

RELATÓRIO TÉCNICO

Aspectos hidrogeoquímicos do Rio Machado e dos seus principais afluentes no trecho que delimita a Reserva Biológica do Jaru – Rondônia.

Elaborado por Etienne Oliveira Silva



Relatório Técnico – Aspectos hidrogeoquímicos do Rio Machado e dos seus principais afluentes no trecho que delimita a Reserva Biológica do Jaru – Rondônia.

Realização:

Etienne Oliveira Silva

Revisão:

Ronaldo de Almeida

Elisabete Lourdes do Nascimento

Apoio técnico:

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES

Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua

Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio

Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer – Biogeoquímica Ambiental

Laboratório de Limnologia e Microbiologia – LABLIM

Como citar este relatório técnico:

SILVA, E.O. Aspectos hidrogeoquímicos do Rio Machado e dos seus principais afluentes no trecho que delimita a Reserva Biológica do Jaru – Rondônia. Relatório Técnico. 42 p. Ji-Paraná – RO, 2020.

Ji-Paraná – RO

2020

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	1
LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE TABELAS E QUADROS	3
LISTA DE APÊNDICES	3
1 APRESENTAÇÃO	4
2 ÁREA DE ESTUDO	5
2.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E AMBIENTAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	9
2.2 ANÁLISE DE ÁGUA: VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS, ELEMENTOS-TRAÇO NA ÁGUA E NO SEDIMENTO	12
3 QUALIDADE DA ÁGUA.....	14
3.1 PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA ÁGUA	14
3.2 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO – IET	18
4 ELEMENTOS-TRAÇO NA ÁGUA E NO SEDIMENTO	20
4.1 ELEMENTOS-TRAÇO NA ÁGUA.....	20
4.2 ELEMENTOS-TRAÇO NO SEDIMENTO	25
4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA DOS ELEMENTOS TRAÇO	29
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
6 RECOMENDAÇÕES	32
7 REFERÊNCIAS.....	33
APÊNDICES.....	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.....	6
Figura 2 - Regime de precipitação pluviométrica do Rio Machado no período de janeiro a dezembro de 2019. Dados da estação pluviométrica (1061003).....	7
Figura 3 - Regime hidrológico do Rio Machado entre janeiro de 2019 a dezembro de 2019. Fonte:(ANA, 2020). Cores em azul escuro indica o período de coleta.	8
Figura 4 – Imagens do Ciclo hidrológico de 2019 e sua respectiva variação de sazonalidade registrada no exutório do rio Tarumã.	8
Figura 5 - Delimitação das bacias hidrográficas da margem direita e margem esquerda do Rio Machado na área de estudo.....	11
Figura 6 - a) Draga de Van Veen para coleta de sedimento de fundo. b) Garrafa de Van Dorn para coleta de água superficial.....	12
Figura 7 - Fluxograma das análises e métodos realizados durante a pesquisa.	13
Figura 8 - Resultado da PCA dos elementos traço na água.....	30
Figura 9 - Resultado da PCA dos elementos traço nos sedimentos.	31

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 - Pontos de coleta de água e sedimentos, codificação e coordenadas.....	5
Tabela 2 - Características físicas e ambientais da Bacia hidrográfica (BH) do Rio Machado. .	9
Tabela 3 - Características morfométricas das bacias hidrográficas (BHs) da área de estudo. .	10
Tabela 4 - Análises e métodos realizados durante a pesquisa.	13
Tabela 5 - Resultado estatístico dos parâmetros físicos e químicos na água.....	18
Tabela 6 - Valores dos limites das concentrações de fósforo total para os diferentes estados tróficos.....	18
Tabela 7 - Índice de Estado Trófico – IET.	20
Tabela 8 - Estatística descritiva da concentração de elementos-traços na água (fração total). .	21
Tabela 9 - Resultado estatístico dos elementos-traço na água ($\mu\text{g.L}^{-1}$) por sazonalidade (Águas altas/águas baixas) entre afluentes e rio principal	21
Tabela 10 - Resultado estatístico dos elementos-traço totais na água ($\mu\text{g.L}^{-1}$) por sazonalidade (vazante/enchente) entre afluentes e rio principal	22
Tabela 11 - Estatística descritiva da concentração de elementos-traço na fração dissolvida. .	23
Tabela 12 - Resultado estatístico dos elementos traços dissolvidos na água ($\mu\text{g.L}^{-1}$) por sazonalidade entre afluentes e rio principal.....	24
Tabela 13 - Estatística descritiva da concentração de elementos-traço no sedimento.	26
Tabela 14 - Resultado estatístico das concentrações de elementos-traço no sedimento ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) por sazonalidade (águas altas e baixas) entre afluentes e rio principal.	27
Tabela 15 - Resultado estatístico das concentrações de elementos-traço no sedimento ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) por sazonalidade (vazante/enchente) entre afluentes e rio principal.	28
Tabela 16 – Resultado de comparação de médias (<i>Wilcoxon</i>) entre os elementos-traço por sazonalidade e sistema de contribuição	29

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice I	36
-------------------------	----

1 APRESENTAÇÃO

A Reserva Biológica do Jaru - REBIO do Jaru está situada entre o limite estadual Rondônia - Mato Grosso, o igarapé Azul e o Rio Machado e mantém sob sua proteção uma área de 3.468,61 km² (ICMBIO, 2019). Pertence em sua totalidade à bacia hidrográfica do Rio Machado, afluente do Rio Madeira que é afluente do Rio Amazonas, pela margem direita (ICMBIO, 2010).

O Rio Machado possui a extensão de aproximadamente 1.243 km desde a nascente (rio Pimenta Bueno) até a foz no Rio Madeira, ao norte do Estado (FERNANDES & GUIMARÃES, 2002). A bacia do Rio Machado é uma das principais bacias hidrográficas (BHs) do Estado de Rondônia com uma área total de drenagem de aproximadamente 75.400 km² de extensão (KRUSHER *et al.* 2005). A área do Estado é de cerca de 237.576 km², logo a bacia representa 31,73 % de sua totalidade.

Existe uma lacuna de informação acerca da dinâmica hidrogeoquímica dos corpos d'água de áreas protegidas por lei no Brasil, à exemplo da Reserva Biológica do Jaru, Rondônia. O monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e de gestão dos recursos hídricos. Esse procedimento possibilita analisar por exemplo, os impactos que atividades antrópicas podem causar aos rios e igarapés. As informações geradas subsidiam a tomada de ações adequadas de controle ambiental (SILVA *et al.*, 2019).

Estudos sobre a biogeoquímica dos elementos-traço são fundamentais para o delineamento de um panorama referente às contribuições naturais e antrópicas para os ecossistemas amazônicos, além de contribuir para a identificação de possíveis áreas das fontes de contaminação. O sedimento de fundo é local de deposição acumuladora dos poluentes e uma fonte de contaminação em potencial, onde qualquer interferência nesse sistema pode causar sérios impactos no que se refere à ecotoxicologia desse ambiente (COSTA JUNIOR, 2017).

Este relatório técnico tem como objetivo apresentar as informações sobre as bacias hidrográficas estudadas quanto as suas características limnológicas e sobre as concentrações dos elementos-traços do Rio Machado e dos seus principais afluentes no trecho que delimita a Reserva Biológica do Jaru – Rondônia.

