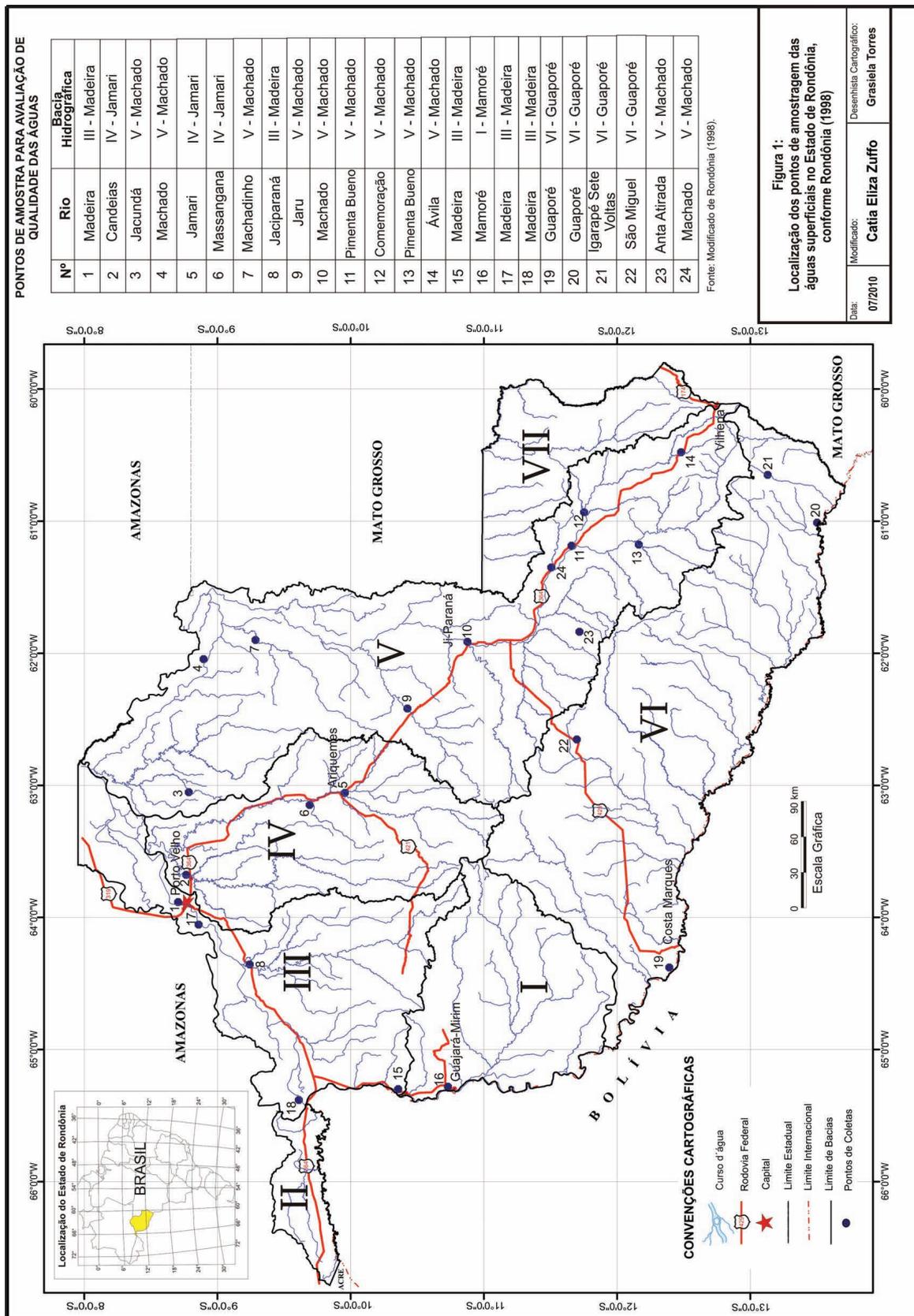


Figura 1 Localização dos pontos de amostragem das águas superficiais no Estado de Rondônia, conforme RONDÔNIA (1998)

Caracterização da Qualidade de Águas Superficiais em Rondônia

Catia Eliza Zuffo; Gerson Flôres Nascimento; Francisco de Assis Matos de Abreu & Itabaraci Nazareno Cavalcante

Autoria	Área Analisada	Resultado(s)
Zuffo – coord. (2001)	Bacia do Igarapé Tapado – em Guajará-Mirim	Os parâmetros bacteriológicos foram os mais alterados e as concentrações de zinco foram as mais preocupantes entre os metais pesados.

Tabela 1 Informações sobre a qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Mamoré.

Autoria	Área Analisada	Resultado(s)
Pacios <i>et al.</i> (1998)	Igarapé dos Tanques em Porto Velho	Polição hídrica considerável face à urbanização de Porto Velho.
Pinto <i>et al.</i> (1999)	Igarapé Bate-Estacas em Porto Velho	Restrições para utilização das águas do Igarapé Bate-Estacas, a partir do médio curso.
Nascimento <i>et al.</i> (2006)	Bacia do rio Madeira	Níveis de mercúrio encontrados no plâncton do lago Puruzinho indicaram contaminação significativa por mercúrio total.
Lima (2007)	Águas coletadas no Rio Madeira em Porto Velho	Águas superficiais não apropriadas para consumo humano sem prévio tratamento convencional em função do elevado teor de turbidez e cor.
Martins & Santos (2007)	Igarapé da área do lixo de Porto Velho	Valores de coliformes no Igarapé que drena a área do "lixão" encontram-se acima do recomendado.
Souza (2008)	Igarapé Bate-Estacas em Porto Velho	pH ácido e concentrações de cálcio, magnésio e oxigênio dissolvido abaixo dos padrões estabelecidos.
Bernardi <i>et al.</i> (2009)	Rio Madeira e seus tributários	Influência do pH, da condutividade e dos sólidos em suspensão na variabilidade total da hidroquímica.
Ferreira <i>et al.</i> (2009)	Igarapé Belmont em Porto Velho	Águas com altos teores de contaminação por resíduos domésticos urbanos em Porto Velho.
Galvão <i>et al.</i> (2009)	Rio Madeira	Concentrações de metais-traço influenciadas por alteração no uso do solo que resultaram em alteração da exportação de material sólido aos rios.
Vergotti <i>et al.</i> (2009)	Bacia do rio Madeira	Acúmulo de Hg nos sedimentos preocupa, pela possibilidade de incorporação em peixes da região.

Tabela 2 Informações sobre a qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Madeira.

Autoria	Área Analisada	Resultado(s)
Zuffo (1997)	Bacia do Igarapé Tapagem – Candeias do Jamari	Águas com considerável grau de homogeneidade quanto aos aspectos físico-químicos e bacteriológicos que se enquadravam na classe II da Resolução CONAMA nº 20/86.
Campos & Reis (2002)	Principais bacias hidrográficas de Ariquemes	Amostras apresentaram concentrações de Oxigênio Consumido abaixo do limite mínimo e teores de Nitrito com valores acima do estabelecido pela Resolução 20/86 do CONAMA.
Silva (2006)	Microbacia do rio Preto do Candeias	Proposta de avaliação integrada de qualidade de água em distintas classes de uso do solo.
Almeida Sobrinho (2006)	Sub-bacia hidrográfica do baixo rio Candeias	Condições satisfatórias para criação de tanques-rede como forma de implementar políticas públicas.
Martins (2009)	Sub-bacia hidrográfica do rio Candeias	Teores elevados de matéria orgânica e concentrações de oxigênio dissolvido com valor abaixo do mínimo indicado pela resolução 357/2005 do CONAMA.
Nascimento <i>et al.</i> (2009)	Reservatório da UHE Samuel – Rio Jamari	Flutuações temporais dos organismos planctônicos do reservatório da UHE-Samuel X entrada de Hg no ambiente e das influências dos parâmetros físico-químicos na coluna d'água pesquisada.

Tabela 3 Informações sobre a qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Jamari.

Autoria	Área Analisada	Resultado(s)
Reis <i>et al.</i> (1998)	Principais bacias hidrográficas de Pimenta Bueno	Apesar do IQA = 60,57 (Qualidade Boa), vários parâmetros apresentaram valores fora dos padrões permitidos para águas de classe II, segundo Resolução 20/86 do CONAMA.
Pereira (1999)	Igarapé Mepará de Ji-Paraná	Grau de poluição preocupante principalmente devido ao aumento de efluentes domésticos
Bolson <i>et al.</i> (2002)	Rios Urupá e Ji-Paraná	As concentrações de oxigênio orgânico dissolvido no rio Ji-Paraná apresentaram valores maiores do que as concentrações do rio Urupá, no período da pesquisa.
Gouveia Neto <i>et al.</i> (2002)	Rios Urupá e Ji-Paraná	A condutividade elétrica dos rios em estudo apresenta tendências opostas, sendo maiores para o Urupá e menores para o Ji-Paraná no período seco e na cheia, ocorre o inverso.
Cogo <i>et al.</i> (2005)	Rio Machado	Os sedimentos promoveram um aumento das taxas respiratórias dos peixes.
Gouveia Neto <i>et al.</i> (2005)	Área de fazenda na Bacia do rio Machado	Foi identificada concentração de carbono orgânico dissolvido (COD) com valores maiores na água que sai da pastagem do que na água que sai da floresta.

Tabela 4 Informações sobre a qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Machado.

Autoria	Área Analisada	Resultado(s)
Silva & Zuffo (2004)	Alto e médio Rio Branco	O mau uso da terra vem causando assoreamento de canais fluviais e a contaminação das águas por agrotóxicos.

Tabela 5 Informações sobre a qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Guaporé.

2 Materiais e Métodos

A localização dos pontos de amostragem foi baseada principalmente nos seguintes critérios: cursos de água cuja bacia hidrográfica seja representativa no Estado de Rondônia; áreas de intensa pressão antrópica; locais com comunicação terrestre que possibilitem o acesso nas diferentes épocas do ano; coincidência, na medida do possível, com locais de postos fluviométricos, onde os deflúvios são mais conhecidos. Em cada local, tomaram-se três amostras, em pontos diferentes, separados entre si a uma distância aproximada de 100m.

As amostras foram colhidas em três campanhas (campanha 1, campanha 2 e campanha 3). A campanha 1 foi realizada no período de dezembro de 1996 a janeiro de 1997, em cursos de água com alto deflúvio, sendo coletadas 16 amostras em 16 pontos de amostragem, uma amostra em cada local. Na campanha 2, foram coletadas 24 amostras, sendo 16 coletadas nos pontos de coleta da campanha 1 e 8 amostras em 8 novos pontos, tendo sido executada no período de maio a junho de 1997, em cursos de água com médio deflúvio. Em setembro de 1997, foi realizada a campanha 3 em cursos de água com baixo deflúvio, sendo coletadas 24 amostras em 24 pontos, uma amostra em cada local, repetindo-se a coleta nos 16 pontos iniciais (campanha 1) e nos 8 pontos acrescidos a partir da campanha 2.

A coleta e a análise laboratorial das amostras foram realizadas pelo laboratório da Companhia de Água e Esgotos de Rondônia – CAERD. A extração das amostras foi feita com o amostrador “Garrafa de Meyer” (Porto *et al.*, 1991), em uma profundidade aproximada de 0,5 m e em geral no interior dos cursos de água, com utilização de balsa, um pouco afastado da margem, em água sem estancar. No momento da coleta, foi determinada a temperatura da água e do ar, e a estabilização foi realizada com ácido sulfúrico e com ácido clorídrico. A refrigeração foi feita com gelo em caixas de isopor e as amostras foram levadas ao laboratório para o início das análises antes de 24 horas do momento da extração.

Para a caracterização da qualidade de águas superficiais em 5 das principais bacias hidrográficas do Estado de Rondônia, foram consideradas propriedades físicas e organolépticas (temperatura, cor, turbidez e odor), químicas (potencial hidrogeniônico, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, cloreto, ferro total, sulfato, dureza e alcalinidade, sólidos totais, nitrogênio nítrico, nitrogênio nítrico, gás carbônico livre) e bacteriológicas (número mais provável de coliformes totais e número mais provável de coliformes fecais).

Após coleta e análise laboratorial das amostras, os dados foram organizados em planilha eletrônica, considerando o valor médio das três amostras coletadas em cada ponto, para cada uma das três fases. Com a utilização do software *Statistica*, foram obtidas informações descritivas sobre valores de mínimo, máximo, média, moda, desvio padrão, intervalo de confiança e coeficiente de variação (Bussab & Morettin, 2002; Fonseca, 1985; Gomes, 1990; Naghettini & Pinto, 2007) e, para testar o ajuste dos dados à distribuição normal, foi utilizado o método de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965; Landim, 2003).

Considerando a existência de trabalhos que descrevem detalhadamente as características e a importância de cada parâmetro analisado quanto aos aspectos físico-químicos e bacteriológicos, em relação à qualidade de águas, a exemplo de Oliveira (1987), Agudo (1988), Porto *et al.* (1991), inclusive algumas publicações de Rondônia, como Reis *et al.* (1998), RONDÔNIA (1998), Zuffo (1999), Campos & Reis (2002), optou-se, neste trabalho, por apresentar e analisar somente os resultados obtidos, a partir do recorte espacial – bacia hidrográfica aplicado a esta pesquisa.

Os valores encontrados para as propriedades físicas, químicas, bacteriológicas e organolépticas das águas foram comparados com os parâmetros estabelecidos na Resolução nº 357/2005, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2005b) e, para os valores de dureza total, foi utilizada a Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005a). De acordo com a classificação dos corpos de água, capítulo II da Resolução nº 357/2005 do CONAMA, para efeitos de comparação, as águas das bacias hidrográficas estudadas foram classificadas como de classe 3, que são águas destinadas para: “abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário; e dessedentação de animais”.

O índice de qualidade de água (IQA) foi proposto com base em 9 parâmetros: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), nitratos, oxigênio dissolvido, sólidos totais, coliformes fecais e fosfatos (RONDÔNIA, 1998; Souza & Libânio, 2009); neste trabalho, o IQA foi calculado com base

na relação $IQA = \sum Q_i \cdot W_i$ (RONDÔNIA, 1998;

Souza & Libânio, 2009), sendo W_i um peso atribuído a cada parâmetro de acordo com o seu grau de

importância na qualidade, variando entre 0 e 1 ($\sum W_i = 1$), e Q_i o valor correspondente da

medição do parâmetro. Devido ao fato de não contar com os valores de medição de fosfatos, os cálculos do IQA foram feitos com 8 parâmetros, distribuindo o peso W_i dos fosfatos na proporção da influência de cada parâmetro no índice. A Tabela 6 a seguir mostra os pesos ajustados que foram utilizados neste trabalho:

Parâmetro	W_i	W_i Ajustado
Oxigênio Dissolvido	0,17	0,19
Coliformes fecais	0,15	0,17
pH	0,12	0,13
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10	0,11
Nitratos	0,10	0,11
Varição de Temperatura	0,10	0,11
Turbidez	0,08	0,09
Resíduos Totais	0,08	0,09
Fosfatos	0,10	-

Tabela 6 Distribuição dos pesos utilizados no cálculo do IQA (Fonte: Adaptado de Souza & Libânio, 2009).

Como o IQA é um valor que varia de 0 a 100, neste trabalho foi adotada a classificação constante em RONDÔNIA, (1998) e Souza & Libânio (2009), que consideram os seguintes intervalos: $0 < IQA \leq 25$ (água muito ruim), $25 < IQA \leq 50$ (água ruim), $50 < IQA \leq 70$ (água média), $70 < IQA \leq 90$ (água boa) e $90 < IQA \leq 100$ (água excelente).

3 Resultados e Discussões

Foram coletadas 64 amostras em 24 pontos. Na Tabela 7 está a relação dos pontos, nos quais foram coletadas amostras nas fases 1, 2 e 3, sendo uma amostra por ponto em cada fase, totalizando, assim 48 amostras nas três fases.