Com o intuito de subsidiar estudos ambientais, gestores ambientais e gestores de recursos hídricos, este relatório técnico foi elaborado tendo como referencial os resultados encontrados na pesquisa “ Hidrogeoquímica do Rio Machado e seus principais afluentes – Reserva Biológica do Jaru – Rondônia ” desenvolvida pelo mestrando Etienne Oliveira Silva, orientado pelo Prof. Dr. Ronaldo de Almeida e Prof.^a Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento para o programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos – Prof. Água.

O estudo foi dirigido para a investigação dos parâmetros limnológicos da água, quantificação dos elementos-traço na água e sedimento, comparando os valores encontrados, com os valores estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 357/2005, 420/2009 e 454/2012). Além disso, foi verificado através do cálculo do Índice de Estado Trófico (IET) a ocorrência de alterações na qualidade da água devido ao enriquecimento por nutrientes possibilitando a compreensão deste ecossistema sob condições naturais e antrópicas

2 ÁREA DE ESTUDO

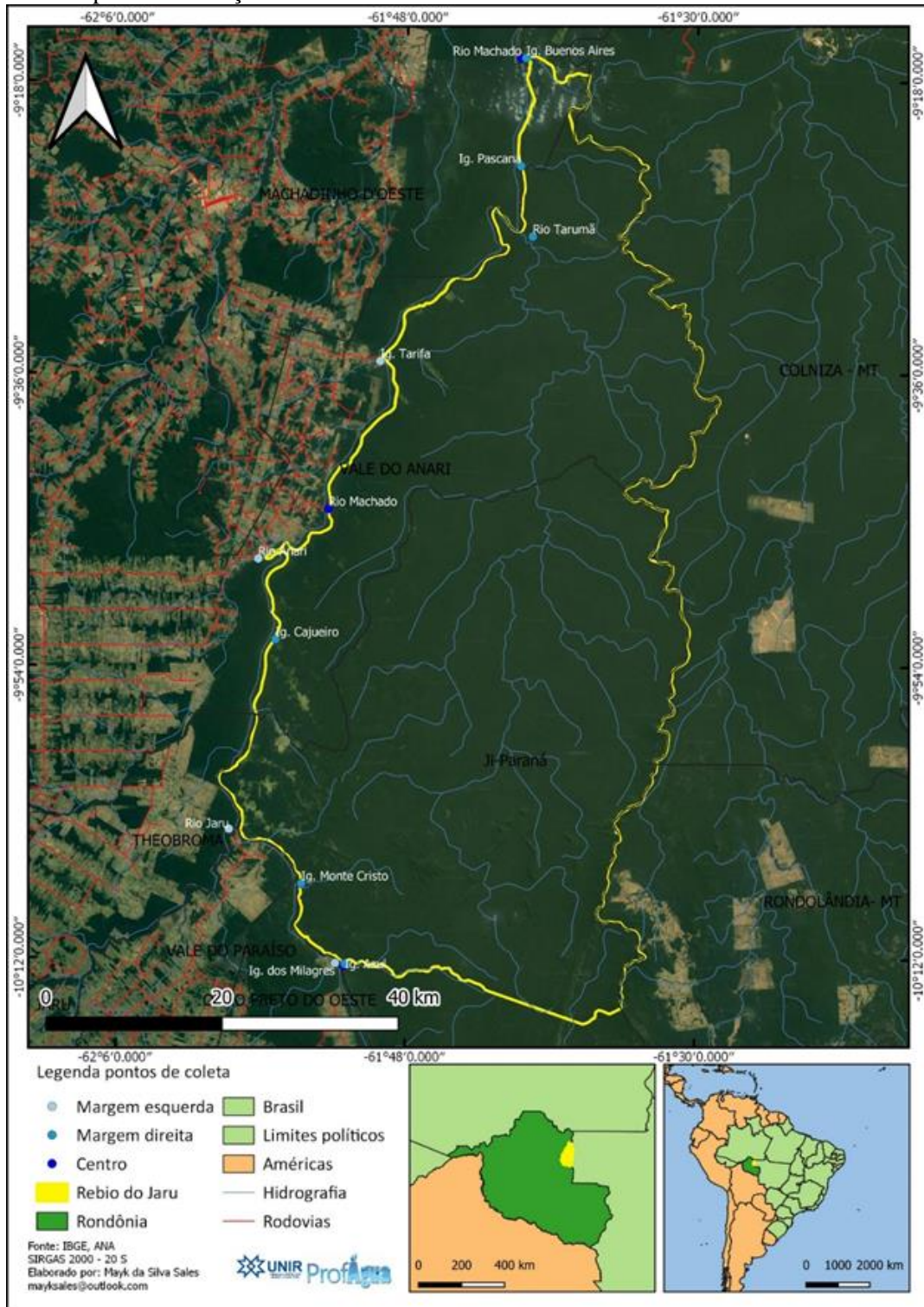
A área de estudo é o trecho do Rio Machado (Figura 1) que margeia e delimita a porção da Reserva Biológica do Jaru (9°50' 17,573"S e 61°42'28,333"O) com uma extensão de 144,6 km. Foram amostrados os principais afluentes do Rio Machado, sendo quatro corpos hídricos da margem esquerda e seis corpos hídricos da margem direita. Além disso, ao longo da extensão do rio Machado que delimita a unidade de conservação, mais três pontos de amostragem também foram estabelecidos. Totalizando 13 pontos (Tabela 1).

Tabela 1 - Pontos de coleta de água e sedimentos, codificação e coordenadas.

Nome	Código	Latitude	Longitude	Descrição
Igarapé Azul	P1	-10,20592	-61,86213	Foz com Rio Machado
Rio Machado ^m	P2	-10,20808	-61,86360	Entre leitos Rio Machado
Igarapé dos Milagres	P3	-10,20518	-61,87240	Foz com Rio Machado
Igarapé Monte Cristo	P4	-10,12351	-61,90670	Foz com Rio Machado
Igarapé Cajueiro	P5	-9,87305	-61,93507	Foz com Rio Machado
Rio Anari	P6	-9,79020	-61,95318	Foz com Rio Machado
Rio Machado ^{me}	P7	-9,73899	-61,88068	Entre leitos Rio Machado
Igarapé Tarifa	P8	-9,58721	-61,82470	Foz com Rio Machado
Rio Machado ^j	P9	-9,27610	-61,68258	Entre leitos Rio Machado
Igarapé Buenos Aires	P10	-9,27563	-61,67765	Foz com Rio Machado
Igarapé Pascana	P11	-9,38651	-61,68263	Foz com Rio Machado
Rio Tarumã	P12	-9,45895	-61,67028	Foz com Rio Machado
Rio Jaru	P13	-10,06767	-61,98288	Foz com Rio Machado

Observações: Montante = ^m; Médio = ^{me}; Jusante = ^j. Fonte: Próprio autor. Datum SIRGAS 2000 - 20 S.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

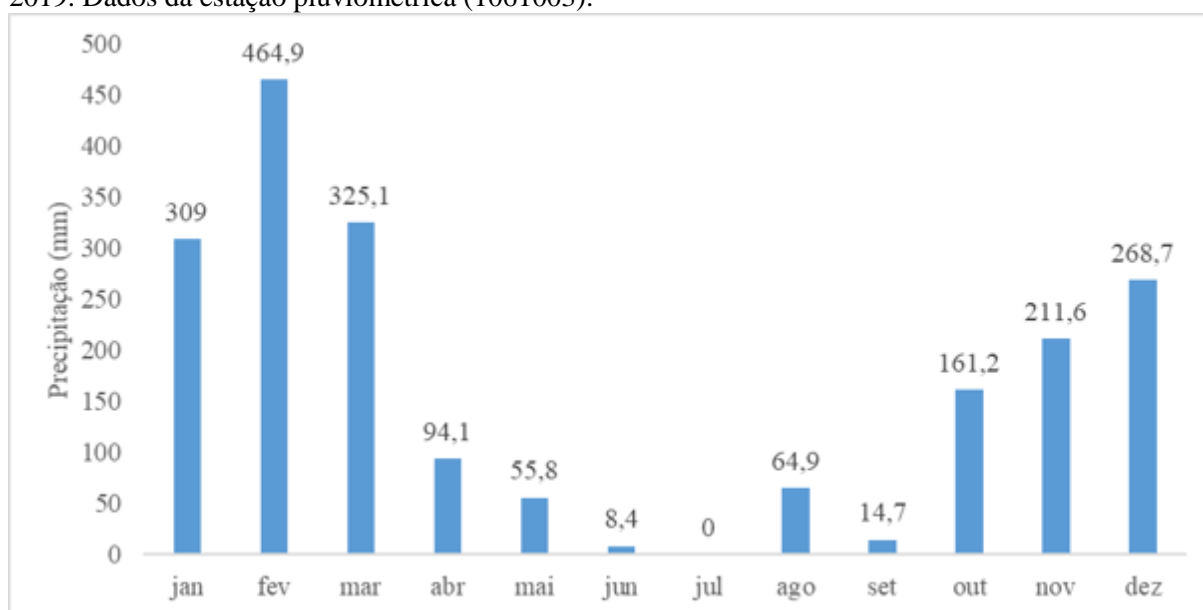


Fonte: Sales *et al* (2020).

Através da estação pluviométrica (1061003) da Agência Nacional de Águas (ANA) foi constatado que os meses mais chuvosos em 2019 foram janeiro, fevereiro e março sendo que o mês de fevereiro apresentou a máxima de 464,9 mm de precipitação e, o trimestre menos chuvoso foi referente aos meses de junho, julho e agosto, com mínima em agosto com 0 mm registrado, onde a precipitação anual não foi superior a 2000 mm, apresentando relação direta com o regime de escoamento superficial.

Volumes elevados de chuvas fazem com que o escoamento ocasione a lixiviação e carreamento de materiais dispostos para a área de drenagem da bacia e também contribuem para o revolvimento de sedimentos de fundo em decorrência do aumento da vazão (ALENCAR *et al.*, 2019). A Figura 2 corresponde ao regime de precipitação pluviométrica do Rio Machado na área estudada no período de janeiro a dezembro de 2019.

Figura 2 - Regime de precipitação pluviométrica do Rio Machado no período de janeiro a dezembro de 2019. Dados da estação pluviométrica (1061003).

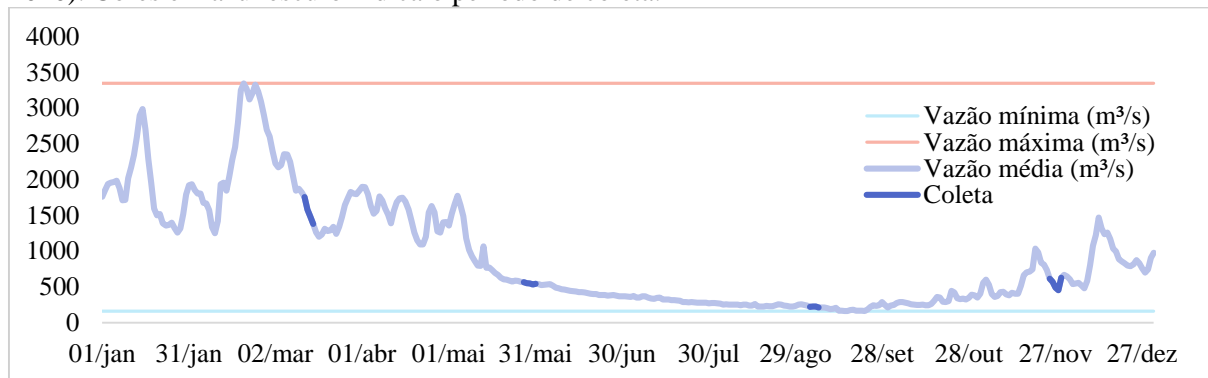


Fonte: ANA (2020).

Em consulta aos dados obtidos da estação fluviométrica (15560000) da Agência Nacional de Águas (ANA) no período correspondente ao regime de vazão do ano de 2019, foi possível verificar que a vazão média mínima foi de 160,58 m³/s na data de 15/09/2019 e a máxima registrada foi de 3.346,81 m³/s na data de 19/02/2019 (ANA, 2020). A figura 3 corresponde ao regime hidrológico do Rio Machado na área estudada no período de janeiro a dezembro de 2019. Entre o menor registro da vazão mínima e o maior registro da máxima, é possível

averiguar uma diferença de valor de mais de vinte vezes no decorrer do ciclo hidrológico. Essa variação sazonal foi registrada *in loco* no exutório do rio Tarumã, principal afluente da margem direita do Rio Machado da área estudada, ficando demonstrada na figura 4.

Figura 3 - Regime hidrológico do Rio Machado entre janeiro de 2019 a dezembro de 2019. Fonte:(ANA, 2020). Cores em azul escuro indica o período de coleta.



Fonte: ANA (2020).

Figura 4 – Imagens do Ciclo hidrológico de 2019 e sua respectiva variação de sazonalidade registrada no exutório do rio Tarumã.



Fonte: Próprio autor.

2.1 Caracterização física e ambiental das Bacias Hidrográficas

A Lei Federal nº 9.433, de 08.01.97, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos com seus fundamentos básicos, considerando a bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

As características físicas da bacia do rio Machado como vazão, altitude, declividade, comprimento do canal principal, precipitação média anual, e temperaturas médias mínimas e máximas na bacia são apresentados na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Características físicas e ambientais da Bacia hidrográfica (BH) do Rio Machado.

Parâmetro	Valor
Altitude máxima	600,00 m
Altitude mínima	75,00 m
Área	75.400 km ²
Comprimento do canal principal	972,00 km
Declividade média	0,62 graus
Largura máxima	500,00 m
Largura mínima	150,00 m
Precipitação média anual	2500,00 mm
Rede hidrográfica	27.497,00 km
Temperatura média máxima	33,00° C
Temperatura média mínima	19,00° C
Vazão média anual	700,00 m ³ .s ⁻¹

Fonte: (DINATO, 2013; Krusche *et al.*, 2005)

Toda a rede hidrográfica da REBIO do Jarú está inserida na bacia do Rio Machado correspondendo a 4,60% da área total dessa bacia hidrográfica. A área da unidade de conservação (UC) é de 3.468,61 km² e está distribuída em três municípios de Rondônia. Seus limites pertencem com maior abrangência ao município de Ji-Paraná correspondendo à 2.102,74 km² (60,62%) do território da unidade, seguido do município de Vale do Anari com 1.310,65 km² (37,79%) e do município de Machadinho D'Oeste com área correspondente de 55,22 km² (1,59%). No trecho estudado, os afluentes da margem direita do Rio Machado drenam a área da REBIO do Jarú e, na margem oposta, os afluentes referentes a margem esquerda, drenam uma área total de 8.834,45 km² correspondente a 11,71% da área total da BH do Rio Machado. As áreas de drenagem dessas BHs pertencentes à margem esquerda são constituídas de áreas com finalidades agrosilvopastoris, de núcleos urbanos e de parte de

remanescentes florestais na forma de fragmentos florestais. As características morfométricas das BHs da área de estudo são apresentadas na Tabela 3 abaixo.