Por questões associadas à representatividade das bacias hidrográficas em estudo, foram acrescentadas, a partir da segunda campanha, oito pontos para amostragem, onde foram coletadas 16 amostras, oito na segunda campanha e oito na terceira campanha. A Tabela 8 mostra com detalhes, os 8 pontos acrescentados.

Considerando os dados das tabelas 7 e 8, obteve-se o número de amostras por bacia hidrográfica, conforme Tabela 9.

Após a obtenção dos resultados analíticos das amostras de águas superficiais, foi realizada a análise numérica simples e foram obtidos alguns

Bacia	Ponto N°	Detalhes de Localização	Coordenadas Geográficas	
			Latitude S	Longitude O
Mamoré	16	Cidade de Guajará-Mirim, a jusante da cachoeira de Guajará Açu	10° 46' 25,52"	65° 19' 36,00"
Madeira	1	Local da balsa de passagem do rio para a estrada de Manaus.	08° 45' 44,92"	63° 55' 0,29"
	8	Ponte na BR-364.	09° 15' 30,37"	64° 24' 16,32"
	15	A jusante da cachoeira do Ribeirão, junto a BR-425.	10° 13' 36,14"	65° 16' 42,26"
Jamari	2	Ponte na BR-364.	08° 47' 52,86"	63° 43' 2,65"
	3	Cruzamento da BR-452 que vai para Santa Maria.	09° 10' 46,89"	62° 57' 1,25"
	5	Ponte na BR-421 que vai para Montenegro.	09° 53' 53,30"	63° 3' 49,04"
	6	Cruzamento da BR-459 que vai para Alto Paraíso e garimpo Bom Futuro.	09° 41' 34,91"	63° 8' 25,15"
	7	Cruzamento da estrada 205 que sai de Machadinho na direção Oeste.	09° 16' 0,73"	61° 50' 54,73"
Machado	4	Localidade de Tabajara.	08° 54' 57,78"	62° 7' 17,35"
	9	Ponte na BR-364.	10° 26' 37,18"	62° 27' 49,46"
	10	Ponte na BR-364.	10° 52' 28,77"	61° 57' 14,46"
	11	Ponte da estrada 010 que vai para Rolim de Moura.	11° 40' 26,73"	61° 9' 51,85"
	12	Cruzamento da BR-482 que vai para a mina de calcário.	11° 51' 9,23"	60° 43' 16,56"
	13	Final da BR-496 que vai para usina de álcool.	12° 20' 42,72"	61° 2' 51,37"
	14	Ponte da BR-364.	12° 32' 4,51"	60° 21' 28,57"

Tabela 7 Pontos amostrados nas campanhas 1, 2 e 3 (Fonte: adaptado de RONDÔNIA, 1998)

Bacia	Ponto N°	Detalhe da Localização	Coordenadas Geográficas	
			Latitude S	Longitude S
Madeira	17	A jusante da Cachoeira Teotônio	10° 46' 25,52"	10° 46' 25,52"
	18	A jusante da foz do rio Abunã	08° 45' 44,92"	08° 45' 44,92"
Machado	23	A jusante do cruzamento da BR-383 que vai de Rolim de Moura para Santa Luzia D'Oeste	09° 15' 30,37"	09° 15' 30,37"
	24	A montante da cidade de Cacoal	10° 13' 36,14"	10° 13' 36,14"
Guaporé	19	No Forte Príncipe da Beira	08° 47' 52,86"	08° 47' 52,86"
	20	Na cidade de Pimenteirais	09° 10' 46,89"	09° 10' 46,89"
	21	Na área da captação d'água para abastecimento de Colorado do Oeste	09° 53' 53,30"	09° 53' 53,30"
	22	A jusante do cruzamento da BR-429	09° 41' 34,91"	09° 41' 34,91"

Tabela 8 Pontos acrescentados para amostragem nas campanhas 2 e 3 (Fonte: adaptado de RONDÔNIA, 1998).

Bacia Hidrográfica	Número de Pontos
Mamoré	3
Madeira	13
Jamari	9
Machado	31
Guaporé	8
Total	64

Tabela 9 Pontos acrescentados para amostragem nas campanhas 2 e 3 (Fonte: adaptado de RONDÔNIA, 1998).

parâmetros estatísticos como valor mínimo, valor máximo, valor médio e desvio padrão dos distintos parâmetros analisados, nos pontos amostrados das bacias hidrográficas estudadas. Para testar o ajuste dos dados à distribuição normal, foi utilizado o método de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965; Landim, 2003).

3.1 Propriedades Físicas e Organolépticas

3.1.1 Temperatura

Dentre as bacias hidrográficas estudadas, foi observado que a maior variação de temperatura ocorreu na bacia hidrográfica do Machado, sendo a mínima de 21° C (nos pontos 12 e 14 coletados em 05/06/1997 – período de possível influência da Massa Polar Atlântica, através do fenômeno denominado regionalmente de “friagem”) e a máxima de 33° C (no ponto 7 coletado em 17/09/1997). Mesmo com variação de 12°C dentro da bacia, é importante observar que, nos locais de menor temperatura, nos pontos 12 e 14, os valores de máxima temperatura foram de 25°C e 24°C, respectivamente; no ponto de ocorrência de maior temperatura da bacia, o valor da mínima foi de 27°C.

Registre-se que a variação de temperatura nesses pontos amostrados não excedeu 6°C. A menor variação de temperatura das bacias estudadas foi de 1,5°C, identificada na bacia do rio Mamoré.

Na bacia hidrográfica do rio Madeira, as temperaturas mínima e máxima foram identificadas nos pontos 1 e 8, respectivamente; na bacia do rio Jamari, nos pontos 2 e 7, foram identificadas as temperaturas mínima e máxima, respectivamente; na bacia do Guaporé, a temperatura mínima foi registrada no ponto 22 e a máxima nos pontos 19 e 22.

O capítulo IV da Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005b) trata das condições e padrões de lançamento de efluentes, mesmo não definindo limites de tolerância para temperatura de águas doces e salobras, determinando, em seu artigo 34, que “a temperatura do corpo receptor de águas seja inferior a 40°C com variação de temperatura inferior a 3°C na zona de mistura”.

Todos os pontos amostrados apresentaram temperatura da água inferior a 40°C, conforme dados da Tabela 10.

A Tabela 11 mostra a variação de temperatura da água em alguns trabalhos realizados nas bacias hidrográficas dos rios Mamoré, Madeira, Jamari e Machado.

3.1.2 Cor

Pelos dados da Tabela 12 é possível identificar que os maiores valores médios significativos de cor ocorreram nas bacias dos rios Madeira e Mamoré e ficaram acima de 75 mgPt/l, que é o valor máximo

Temperatura	Bacia Hidrográfica				
	Mamoré	Madeira	Jamari	Machado	Guaporé
Mínima (°C)	26,5	24,3	23	21	23
Máxima (°C)	28	29	28	33	29
Varição (°C)	1,5	4,7	5	12	6

Tabela 10 Quantidade de amostras coletadas (Fonte: adaptado de RONDÔNIA, 1998).

Bacia Hidrográfica	Autor	Temp. Min. (°C)	Temp. Máx. (°C)
Mamoré	Bernardi <i>et al.</i> (2009)	28,4	30,5
Madeira	Martins <i>et al.</i> (2007)	23	26,2
	Souza (2008)	26	30
	Bernardi <i>et al.</i> (2009)	27	30
Jamari	Silva (2006)	26	29
	Almeida Sobrinho (2006)	25	30
Machado	Reis <i>et al.</i> (1998)	26	29

Tabela 11 Temperatura da água nas bacias hidrográficas estudadas (Fonte: adaptada de RONDÔNIA, 1998).

Bacia Hidrográfica	Cor (mgPt/l)			Turbidez (UNT)		
	Mín	Médio	Máx	Mín	Médio	Máx
Mamoré	50,00	141,67	250,00	28,00	85,67	180,00
Madeira	20,00	110,87	250,00	6,00	76,97	260,00
Jamari	13,33	47,41	110,00	5,20	13,10	28,67
Machado	5,00	50,20	140,00	1,47	14,99	50,00
Guaporé	20,00	62,50	175,00	1,90	20,62	82,00

Tabela 12 Valores de propriedades físicas nas bacias hidrográficas estudadas (Fonte: adaptada de RONDÔNIA, 1998).

permitido para a cor verdadeira das águas doces classificadas como de classe 3 na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, parágrafo I, letra m (BRASIL, 2005b).

Das três campanhas realizadas, foram identificados os valores de máximos na primeira campanha e os de mínimo na terceira campanha, coincidindo com as vazões máximas e mínimas, respectivamente.

Muito embora os valores médios das bacias hidrográficas dos rios Jamari, Machado e Guaporé tenham sido abaixo de 75 mgPt/L, identificou-se que os valores máximos de coloração nessas bacias foram de 110 mgPt/L, 140 mgPt/L e 175 mgPt/L, respectivamente; ultrapassando também o limite estabelecido na Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Destaca-se que Silva (2006) apresentou valor médio de 46,44 mgPt/L para coloração de águas na bacia hidrográfica do rio Jamari.

3.1.3 Turbidez

As águas das bacias hidrográficas dos rios Madeira e Mamoré apresentaram aspecto predominantemente turvo e nas bacias dos rios Jamari, Machado e Guaporé, o aspecto predominante foi o ligeiramente turvo. A campanha 2 de amostragem apresentou valores de turbidez, geralmente muito mais baixos do que na campanha 1, devido à diferença de deflúvios dos rios. O valor mais baixo foi identificado nas duas primeiras campanhas, no ponto 14 na bacia hidrográfica do rio Machado, com 2,1 UNT na primeira campanha e 1,47 UNT na segunda campanha. Na campanha 3, os valores foram ligeiramente inferiores aos da campanha 2. Os valores de turbidez mais elevados foram encontrados nos rios Mamoré (180 UNT) e Madeira (260 UNT).

De acordo com a classificação de águas doces de classe 3, na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, parágrafo I, letra 1 (BRASIL, 2005b), o limite máximo de turbidez é de 100 unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

Todos os valores de turbidez encontrados nas bacias hidrográficas dos rios Jamari, Machado e Guaporé ficaram abaixo do limite estabelecido na Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Os valores de turbidez encontrados por Silva (2006), na bacia do rio Jamari, e por Reis *et al.* (1998), na bacia do rio Machado, também ficaram abaixo do limite estabelecido pela referida resolução. Na Tabela 12, são mostrados os valores de cor e turbidez estudados nas bacias hidrográficas dos rios Mamoré, Madeira, Jamari, Machado e Guaporé.

3.1.4 Odor

Apenas a terceira amostra coletada no local de número 6 (rio Massangana), na bacia hidrográfica do rio Jamari, na 3ª campanha, apresentou odor.

3.2 Propriedades Químicas

3.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os maiores valores de pH foram registrados na campanha 1 e os menores na campanha 2. É importante observar que no ponto 14 (rio Ávila em Vilhena), na bacia hidrográfica do rio Machado, o pH relativamente baixo nas campanhas 1 e 2, de 4,7 e 4,99, respectivamente, são relacionados a um contexto de poluição decorrente de efluentes urbanos. Também foi observado um pH de 4,91, na

campanha 3 do ponto 13 (Rio Pimenta Bueno, no final da estrada 496) na bacia do rio Machado. Em alguns trabalhos, nesta mesma bacia hidrográfica, foram encontrados valores médios de pH, próximos ao valor mencionado, como por exemplo: pH igual

Bacia Hidrográfica	Autor	pH Mínimo	pH Máximo
Mamoré	Bernardi <i>et al.</i> (2009)	5,9	7,5
Madeira	Pessenda <i>et al.</i> (1986)	6,0	6,6
	Martins & Santos (2007)	5,5	6,6
	Lima (2007)	5,0	5,5
	Souza (2008)	5,0	5,0
	Bernardi <i>et al.</i> (2009)	6,5	7,2
Jamari	Pessenda <i>et al.</i> (1986)	5,9	5,9
	Silva (2006)	4,9	7,2
	Almeida Sobrinho (2006)	3,9	5,6
Machado	Pessenda <i>et al.</i> (1986)	6,4	6,4
	Reis <i>et al.</i> (1998)	4,8	7,0

Tabela 13 Valores de pH em bacias hidrográficas de Rondônia.

a 6,40 por Pessenda *et al.* (1986), pH igual a 6,01 por Rondônia (1998) e pH igual a 5,13 por Morais (1998), conforme dados expostos na Tabela 13.

Nas águas doces classificadas como de classe 3, na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, parágrafo I, letra n (BRASIL, 2005b), o pH pode variar de 6,0 até 9,0.

De acordo com os dados da Tabela 13, alguns pesquisadores encontraram valores fora dos parâmetros estabelecidos pela Resolução nº 518/2005 do CONAMA: Bernardi *et al.* (2009) na bacia hidrográfica do Mamoré; Martins & Santos. (2007), Lima (2007) e Souza (2008) na bacia do Madeira; Pessenda *et al.* (1986), Silva (2006), Almeida Sobrinho (2006) na bacia do Jamari e; Reis *et al.* (1998) na bacia do Machado.

3.2.2 Oxigênio Dissolvido

Em algumas amostras das bacias hidrográficas estudadas foram encontrados valores abaixo de 4 mg/L O₂, que é o valor mínimo de oxigênio dissolvido estabelecido na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, parágrafo I, letra j (BRASIL, 2005b). É importante observar

que a análise do oxigênio dissolvido foi realizada em laboratório e não no local de amostragem; além disso, os locais amostrados com valores de oxigênio dissolvido abaixo do estabelecido pela resolução citada foram locais associados a atividades de pecuária e, por isto, uma hipótese provável, é que os valores baixos de oxigênio dissolvido estejam relacionados com a maior contribuição de matéria orgânica nestes locais de coleta. Tal relação ocorre porque adição de matéria orgânica nos cursos d'água consome oxigênio, através da oxidação química e bioquímica, via respiração dos microorganismos, depurando assim a matéria orgânica (Valente *et al.*, 1997).

Em situações similares a que foram expostas anteriormente, nos trabalhos de Silva (2006) e Almeida Sobrinho (2006) na bacia do rio Jamari, foram encontrados valores de oxigênio dissolvido abaixo do mínimo estabelecido pela citada resolução.

3.2.3 Oxigênio Dissolvido, DBO₅ e DQO

A avaliação dos dados das campanhas levou à conclusão de que os dados mais confiáveis corresponderam à 2ª campanha, sobre a qual a Figura 2 apresenta a relação entre oxigênio dissolvido, DBO₅ e DQO.

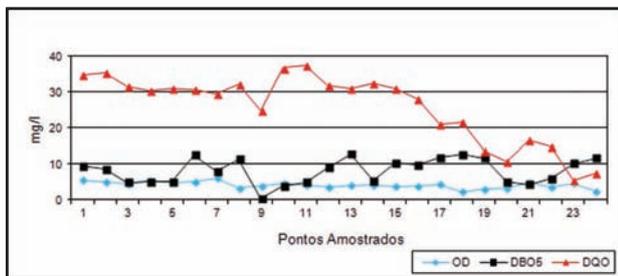


Figura 2 Valores médios de OD, DBO₅ e DQO (Fonte: adaptada de RONDÔNIA, 1998).

A demanda bioquímica de oxigênio a 20° C de temperatura e 5 dias de tempo de reação (DBO₅) máxima é de 10 mg/L O₂, estabelecida na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, parágrafo I, letra i.

3.2.4 Cloreto

O teor de cloreto na água, nos pontos de amostragem foi inferior a 10 mg/L Cl (Tabela 14). Na maioria dos pontos, o valor foi insignificante. As maiores concentrações foram observadas nas

bacias hidrográficas dos rios Jamari (ponto 6 - rio Massangana) e Machado (ponto 23 - rio Anta Atirada), em amostras da 3ª campanha, que coincidem com altos teores de sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio - DBO₅, e no caso do ponto número 6, odor, o que indica a presença de descargas poluentes a montante desses pontos.