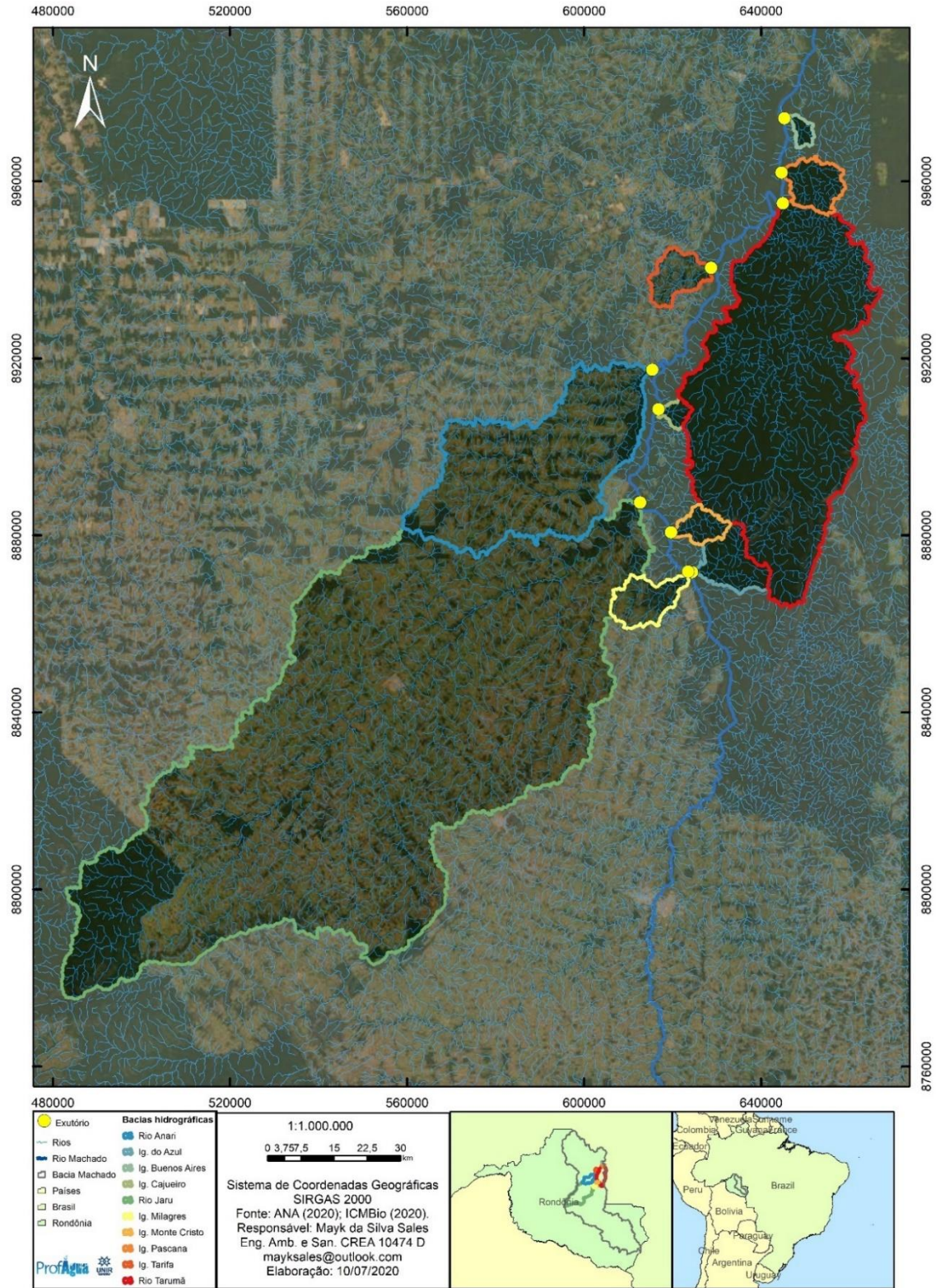
Tabela 3 - Características morfométricas das bacias hidrográficas (BHs) da área de estudo.

Bacia	A	P	CA	Cc	FF	IC	D	DD	H mín.	H máx
Azul ^{MD}	149,67	69,25	17,81	1,58	0,47	0,39	130,66	0,87	120,00	413,00
Jaru ^{ME}	7244,75	605,95	171,33	1,99	0,25	0,25	5201,95	0,72	105,00	586,00
Cajueiro ^{MD}	30,09	29,93	7,80	1,53	0,49	0,42	26,37	0,88	110,00	192,00
Anari ^{ME}	1345,21	244,62	66,86	1,87	0,30	0,28	1014,83	0,75	102,00	342,00
Tarifa ^{ME}	110,77	56,27	15,46	1,50	0,46	0,44	139,35	1,26	100,00	258,00
Tarumã ^{MD}	2537,00	449,00	90,80	1,86	0,24	0,30	1983,98	0,77	113,00	472,00
Pascana ^{MD}	120,67	59,90	14,91	1,53	0,54	0,42	123,40	1,02	97,00	232,00
B. Aires ^{MD}	25,84	30,81	8,72	1,70	0,34	0,34	20,98	0,81	91,00	169,00
Milagres ^{ME}	133,72	66,16	19,93	1,60	0,34	0,38	113,45	0,85	117,00	368,00
M. Cristo ^{MD}	66,26	43,83	13,65	1,51	0,36	0,43	59,04	0,89	120,00	402,00

A: Área (km²); P: Perímetro (km); CA: Comprimento Axial (km); Cc: Coeficiente de compacidade (adimensional); FF: Fator Forma (adimensional); IC: Índice de conformação; D: Drenagens (km); DD: Densidade de drenagem (km/km²); H mín: Cota mínima (m); H máx: Cota máxima (m). ^{MD}: Afluentes da margem direita. ^{ME}: Afluentes margem esquerda. Fonte: Próprio autor.

O rio Tarumã é a BH mais importante da REBIO do Jaru cobrindo aproximadamente 75 % da sua área, sendo que tem praticamente 100% de todos seus afluentes, apenas três afluentes nascem na Terra Indígena - T.I. Igarapé Lourdes. A BH do Rio Jaru é uma das mais impactadas em Rondônia, nascendo na Terra Indígena Uru Eu Wau Wau, banhando vários municípios e apresentando-se com poucas matas ciliares ao longo do seu percurso. Uma das principais fontes de poluição deste rio é o esgoto urbano. O Rio Anari deságua praticamente no centro do curso do Rio Machado, próximo da localidade denominada de Piratini, banhando o município do Vale do Anari. Nesta área predominam atividades agropecuárias e as florestas nativas foram substituídas em grande parte por pastagens (IBAMA, 2007). Nesse estudo, é importante o registro da constatação *in loco* do regime de drenagem intermitente na BH do Igarapé Monte Cristo no período hidrológico das águas baixas. A figura 5 demonstra o mapa de delimitação das bacias hidrográficas da margem direita e margem esquerda do Rio Machado na área de estudo.