Das cinco bacias hidrográficas pesquisadas, a maior concentração de teor de cloreto foi de 61,6 mg/L Cl (Tabela 14), registrado na bacia do rio Jamari, sendo que nessa bacia também foi registrada a maior variabilidade, medida pelo coeficiente de variação, que ficou em 230%. Nesse caso, todas as bacias hidrográficas apresentaram dados com teores de cloreto bem abaixo do valor máximo permitido que é de 250 mg/L Cl, estabelecido na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, parágrafo II.

3.2.5 Ferro Total

O teor de ferro total, nas cinco bacias hidrográficas estudadas, apresentou concentração máxima igual a 0,2 mg/L Fe, com média de 0,1 mg/L Fe e desvio padrão de 0,04 (Tabela 14), o que permitiu concluir que não houve variabilidade entre as bacias, quanto ao teor de ferro total.

Como o valor máximo permitido para o teor de ferro é de 5 mg/L Fe, estabelecido na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, parágrafo II, conclui-se que todos os valores de ferro encontrados nas cinco bacias hidrográficas estudadas estão dentro do padrão estabelecido pela aludida resolução.

3.2.6 Sulfato

A maior concentração do teor de sulfato registrada, nas cinco bacias pesquisadas, foi de 15,9 mg/l SO₄ (Tabela 14), na bacia do rio Madeira, ficando abaixo do valor máximo que é de 250 mg/L SO₄, estabelecido na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, parágrafo II.

Geralmente, os valores foram insignificantes, exceto os valores nos pontos: 1, 15, 16, 17, e 18, a jusante da desembocadura do Guaporé no Mamoré, e no ponto 8 do rio Jaciparaná.

3.2.7 Dureza e Alcalinidade

Os valores registrados para esses parâmetros, nas três campanhas, são muito baixos, o que revelou

juntamente aos valores de cloreto baixos, leitões de rio sobre solos de matriz de sílica (RONDÔNIA, 1998). Os valores máximos encontrados foram na bacia hidrográfica do rio Madeira, com 38 mg/L para dureza total, 10 mg/L para dureza em cálcio e 3,6 mg/L para dureza em magnésio (Tabela 14).

3.2.8 Sólidos Totais

Os conteúdos máximos de sólidos foram registrados na 1ª campanha, na época do início das chuvas. Contudo, às vezes, os máximos aconteceram na 2ª campanha final do período de chuvas e 3ª campanha meados do período de estiagem, normalmente associados à ocorrência de chuvas significativas sobre as bacias correspondentes, nos dias anteriores à coleta. Os conteúdos mínimos foram registrados principalmente na 3ª campanha, e quase com igual frequência na 2ª campanha.

Pela Tabela 14, os valores máximos de sólidos foram registrados no rio Madeira (1001 mg/L) e em um de seus formadores, o Mamoré, (539 mg/L); tais bacias abrangem importantes extensões fora do Estado – em região andina. A grande maioria dos rios de Rondônia apresenta baixo teor de sólidos nas três situações de níveis de água: altos, médios e baixos, sempre inferiores ao valor máximo permitido de sólidos dissolvidos total que é de 500 mg/L, estabelecido na resolução nº 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, parágrafo II.

Todos os valores encontrados nas bacias hidrográficas dos rios Jamari, Machado e Guaporé ficaram abaixo do máximo estabelecido pela resolução mencionada. Os valores de sólidos totais apresentados por Reis *et al.* (1998), na bacia do rio Machado, também ficaram abaixo do máximo estabelecido.

3.2.9 Nitrito

O valor máximo do teor de nitrito registrado foi de 0,1 mg/L N (Tabela 14) na bacia do rio Madeira. Nesse caso, em todas as bacias hidrográficas pesquisadas foram registrados valores abaixo do valor máximo permitido, que é de 1 mg/L N, estabelecido na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, parágrafo II (BRASIL 2005b).

3.2.10 Nitrito

O teor máximo de nitrito registrado foi de 2,5 mg/L N (Tabela 14), na bacia hidrográfica do rio

Guaporé. O maior grau de heterogeneidade medido pelo coeficiente de variação [$CV = 100 * (\text{divisão do desvio padrão pela média})$] dos teores de nitrito (Tabela 14), foi de aproximadamente 110% na bacia hidrográfica do rio Mamoré e isso implicou em uma alta dispersão do teor de nitrito. Nesse caso, todos os valores de nitrito encontrados nas bacias hidrográficas estudadas ficaram abaixo do valor máximo permitido de 10 mg/L N, estabelecido na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, parágrafo II (BRASIL, 2005b).

3.2.11 Carbono Livre

Dos dados obtidos, o teor máximo de carbono livre registrado foi de 91 mg/l CO_2 (Tabela 14), na bacia hidrográfica do rio Machado, cuja homogeneidade, medida pelo coeficiente de variação, foi de aproximadamente 167%, o que implicou em uma alta variabilidade (Fonseca, 1985) dos teores de carbono livre registrados na bacia em questão.

A Tabela 14 mostra os dados referentes aos valores de cloreto (Cl em mg/L), ferro total (Fe em mg/L), sulfato (SO_4 em mg/L), oxigênio consumido (O_2 em mg/L), dureza total ($CaCO_3$ em mg/L), dureza em cálcio (Ca^{2+} em mg/L), dureza em magnésio (Mg^{2+} em mg/L), sólidos totais dissolvidos (STD em mg/L), nitrito (NO_2^- em mg/L), nitrito (NO_3^- em mg/L), Gás carbônico livre (CO_2 mg/L) e alcalinidade (HCO_3^- em mg/L), nas bacias analisadas.

Os parâmetros físicos e químicos que apresentaram distribuição normal com 5% de significância, pelo teste de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965; Landim, 2003), constam na Tabela 15.

3.3 Propriedades Bacteriológicas

3.3.1 Número mais Provável de Coliformes Totais

Os dados de coliformes totais variaram de 500 a 1600 NMP/100 ml (Tabela 16), nas bacias hidrográficas pesquisadas, atestando a presença de coliformes totais em todas as bacias hidrográficas estudadas. Com isto, ficou caracterizada uma discordância com o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano, para o qual, em cada amostra de água com 100ml não deve ser registrada a presença de coliformes totais (BRASIL, 2005a). A presença do número mais provável de coliformes totais com maior variabilidade, medida pelo coeficiente de variação, foi de 29%, registrada na bacia hidrográfica do rio Guaporé.

Bacia	Medida	Cl	Fe	SO ₄	O ₂	CaCO ₃	Ca ₂ ⁺	Mg ₂ ⁺	STD	NO ₂	NO ₃	CO ₂	HCO ₃
Mamoré	Max	9,99	0,16	13,15	10,20	30,00	8,93	1,86	539,00	0,04	1,83	16,00	56,67
	Min	4,99	0,09	7,76	3,93	11,00	4,00	0,24	147,00	0,00	0,17	6,53	16,00
	X	8,32	0,13	10,49	7,62	18,67	5,91	0,94	289,44	0,01	0,81	10,29	31,78
	CV	34,68	27,64	25,70	43,03	53,66	44,77	88,10	74,92	177,69	110,90	48,89	68,63
	Valor p	0,0000	0,8428	0,9571	0,4318	0,3839	0,2898	0,5717	0,1558	0,0000	0,2676	0,3436	0,2932
Madeira	Max	14,99	0,19	15,90	10,40	38,00	10,00	3,16	1001,00	0,11	1,69	13,00	61,33
	Min	0,00	0,07	0,00	2,67	0,00	0,00	0,00	17,67	0,00	0,13	1,60	8,00
	X	5,00	0,13	8,07	5,92	14,20	4,49	0,72	277,36	0,02	0,76	7,02	27,51
	CV	108,03	31,86	64,06	46,64	82,89	73,17	136,22	103,62	205,56	71,75	50,12	71,95
	Valor p	0,0094	0,4916	0,0752	0,0858	0,3022	0,4410	0,0007	0,0018	0,0000	0,1955	0,6710	0,0031
Jamari	Max	61,64	0,15	0,00	6,00	3,00	1,20	0,00	148,67	0,07	1,04	16,00	26,00
	Min	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,33	72,31	0,08	1,80	6,00
	X	8,70	0,08	0,00	2,84	0,33	0,13	0,00	76,59	0,01	0,52	7,63	13,07
	CV	230,40	47,20		60,75	300,30	300,75		62,89	291,25		65,78	50,69
	Valor p	0,0000	0,8441	scna	0,9088	0,0000	0,0000	scna	0,2496	0,0000	0,1807	0,2491	0,0972
Machado	Max	26,65	0,18	2,24	10,87	15,00	4,40	1,14	223,33	0,05	1,73	91,00	48,33
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00	0,00	0,00	0,99	4,67
	X	3,87	0,10	0,10	4,44	3,01	0,92	0,17	88,27	0,01	0,72	9,34	15,25
	CV	137,79	41,30	437,49	55,15	153,08	149,25	184,20	58,06	182,14	66,13	166,79	60,40
	Valor p	0,0000	0,3486	0,0000	0,1540	0,0000	0,0000	0,0000	0,0074	0,0000	0,0307	0,0000	0,0001
Guaporé	Max	4,99	0,19	0,00	9,00	12,00	4,40	0,49	163,00	0,01	2,50	12,67	40,00
	Min	0,00	0,05	0,00	2,53	0,00	0,00	0,00	17,00	0,00	0,25	5,00	13,00
	X	3,12	0,10	0,00	5,46	3,50	1,20	0,12	82,71	0,00	0,88	7,96	21,63
	CV	82,80	43,47		45,02	149,63	152,23	152,31	65,59	153,33	81,60	31,78	38,59
	Valor p	0,0005	0,3066	scna	0,4138	0,0024	0,0032	0,0040	0,3141	0,0001	0,0189	0,6077	0,0594

Max = valor máximo, Min = Valor mínimo, X = Média aritmética, CV = Coeficiente de variação, valor p = nível de significância no teste Kolmogorov-Smirnov com modificação de Lilliefors, scna = sem condição numérica para análise.

Tabela 14 Distribuição dos dados de propriedades químicas nas bacias estudadas (Fonte: Modificada de RONDÔNIA, 1998).

Bacia Hidrográfica	Propriedades com Distribuição Normal
Mamoré	Cor, pH, turbidez, ferro total, sulfato, oxigênio consumido, dureza total, dureza em cálcio, dureza em magnésio, sólidos totais, carbono livre;
Madeira	Cor, pH, ferro total, sulfato, oxigênio consumido, dureza total, dureza em cálcio, carbono livre;
Jamari	Cor, pH, ferro total, oxigênio consumido, sólidos totais, carbono livre;
Machado	Cor, ferro total, oxigênio consumido, nitrato;
Guaporé	pH, ferro total, oxigênio consumido, sólidos totais, nitrato, carbono livre;

Tabela 15 Propriedades com distribuição normal por bacia hidrográfica.

3.3.2 Número mais Provável de Coliformes Fecais

A quantidade de coliformes fecais (ou termo-tolerantes) foi menos presente do que a quantidade de coliformes totais, nas bacias hidrográficas estudadas. A maior variação do número mais provável de coliformes fecais, medida pelo coeficiente de variação, foi de 106%, registrada na bacia do rio Madeira,

resultando em uma alta dispersão (Fonseca, 1985) dos dados de coliformes fecais.

Considerando a água doce que pode ser utilizada para abastecimento público após tratamento simplificado, ou seja, a água de classe 1, não foram encontrados, em nenhuma das bacias hidrográficas estudadas, valores de coliformes fecais que ultrapassassem o limite de 200/100ml, estabelecido na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, parágrafo I, letra g (BRASIL, 2005b).

A Tabela 16 mostra os dados referentes a coliformes fecais e a coliformes totais.

Bacia Hidrográfica	Coliformes Totais	Coliformes Fecais
Mamoré	1600,00	2,19
Madeira	1515,39	4,98
Jamari	1522,22	6,01
Machado	1599,97	4,08
Guaporé	1442,86	2,61

Tabela 16 Valores médios de propriedades bacteriológicas nas bacias hidrográficas estudadas (Fonte: Adaptada de RONDÔNIA, 1998).

3.4 Potabilidade

De acordo com os limites de água doce de classe 3, adotados na Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005b), na Tabela 17, foram feitas algumas observações sobre os valores de cor, turbidez, pH, sólidos totais dissolvidos, cloretos, sulfatos, nitrato, nitrito e ferro total, das bacias hidrográficas estudadas. O limite para dureza total foi adotado de acordo com a Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde, em seu artigo 16 (BRASIL, 2005a).

Parâmetros	VMP	Observações
Cor	75 mg Pt/L	Valores médios excessivos em todas as bacias, sendo mais acentuados nas bacias dos rios Mamoré e Madeira.
Turbidez	100 UT	Valores não elevados em algumas amostras das bacias dos rios Guaporé e Machado.
pH	6,0 a 9,0	Os valores foram satisfatórios em todas as bacias estudadas.
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L	Uma ocorrência de valor excedente na bacia do Madeira.
Dureza total	500 mg/L de CaCO ₃	Sem restrições em todas as bacias estudadas.
Cloretos	250 mg/L	Sem restrições em todas as bacias estudadas.
Sulfatos	250 mg/L	Sem restrições em todas as bacias estudadas.
Nitrato	10 mg/L	Sem restrições em todas as bacias estudadas.
Nitrito	1 mg/L	Sem restrições em todas as bacias estudadas.
Ferro total	5 mg/L	Sem restrições em todas as bacias estudadas.
VMP = valor máximo permitido pela Portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde		

Tabela 17 Limites para potabilidade de água para consumo humano (Fonte: Adaptado de RONDÔNIA, 1998).

3.5 Índice de Qualidade de Água (IQA)

De acordo com os dados da Tabela 18, o índice de qualidade de água foi decrescente no período de realização da 1ª para a 3ª campanhas. Na 1ª campanha, as bacias hidrográficas do Mamoré, Madeira, Jamari e Machado tiveram suas águas classificadas como “boa”; na 2ª campanha, as bacias Guaporé, Mamoré e Jamari tiveram suas águas classificadas como “boa”, enquanto que as bacias do Madeira e Machado ficaram com classificação

“média”. Na terceira campanha e na média total dos IQA, todas as bacias hidrográficas ficaram com suas águas classificadas como de classe média, com exceção da bacia do Mamoré na terceira campanha.

Bacia Hidrográfica	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha	Total
Mamoré	72,28	72,03	46,6	63,64
Madeira	73,75	68,17	54,61	65,51
Jamari	76,35	70,95	53,30	66,87
Machado	75,68	69,20	51,79	65,56
Guaporé	-	77,95	55,65	66,80

Tabela 18 Valores médios de IQA das campanhas por bacia hidrográfica. (Fonte: Adaptado de RONDÔNIA, 1998).

Considerando os dados as 16 localidades inicialmente amostradas e os pesos da Tabela 6, a Figura 3 mostra uma tendência de queda do índice de qualidade de água, da primeira para a terceira campanha.

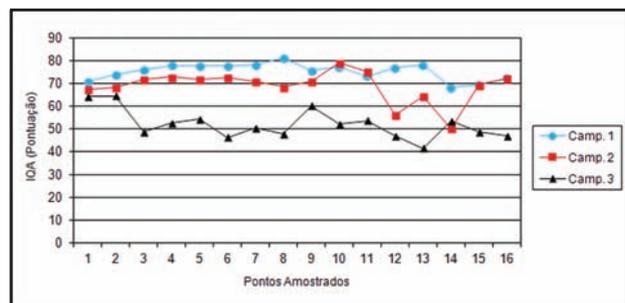


Figura 3 Índice de qualidade de água dos pontos 1 a 16 (Fonte: adaptado de Rondônia, 1998).