Figura 5 - Delimitação das bacias hidrográficas da margem direita e margem esquerda do Rio Machado na área de estudo.



Fonte: Sales (2020).

2.2 Análise de água: variáveis limnológicas, elementos-traço na água e no sedimento

As coletas das amostras foram realizadas conforme preconizado no guia nacional de coleta e preservação de amostras (CETESB, 2011). A água destinada às análises físico-químicas, biológicas e determinação de elementos-traço foram coletadas com o uso da garrafa de *Van Dorn* e as amostras de sedimento de fundo foram coletadas com draga de *Van Veen* nos períodos distintos que compõem o ciclo hidrológico (Figura 6).

Figura 6 - a) Draga de Van Veen para coleta de sedimento de fundo. b) Garrafa de Van Dorn para coleta de água superficial.



Fonte: Próprio autor.

Nos laboratórios, todas as vidrarias que foram utilizadas para as análises sofreram processo de limpeza e descontaminação, tais como lavagens com detergente neutro, seguido de enxágue em água corrente e água destilada. Os recipientes, após a descontaminação foram mantidos lacrados até o momento da coleta.

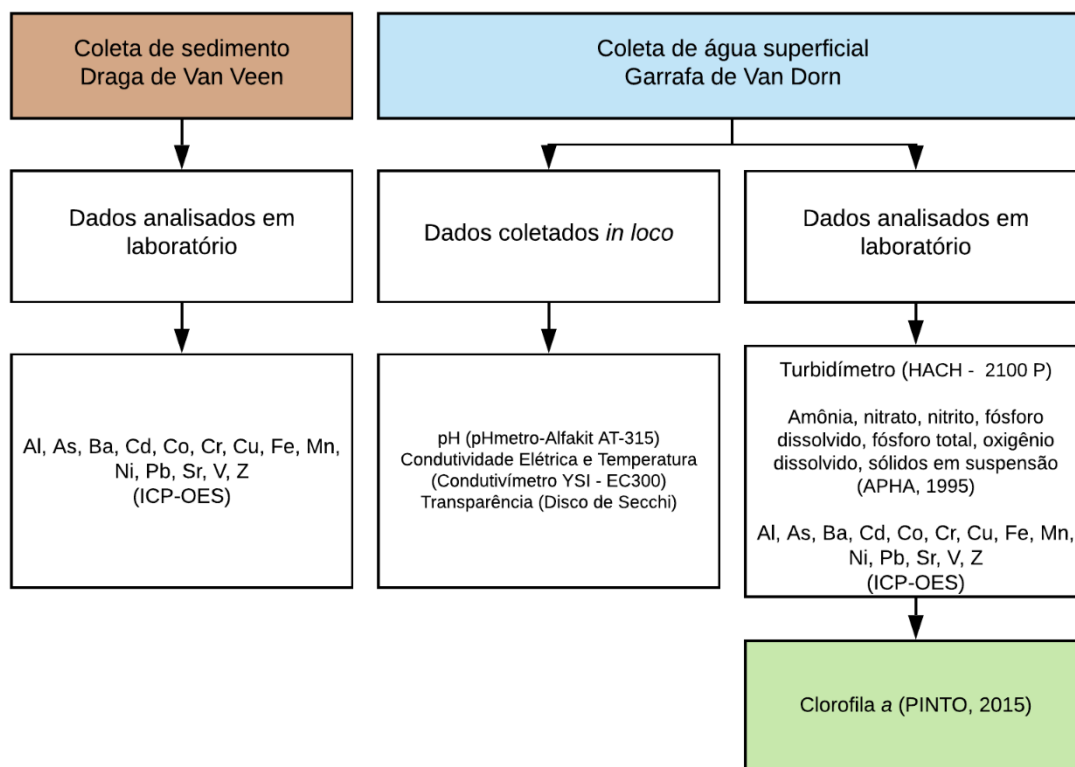
As metodologias de extrações químicas aplicadas no presente trabalho seguiram as descrições de APHA (1995) e de publicações que abordaram os mesmos tipos de análises e de amostragens (BASTOS et al, 1998; CETESB, 2011; CESTESB, 2014; COSTA JUNIOR, 2017; ESTEVES, 2011; PINTO, 2015; TAILLEFERT & GAILLARD, 2002). A tabela 4 e figura 7 apresentam os parâmetros, métodos utilizados e fluxograma das metodologias utilizadas.

Tabela 4 - Análises e métodos realizados durante a pesquisa.

Parâmetro	Métodos	Referências
Transparência da Água	Disco de <i>Secchi</i>	ESTEVES (2011)
Temperatura	<i>in loco</i> por sonda	CETESB (2011)
Amônia	Espectrofotômetro	(APHA, 1995)
Condutividade Elétrica (CE)	<i>In loco</i> por Sonda	CETESB (2011)
Potencial Hidrogeniônico (pH)	<i>In loco</i> por Sonda	CETESB (2011)
Turbidez	Turbidímetro de bancada	CETESB (2011)
Amônia	Espectrofotômetro	APHA, (1995)
Nitrato	Espectrofotômetro	APHA, (1995)
Nitrito	Espectrofotômetro	APHA, (1995)
Fósforo Dissolvido	Espectrofotômetro	APHA, (1995)
Fósforo Total	Espectrofotômetro	APHA, (1995)
Oxigênio Dissolvido (OD)	Titulométrico	APHA, (1995)
Sólidos totais	Gravimétrico	APHA, (1995)
Clorofila <i>a</i>	Etanol Quente	APHA, (1995)
Metais (elementos-traço) (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, V e Zn)	ICP-OES	APHA, (1995)

Fonte: Próprio autor.

Figura 7 - Fluxograma das análises e métodos realizados durante a pesquisa.



Fonte: Próprio autor.

As amostras de água foram mantidas refrigeradas até a realização das análises limnológicas realizadas no Laboratório de Limnologia e Microbiologia-LABLIM da UNIR, *campus* de Ji-Paraná. Através da técnica de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES), foram realizadas as análises das amostras dos elementos-traço: alumínio (Al), arsênio (As), bário (Ba), cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr) cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), estrôncio (Sr), vanádio (V) e zinco (Zn) na água e sedimento no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang Christian Pfeiffer da UNIR, *campus* de Porto Velho.

Para o controle de qualidade analítico na determinação das concentrações dos elementos-traço nas matrizes água e sedimento adotou-se a preparação das amostras em duplicatas e branco controle, com intuito de verificar possíveis contaminantes presentes nos reagentes utilizados durante todo o processo. Também foram utilizadas amostras da referência certificada para determinar a exatidão dos resultados obtidos. O EnviroMAT SS-2 (SCP Science 140-025-002, QC, Canadá) foi utilizado como material de referência do solo para análise (SCP-SCIENCE, 2005).