4 Conclusões

Cotejando os dados pesquisados, verificou-se que as águas das bacias hidrográficas apresentam as seguintes propriedades em destaque:

rios Mamoré e Madeira: cor, turbidez, oxigênio dissolvido e sólidos dissolvidos totais com valores que ficaram fora dos padrões estabelecidos, em vigor.

Pelas propriedades citadas, foi possível concluir que as águas das bacias hidrográficas dos rios Mamoré e Madeira são as mais turvas, além disso, mesmo não ultrapassando os limites estabelecidos, a presença notável de coliformes totais em todas as bacias hidrográficas sugere que suas águas recebam tratamento convencional (por cloração ou fervura e prévia filtração) para consumo humano.

rio Jamari: cor e oxigênio dissolvido que apresentaram valores fora dos padrões

estabelecidos, além de apresentar odor em ponto isolado.

rio Machado: cor, pH e oxigênio dissolvido que ficaram fora dos limites estabelecidos.

As águas das bacias hidrográficas dos rios Jamari e Machado apresentaram uma razoável qualidade física-organoléptica, mas despertaram preocupação em função dos avançados processos de antropização dessas bacias.

rio Guaporé: somente os valores de cor ficaram fora do limite estabelecido, o que permite afirmar que as águas dessa bacia apresentaram melhor qualidade dentre as águas pesquisadas nas bacias hidrográficas de Rondônia.

Para efeitos de estimativas, as águas da bacia hidrográfica do rio Mamoré apresentaram maior número de propriedades cujos dados obedeceram a uma distribuição normal.

Considerando os resultados das amostras estudadas, foi possível concluir que as águas das bacias hidrográficas de Rondônia ficaram com a classificação de média qualidade.

Vale ressaltar a necessidade de investimentos em novos trabalhos abordando questões relacionadas à qualidade das águas superficiais de Rondônia, tanto em escala mais detalhada, com enfoque em bacias hidrográficas – unidade de gestão dos recursos hídricos, quanto envolvendo também os cursos de água em áreas urbanizadas.

Neste contexto, o tamanho amostral, associado aos locais onde foram coletadas as amostras, constituiu limitações para este trabalho, tendo em vista a abrangência geográfica, processos de antropização e adensamento populacional de cada bacia hidrográfica pesquisada. Portanto, é recomendado, para trabalhos futuros, um plano amostral que faça consideração a estes fatores.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem à SEPLAN/RO, pela autorização para utilização dos dados e informações disponíveis no Relatório de Hidrologia do 2º ZSEE/RO (1998) e aos revisores, pelas sugestões que aprimoraram este trabalho que faz parte da tese “Gestão Integrada das Águas em Rondônia” (por agregação de artigos científicos), de Catia Eliza Zuffo no PPGG/UFPA.

6 Referências

- Agudo, E.G. (Coord.).1988. *Guia de coleta e preservação de amostras de água*. São Paulo, CETESB. 150 p.
- Almeida Sobrinho, A. 2006. *Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Candeias e a Viabilidade da Piscicultura em Tanques-Rede*. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade Federal de Rondônia, Dissertação de Mestrado, 132p.
- Ana – Agência Nacional de Águas. *Portal da qualidade das águas*. 2012. Disponível em <<http://pnqa.ana.gov.br/Estrutura/PNQA.aspx>>. Acesso em 28/12/2012.
- Bernardi, J.V.E.; Lacerda, L.D.; Dórea, J.G.; Landim, P.M.B.; Gomes, J.P.O.; Almeida, R.; Manzatto, A.G. & Bastos, W.R. 2009. *Aplicação da Análise das Componentes Principais na Ordenação dos Parâmetros Físico-Químicos no Alto Rio Madeira e Afluentes, Amazônia Ocidental*. *Geochimica Brasiliensis*, 23(1): 079-090.
- BRASIL. 1986. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Resolução CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986*. Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>>. Acesso em: Ago. 2009.
- BRASIL. 2002. *Programa Nacional do Meio Ambiente II: relatório de atividades 2000-2004*. Brasília, MMA, 70 p.
- BRASIL. 2005. *Cadernos de Recursos Hídricos 1 Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil*. Brasília, Agência Nacional de Águas Brasília - TDA Desenho & Arte Ltda., 172p.
- BRASIL. 2005a. *Portaria MS nº 518/2004*. Brasília, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: Ago. 2009.
- BRASIL. 2005b. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005*. Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: Ago. 2009.
- Bolson, M.A.; Krusche, A.V. & Gomes, B.M. 2002. Dinâmica do Carbono em Dois Rios do Estado de Rondônia, sob Diferentes Graus de Impactos Antropogênicos. *In: CONGRESSO DE ESTUDANTES E BOLSISTAS DO EXPERIMENTO LBA*. 11, Belém, PA, Brasil. *Resumos*, LBA, p.29.
- Bussab, W.O. & Morettin, P.A. 2002. *Estatística básica*. São Paulo, Saraiva. 526p.
- Campos, J.C.V. & Reis, M.R.A. 2002. *Subprograma de Apoio ao Desenvolvimento dos Municípios da Amazônia – ADEMA. Município de Ariquemes, Estado de Rondônia. Recursos Hídricos*. Série ADEMA, vol. 3. Porto Velho: CPRM, 50p.
- Cogo, M.C.; Krusche, A.V.; Montebelo, A.A. & Aufdenkampe, A.K. 2005. Efeitos das Concentrações de Sedimentos em Suspensão nas Taxas Respiratórias em Rios da Bacia do Rio Ji-Paraná, RO. *In: CONGRESSO DE ESTUDANTES E BOLSISTAS DO EXPERIMENTO LBA*. 2, Manaus, AM, Brasil. *Resumos*, LBA, p.79-80.
- Ferreira, M.M.; Santos, S.L.M.; Costa, A.B.; Pedrosa, D. L. R. & Freitas, R.S. 2009. O uso do SIG, Para a Gestão e Monitoramento Ambiental de Bacias Hidrográficas em Porto Velho - O caso do Igarapé Belmont - Porto Velho - RO. *In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA*, 12, Montivideo Uruguay, 2009.