3 QUALIDADE DA ÁGUA

3.1 *Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água*

Todos os valores obtidos das variáveis limnológicas na matriz água, foram comparados com a Resolução do CONAMA 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, trazendo à luz que as águas de classe especial são águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral, como por exemplo, a REBIO do Jarú.

A Resolução do CONAMA n° 357/2005 não estabelece valores de referência para o parâmetro condutividade elétrica – CE, no entanto, é esperado que em águas naturais o valor encontrado não ultrapasse a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, pois altos valores, indicam ambientes impactados e características corrosivas da água (CETESB, 2018). Na presente pesquisa, todos os pontos verificados também apresentaram resultados inferiores ao valor citado.

Os pontos amostrais na matriz água para as variáveis fósforo total, amônia, nitrito e turbidez apresentaram valores médios em todo o ciclo hidrológico em conformidade com as referências descritas nas classes 1 e 2 da Resolução CONAMA 357/05. Apesar de não possuir valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, o fósforo dissolvido (ortofosfato) é uma variável de interesse para estudos limnológicos, pois é a forma de fosfato disponível para o fitoplâncton (NASCIMENTO, 2006).

Cabe ressaltar que nesse estudo, o maior valor encontrado para a amônia ($1277,60 \mu\text{g.L}^{-1}$) foi no Igarapé Monte Cristo no período hidrológico das águas baixas. Esse Igarapé apresentou-se intermitente e a coleta da amostra foi realizada num poço d'água encontrado aproximadamente 500 metros de seu exutório com vestígios *in loco* de sua utilização para a dessedentação de animais silvestres, o que pode explicar as elevadas concentrações de amônia encontradas neste local.

Considerando todos os períodos sazonais e todas as estações de coleta, a média da variável nitrato apresentou resultados em desconformidade com os valores de referência ($10,00 \text{ mg.L}^{-1} \text{ NO}_3$). No ponto correspondente ao médio Rio Machado o valor médio chegou a ($18,61 \pm 17,86 \text{ mg.L}^{-1}$) enquanto no Igarapé Azul foi encontrado o menor valor médio de ($14,08 \pm 13,77 \text{ mg.L}^{-1}$). Por outro lado, ao considerar os dois períodos sazonais referentes as águas baixas e a enchente, todos os pontos apresentaram conformidade com a legislação pertinente.

De acordo com a Resolução do CONAMA 357/2005, os valores de Oxigênio Dissolvido (OD) para os rios de Classe 1 e Classe 2 devem ser maiores que 6 mg.L^{-1} e 5 mg.L^{-1} , respectivamente. Apenas o rio Tarumã não apresentou conformidade com o estabelecido pela legislação quando comparado com a Classe 1, com média geral de ($5,41 \pm 0,95 \text{ mg.L}^{-1}$) em todo o ciclo hidrológico.

Porém, cabe considerar que toda a extensão do Rio tarumã está inserida em áreas protegidas por lei, onde a legislação traz o entendimento que ao realizar o enquadramento de um rio em Classe especial impõe que devem ser mantidas as condições naturais do corpo de água e o seu uso são destinados à conservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e preservação de ambientes aquáticos em unidades de conservação.

O material particulado em suspensão (MPS) ou sólidos totais dissolvidos (STD) nos pontos amostrais estiveram abaixo do valor máximo permitido para rios de classe 1 e 2 conforme a resolução CONAMA. A Turbidez em valores elevados, podem reduzir o processo de fotossíntese da vegetação submersa e das algas, diminuindo a produção de oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 2005). Quanto a turbidez, todos os pontos amostrais apresentaram valores inferiores à 100 UNT, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005

O resultado estatístico quanto aos valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros físico-químicos na matriz água e dos valores encontrados para o índice de estado trófico estão apresentados na tabela 5.

O menor valor de Condutividade elétrica-CE aferido foi de ($5,50 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), encontrado no período da vazante no Igarapé Cajueiro e a maior condutância obtida foi de ($75,10 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) no período das águas baixas no Rio Jaru. O fósforo total (P tot) registrou a média geral de ($63,57 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). O valor mínimo encontrado foi nas águas altas ($13,86 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) no Rio Tarumã e o máximo valor encontrado foi na enchente ($119,33 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) no ponto do Rio Machado à montante. O fósforo dissolvido (Pd) apresentou a média geral de ($28,24 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). O menor valor encontrado foi na enchente ($4,94 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) no Igarapé cajueiro e o maior valor encontrado foi na vazante ($113,17 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) no Rio Jaru.

A média geral do nitrato (NO_3^-) foi registrada no valor de ($16,01 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). O mínimo valor encontrado foi nas águas baixas ($0,17 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) no Igarapé Azul e o máximo valor encontrado foi na vazante ($37,41 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) no ponto correspondente ao médio Rio Machado.

O nitrito (NO_2^-) apresentou o valor de média geral de ($7,34 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), sendo o menor valor encontrado na vazante ($0,77 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) no igarapé Buenos Aires e o maior valor encontrado na enchente ($25,07 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) no ponto correspondente a jusante do Rio Machado. As concentrações de amônia ($\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$) apresentaram valores de média geral de ($75,64 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). O menor valor encontrado foi na vazante ($2,10 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) no Igarapé dos Milagres e o maior valor encontrado foi nas águas baixas ($1277,60 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) no Igarapé Monte Cristo.

Neste estudo, o Oxigênio dissolvido registrou a média geral de ($7,61 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). O menores valores encontrados foram na vazante e nas águas baixas ($4,67 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) no Rio Tarumã e o maior

valor encontrado foi nas águas baixas (11,67 mg.L⁻¹) no ponto correspondente à montante do Rio Machado.

O potencial hidrogeniônico, não demonstrou grandes variações sazonais, variando entre 4,07 a 7,63, mas apresentou diferença significativa. O valor do potencial hidrogeniônico (pH) registrou a média geral de (6,51). O menor valor encontrado foi na vazante (4,07) no Igarapé Buenos Aires e o maior valor encontrado foi nas águas baixas (7,63) no Rio Jaru.

Os valores para o material particulado em suspensão (MPS) ou sólidos em suspensão apresentaram a média geral de (48,25 mg.L⁻¹). O menor valor encontrado foi nas águas baixas (4,00 mg.L⁻¹) no Rio Tarumã e o maior valor encontrado também nas águas baixas foi de (112,0 mg.L⁻¹) no ponto correspondente à montante do Rio Machado. Com relação a temperatura da água, a média geral foi de (27,41°C). O menor valor encontrado foi na enchente (24,90 °C) no Igarapé Azul e o maior valor encontrado foi na vazante (31,20 °C) no Igarapé Monte Cristo.

A transparência da água apresentou a média geral de (0,64 m). O menor valor encontrado foi nas águas baixas (0,20 m) no Igarapé Monte Cristo e o maior valor encontrado foi nas águas altas (1,2 m) no Igarapé Buenos Aires. Os resultados da turbidez registraram a média geral de (25,35 UNT). O menor valor encontrado foi na vazante (4,00 UNT) no Igarapé Monte Cristo e o maior valor encontrado foi na enchente (86,10 UNT) no ponto correspondente ao Rio Machado à montante.

A Clorofila *a* não teve os seus valores detectados no período das águas baixas, mas foi possível detectar nos demais períodos do ciclo hidrológico, a menor variação de média foi apresentada nos afluentes da margem direita (1,09 µg.L⁻¹) no período das águas altas e a maior variação média (5,30 µg.L⁻¹) também nos afluentes da margem direita no período da vazante. O maior valor encontrado foi na vazante (16,09 µg.L⁻¹) no afluente da margem direita (Igarapé Monte Cristo) e o menor valor encontrado foi de (0,24 µg.L⁻¹) no período das águas altas no afluente também da margem direita (Igarapé Cajueiro).

Tabela 5 - Resultado estatístico dos parâmetros físicos e químicos na água.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Variância	Desvio Padrão
CE	5,50	75,10	32,05	29,06	269,98	16,43
IET	44,34	61,39	55,03	54,49	13,00	3,61
P d	4,94	113,17	23,38	28,24	454,34	21,32
P tot	7,40	197,40	58,03	63,57	1287,58	35,88
NO ₃ ⁻	0,17	37,41	11,59	16,01	236,41	15,38
NO ₂ ⁻	0,77	25,07	5,60	7,34	43,93	6,63
NH ₃ -NH ₄ ⁺	2,10	1277,60	26,35	75,64	40310,75	200,78
OD	4,67	11,67	7,24	7,61	2,37	1,54
pH	4,07	7,63	6,70	6,51	0,45	0,67
MPS	4,00	112,00	48,70	48,25	0,55	26,55
T H2O	24,90	31,20	27,60	27,41	2,59	1,61
T Ar	25,00	33,70	28,65	28,78	3,41	1,85
Transp	0,20	1,20	0,63	0,64	0,08	0,29
Turbidez	4,00	86,10	21,70	25,35	376,69	19,41

Valor de referência CONAMA N° 357/05 águas doce Classe 1 e 2: 100,00 µg.L⁻¹ Pt; 10,00 mg.L⁻¹ NO₃⁻; 1000,00 µg.L⁻¹ NO₂⁻; 3,7 mg.L⁻¹ NH₃, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg.L⁻¹ NH₃, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg.L⁻¹ NH₃, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg.L⁻¹ NH₃, para pH > 8,5. OD > 6,00 mg.L⁻¹ Classe 1; OD > 5,00 mg.L⁻¹. Classe 2: 6,00 ≤ pH ≤ 9,00; UNT ≤ 40 Classe 1; UNT ≤ 100 Classe 2. Fonte: Próprio autor.

3.2 Índice de Estado Trófico – IET

A classificações foram realizadas em todos os períodos correspondentes ao ciclo hidrológico de 2019 de acordo com os limites das concentrações de fósforo total para os diferentes níveis tróficos. Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios são: ultraoligotrófico (IET ≤ 47), oligotrófico (47 < IET ≤ 52), mesotrófico (52 < IET ≤ 59), eutrófico (59 < IET ≤ 63), supereutrófico (63 < IET ≤ 67) e hipereutrófico (IET > 67) e estão apresentados na tabela 11. IET para Rios segundo Lamparelli (2004).

Tabela 6 - Valores dos limites das concentrações de fósforo total para os diferentes estados tróficos.

Estado trófico	Fósf. total (µg.L ⁻¹)	Ponderação	Clorofila a (µg.L ⁻¹)	Secchi (m)
Ultraoligotrófico	≤ 13	IET ≤ 47	≤ 0,74	≥ 2,4
Oligotrófico	13 < PT ≤ 35	47 < IET ≤ 52	0,74 < Cla ≤ 1,31	2,4 > S ≥ 1,7
Mesotrófico	35 < PT ≤ 137	52 < IET ≤ 59	1,31 < Cla ≤ 2,96	1,7 > S ≥ 1,1
Eutrófico	137 < PT ≤ 296	59 < IET ≤ 63	2,96 < Cla ≤ 4,70	1,1 > S ≥ 0,8
Supereutrófico	296 < PT ≤ 640	63 < IET ≤ 67	4,70 < Cla ≤ 7,46	0,8 > S ≥ 0,6

Estado trófico	Fósf. total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Ponderação	Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Secchi (m)
Hipereutrófico	640 < PT	IET > 67	> 7,46	< 0,6

Fonte: Lamparelli, 2004.

O índice de estado trófico (IET) determinado pela aplicação da equação de Lamparelli (2004), de acordo com os valores limites das concentrações de fósforo total encontrados para os diferentes níveis tróficos apresentou a média geral de 54,49 em todo o ciclo hidrológico. Tanto o menor quanto o maior valor encontrado, foram registrados na vazante, sendo o menor valor de 44,34 no Igarapé Azul e o maior valor encontrado de 61,39 foi no Rio Anari.

O cálculo do Índice de Estado trófico - IET para as concentrações de fósforo total indicaram neste estudo que o Rio Machado em seus trechos correspondentes aos pontos médio e a jusante, Igarapé Tarifa, Igarapé Buenos Aires, Igarapé Pascana e Rio Jarú tiveram classificação quanto aos seus estados tróficos como mesotrófico ($52 < \text{IET} \leq 59$) em todas as campanhas do ciclo hidrológico. Evidenciando corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações futuras sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis.

Quanto a sazonalidade, o ponto correspondente ao Rio Machado à montante, no período da vazante, foi classificado como ultraoligotrófico ($\text{IET} \leq 47$) e mesotrófico para os demais períodos. A média do IET para todos os corpos hídricos analisados apresentou-se como “mesotrófico” em quase todos os períodos sazonais. A exceção foi o Igarapé Azul que apresentou estado trófico como “oligotrófico” (51,14).

O Rio Anari apresentou a classificação de seu estado em eutrófico (61,39) no período de vazante, onde tal achado revela implicações sobre a qualidade da água entendida como eutrofização indicando alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetado por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrente do aumento da concentração de nutrientes e interferência nos seus múltiplos usos. É provável que a entrada de nutrientes no período da vazante excedeu a capacidade de autodepuração do Rio Anari, indicando a eutrofização.

Sales (2020) ao estudar a cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Anari, concluiu que 75,33% do uso da bacia são por pastagens. Nesta área, predominam atividades agropecuárias e as florestas nativas foram substituídas em grande parte por pastagens, onde as condições

ambientais referentes ao uso e conservação do solo e preservação das águas são precárias. Tal situação, está relacionada com o fato de sua área ser uma das primeiras destinadas aos Projetos de colonização do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA (IBAMA, 2007).

O Igarapé Azul, apresentou-se como “ultraoligotrófico” (45,58) no período de vazante e como “oligotrófico” (48,99) nas águas altas. Já o Rio tarumã apresentou-se como “oligotrófico” nas águas altas e enchente respectivamente (47,59; 51,49), sendo ambos caracterizados como corpos d'água limpos, com pouca produção primária, dos quais não ocorrem uso indesejado da água em decorrência de seus limites estarem inseridos no interior de uma unidade de conservação (REBIO do Jaru).

Tabela 7 - Índice de Estado Trófico – IET.