- Disponível em <http://egal2009.easyplanners.info/area04/4144_COSTA__Alan_Bentes_da.pdf>. Acesso em 15/01/2010.
- Fonseca, J.S. 1985. *Estatística Aplicada*. São Paulo, Editora Atlas. 320p.
- Freitas, M.A.V.(Organizador). 1999. *O Estado nas Águas do Brasil, 1998-1999*. Brasília, ANEEL, SIH, MMA, SRH, MME, 334p.
- Freitas, M.A.V. (Organizador). 2003. *O Estado das Águas no Brasil, 2001-2002*. Brasília, Agência Nacional das Águas, 514p.
- Galvão, R.C.F.; Almeida, R.; Bernardi, J.V.E.; Bastos, W.R. & Lacerda, L.D. 2009. Variação Sazonal de Elementos-traço Associados aos Sólidos em Suspensão no Alto Rio Madeira, Amazônia Ocidental. *Geochimica Brasiliensis*, 23(1): 067-078.
- Gomes, F.P. 1990. *Curso de Estatística Experimental*. 12. ed. São Paulo, Nobel, 467p.
- Gouveia Neto, S.C.; Gomes, B.M.; Krusche, A.V.; Bolson, M.A.; Nei, K. & Leite, N.K. 2002. Variações Temporais da Qualidade da Água dos Rios Ji-Paraná e Urupá, Rondônia. In: CONGRESSO DE ESTUDANTES E BOLSISTAS DO EXPERIMENTO LBA, 1, Belém, PA, Brasil. *Resumos*, LBA, p.28-29.
- Gouveia Neto, S.C.; Krusche, A.V.; Bonilla, A.C.; Elsenbeer, H.; Germer, S.; Neil, C.;Rabelo, C.S.; Deus, F.A. & Ferro, J.C. 2005. Concentração de Carbono Orgânico Dissolvido nos Caminhos da Água (Floresta x Pastagem) no Estado de Rondônia. In: CONGRESSO DE ESTUDANTES E BOLSISTAS DO EXPERIMENTO LBA. 2, Manaus, AM, Brasil. *Resumos*, LBA, p.81.
- Rabelo, C.S.; Deus, F.A. & Ferro, J.C. 2005. Concentração de Carbono Orgânico Dissolvido nos Caminhos da Água (Floresta x Pastagem) no Estado de Rondônia. In: CONGRESSO DE ESTUDANTES E BOLSISTAS DO EXPERIMENTO LBA. 2, Manaus, AM, Brasil. *Resumos*, LBA, p.81.
- Landim, P.M.B. 2003. *Análise Estatística de Dados Geológicos*. São Paulo, Editora UNESP. 253p.
- Lima, M.L.A. 2007. Uso do Geoprocessamento na Qualidade de Água Superficial Destinada ao Abastecimento Humano no Estado de Rondônia. In: Anais I SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO. 1, Taubaté, Brasil. *Anais*, IPABHi, p. 199-206.
- Martins, D.O.S. 2009. *Análise das Condições Ambientais da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Candeias, a Partir de Elementos-traço e Parâmetros Físico-químicos*. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio ambiente, Universidade Federal de Rondônia, Dissertação de Mestrado, 78p.
- Martins, A.S. & Santos, J.P. 2007. *Avaliação de Impacto Ambiental na lixeira urbana de Porto Velho/RO, através de estudos de parâmetros físico-químicos, bacteriológicos e de metais pesados*. Laboratório de Biogeoquímica Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Relatório Técnico, 41p.
- Masson, C.G.M.J. 2005. *Subsídios para uma gestão dos recursos hídricos na Amazônia: estudo de caso da bacia do rio Madeira*. Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 259p.
- Morais, P.R.C. 1998. *Mapa hidrogeológico do Estado de Rondônia: texto explicativo*. Porto Velho: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Residência de Porto Velho: CPRM, 40p.
- Naghettini, M. & Pinto, E.J.A. 2007. *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte, CPRM. 552p.
- Nascimento, E.L.; Gomes, J.P.O.; Almeida, R.; Bastos, W.R.; Bernardi, J.V.E.; Miyai, R.K. 2006. Mercúrio no Plâncton de um Lago Natural Amazônico, Lago Puruzinho (Brasil). *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology*, 3: 1-6.
- Nascimento, E.L.; Gomes, J.P.O.; Carvalho, D.P.; Almeida, R.; Bastos, W.R. & Miyai, K.R. 2009. Mercúrio na Comunidade Planctônica do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Samuel (RO), Amazônia Ocidental. *Geochimica Brasiliensis*, 23(1): 101-116.
- Oliveira, W.E. de. 1987. Qualidade, impurezas e características físicas, químicas e biológicas das águas. Padrões de potabilidade. Controle da Qualidade da água. In: *Técnicas de abastecimento e tratamento de água*. São Paulo, CETESB/ASCETESB. 3 ed. 332 p.
- Pacios, V.M.; Elage, C.S.; Oliveira, E.; Lima, F.N.M.; Cruz, G.S.; Azevedo, H.S.; Silva, G.J.E.; Ayres, R.M.P. & Shiraiishi, T. 1998. *Impactos Ambientais na Bacia do Igarapé dos Tanques, Face à Urbanização de Porto Velho*. UNIR/CREA, Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-graduação “Lato Sensu”, 95p.
- Pereira, Z.X. 1999. *A Poluição do Igarapé Mapará de Ji-Paraná*. Campus de Ji-Paraná, Universidade Federal de Rondônia, Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-graduação Lato Sensu, 68p.
- Pessenda, L.C.R.; Ferreira, J.R.; Tancredi, A.C.F.N.S.; Martineli, L.A.; Hirata, R. & Mortatti, J. 1986. Caracterização Química das Águas de Alguns Rios do Estado de Rondônia. *Acta Limnológica Brasileira*, 1 (1): 179-199.
- Pinto, R.M.; Castro Neto, A. T.; Souza, A. T.; Souza, A. J.; Muller, J. J.; Souza, M. M.; Alencar, N. A.; Souza, P. M. M. & Nascimento, R. B. R.. 1999. *Qualidade e Utilização das Águas do Igarapé Bate-Estacas em Porto Velho – RO*. UNIR/CREA, Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-graduação “Lato Sensu”, 96p.
- Porto R.L.; Branco, S.M.; Cleary, R.W.; Coimbra, R.M.; Eiger, S.; Luca, S.J.; Nogueira, V.P.Q. & Porto, M.F.A. 1991. *Hidrologia ambiental*. São Paulo, Ed. da USP, ABRH. 414p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 3).
- Reis, M.R.; Moraes, P.R.C. & Adamy, A. 1998. Programa de integração em municípios da Amazônia – Primaz, Pimenta Bueno – Estado de Rondônia Recursos Hídricos. Série PRIMAZ, vol. 8 Porto Velho, CPRM, 28p.
- Rondônia. Assembléia Legislativa do Estado de Rondônia. 1989. *Constituição Estadual*. Porto Velho, Assembléia Legislativa do Estado de Rondônia, 134p.
- Rondônia, 1998. Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia – PLANAFLORO. Zoneamento Socioeconômico-Ecológico do Estado de Rondônia. Relatório de Hidrologia. Rondônia, Planaflo, p.118-207.
- Rondônia, 2002a. *Decreto nº. 10.114, de 20 de setembro de 2002*. Porto Velho, SEDAM.
- Rondônia, 2002b. *Lei Complementar nº. 255 de 25 de janeiro de 2002*. Porto Velho, SEDAM.
- Sedam - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. 2002. Atlas Geoambiental de Rondônia. In: FERNANDES, L.C. & GUIMARÃES, S.C.P. (Organizadores) Porto Velho: SEDAM.
- Shapiro, S.S. & Wilk, M.B. 1965. *An Analysis of Variance Test for Normality (complete samples)*. *Biometrika*, London, v.52, p.591-609.

Caracterização da Qualidade de Águas Superficiais em Rondônia

Catia Eliza Zuffo; Gerson Flôres Nascimento; Francisco de Assis Matos de Abreu & Itabaraci Nazareno Cavalcante

- Silva, V.P. & Zuffo, C.E. 2004. Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Branco, Compreendendo o Alto e Médio Curso, na Região Sudeste de Rondônia. *Presença - Revista de Educação, Cultura e Meio Ambiente - UNIR*, 11: 35-8.
- Silva, J.M. 2006. *Análise integrada de qualidade de água em microbacia hidrográfica*. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade Federal de Rondônia, Dissertação de Mestrado, 199p.
- Souza, S.C.A. 2008. *Avaliação Química das Águas do Igarapé Bate-Estacas e as Interferências Antrópicas*. Departamento de Química, Universidade Federal de Rondônia, Monografia de Graduação, 66p.
- Souza, M.E.T.A. & Libânio, M. 2009. Proposta de índice de Qualidade para Água Bruta afluente a estações convencionais de tratamento. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 14(4): 471-478.
- Valente, J.P.S.; Padilha, P.M. & Silva, A.M.M. 1997. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. *Eclética Química*. 22:1-13.
- Vergotti, M.; Bonotto, D.M.; Silveira, E.G. & Bastos, W.R. 2009. Influência da Matéria Orgânica na Adsorção de Hg e Outros Elementos em Sedimentos de Lagos da Bacia do rio Madeira (RO). *Geochimica Brasiliensis*, 23(1): 091-100.
- Zuffo, C.E. 1997. *Diagnóstico ambiental da bacia do Igarapé Tapagem, município de Candeias do Jamari – RO*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP - Campus de Rio Claro, Dissertação de Mestrado. 148p.
- Zuffo, C.E. 1999. A Qualidade das Águas do Igarapé Tapagem - RO. *Presença Revista de Educação Cultura e Meio Ambiente - UNIR*, 16: 46-61.
- Zuffo, C.E. (coord.). 2001. *Zoneamento ambiental da Bacia do Igarapé Tapado. Resex Rio Ouro Preto – Rondônia*. Relatório final. Porto Velho, UNIR/CNPT/RO-IBAMA. 163p.
- Zuffo, C. E. 2010. *Gestão integrada das águas em Rondônia*. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Tese de Doutorado, 186p.