Ponto	Águas altas	Vazante	Águas baixas	Enchente	Média	Desv. Padrão
Azul	48,99	45,58	55,22	54,77	51,14	4,67
Machado ^m	53,14	46,10	57,78	58,78	53,95	5,78
Milagres	53,23	44,34	57,96	56,14	52,92	6,04
Monte Cristo	53,98	48,14	58,24	50,15	52,63	4,46
Cajueiro	55,92	55,33	56,14	51,63	54,76	2,11
Anari	51,40	61,39	55,50	52,67	55,24	4,44
Machado ^{me}	52,95	58,03	57,60	57,91	56,62	2,46
Tarifa	53,66	57,22	57,78	52,55	55,30	2,59
Machado ^j	55,47	56,85	55,36	58,40	56,52	1,42
Buenos Aires	54,36	53,52	54,77	57,78	55,11	1,86
Pascana	52,85	55,07	54,36	58,32	55,15	2,31
Tarumã	47,59	54,40	55,00	51,49	52,12	3,39
Jaru	54,85	57,61	57,13	57,87	56,86	1,38

Observações: ^m montante; ^{me} médio; ^j jusante.

Fonte: Próprio autor.

4 ELEMENTOS-TRAÇO NA ÁGUA E NO SEDIMENTO

4.1 Elementos-traço na água

Todos os valores obtidos das concentrações dos elementos-traços na matriz água, foram comparados com a Resolução do CONAMA 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Conforme o Art 15. da

Resolução CONAMA 375/2005 aplicam-se as águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos para os elementos-traços estudados.

Na estatística descritiva as concentrações médias totais dos elementos-traço na água apresentaram a seguinte ordem decrescente Zn >Fe>Mn>Al> Ni>Ba>Sr> V>As>Pb >Cd >Cu >Co. Na fração total, o cromo (Cr) não foi detectado em todo o ciclo hidrológico analisado.

Tabela 8 - Estatística descritiva da concentração de elementos-traços na água (fração total).

Estadística	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Variância	Desvio Padrão
Al	25,93	250,8	86,64	99,23	2351,07	48,49
As	0,29	5,52	2,82	2,78	2,27	1,51
Ba	1,33	45,46	22,4	23,21	145,97	12,08
Cd	3,56	3,81	3,65	3,67	0,01	0,07
Co	0,19	0,56	0,35	0,35	0,01	0,1
Cu	0,05	3,07	1,26	1,46	1,54	1,24
Fe	12,24	2931	967,75	1018,09	393177	627,04
Mn	3,91	260,7	36,7	54,76	2762,13	52,56
Ni	0,13	97,42	5,13	10,79	510,43	22,59
Pb	0,04	5,34	0,78	1,3	1,94	1,39
Sr	2,64	25,86	12,97	12,08	28,29	5,32
V	1,44	9,76	8,56	7,2	8,26	2,87
Zn	0,01	3192	24,42	105	192193	438,4

Fonte: Próprio autor.

As concentrações médias dos elementos-traços totais na água por sazonalidade entre os afluentes e o Rio Machado apresentaram-se na seguinte ordem decrescente Fe>Al>Mn>Ba>Sr>V>Zn.

Tabela 9 - Resultado estatístico dos elementos-traço na água ($\mu\text{g.L}^{-1}$) por sazonalidade (Águas altas/águas baixas) entre afluentes e rio principal

Parâmetro	Sistema	Águas altas			Águas baixas		
		Mín	Máx	Média	Mín	Máx	Média
Al	RM	148,80	201,80	175,70	57,39	126,30	84,13
Al	MD	53,93	163,20	114,80	25,93	250,80	96,95
Al	ME	87,44	131,10	105,70	38,87	72,90	57,15
As	RM	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
As	MD	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
As	ME	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Ba	RM	34,86	43,65	38,51	7,17	27,61	18,89
Ba	MD	10,23	36,98	27,53	3,15	41,36	15,75
Ba	ME	14,61	42,84	32,39	9,08	23,17	14,49
Cd	RM	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Cd	MD	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Cd	ME	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT

Parâmetro	Sistema	Águas altas			Águas baixas		
Co	RM	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Co	MD	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Co	ME	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Cu	RM	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Cu	MD	<LDT	0,05	<LDT	<LDT	1,26	0,21
Cu	ME	<LDT	3,07	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Fe	RM	1367,00	1589,00	1547,00	224,90	673,60	514,90
Fe	MD	478,90	1503,00	921,80	75,83	2931,00	914,12
Fe	ME	1445,00	2217,00	1764,50	525,20	1258,00	943,85
Mn	RM	34,30	58,46	57,50	33,64	61,04	51,60
Mn	MD	12,20	51,78	27,93	6,07	260,70	117,20
Mn	ME	28,14	97,77	51,99	23,46	54,29	34,61
Ni	RM	<LDT	0,30	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Ni	MD	<LDT	0,14	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Ni	ME	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Pb	RM	<LDT	0,41	0,04	<LDT	2,64	0,88
Pb	MD	<LDT	1,17	<LDT	<LDT	5,34	1,72
Pb	ME	<LDT	2,18	0,36	<LDT	1,90	0,86
Sr	RM	13,95	15,36	15,03	6,83	15,34	10,90
Sr	MD	4,81	15,33	9,75	3,16	12,56	7,76
Sr	ME	9,17	19,94	14,28	6,48	13,37	9,90
V	RM	8,26	8,36	8,28	8,92	9,73	9,44
V	MD	7,46	9,11	8,45	8,53	9,61	9,05
V	ME	7,73	8,82	8,02	8,67	9,48	9,12
Zn	RM	5,35	21,81	12,28	64,08	155,70	94,97
Zn	MD	5,05	52,70	17,39	21,56	3192,00	655,43
Zn	ME	6,40	28,15	18,45	27,48	216,70	113,75

Observações: RM: Rio Machado; MD: Margem direita (Afluentes da Rebio Jaru); ME: Margem esquerda (Afluentes do Rio Machado no entorno da Rebio Jaru); <LDT: Abaixo do limite de detecção da técnica. Próprio autor

Tabela 10 - Resultado estatístico dos elementos-traço totais na água ($\mu\text{g.L}^{-1}$) por sazonalidade (vazante/enchente) entre afluentes e rio principal

Parâmetro	Sistema	Vazante			Enchente		
		Mín	Max	Média	Mín	Máx	Média
Al	RM	134,30	228,90	148,80	100,40	183,00	130,80
Al	MD	36,02	130,00	58,73	45,14	139,30	67,96
Al	ME	85,36	95,59	90,79	63,64	106,30	88,01
As	RM	<LDT	<LDT	<LDT	1,96	3,56	2,74
As	MD	<LDT	<LDT	<LDT	0,29	4,23	2,86
As	ME	<LDT	<LDT	<LDT	0,75	5,52	2,85
Ba	RM	32,95	43,39	35,17	23,46	42,10	24,79
Ba	MD	1,33	26,55	14,00	8,29	29,08	18,23
Ba	ME	15,43	39,93	22,48	19,13	45,46	24,22
Cd	RM	<LDT	<LDT	<LDT	3,56	3,69	3,59
Cd	MD	<LDT	<LDT	<LDT	3,64	3,73	3,65
Cd	ME	<LDT	<LDT	<LDT	3,58	3,81	3,72
Co	RM	<LDT	<LDT	<LDT	0,24	0,56	0,33
Co	MD	<LDT	<LDT	<LDT	0,19	0,42	0,33
Co	ME	<LDT	<LDT	<LDT	0,21	0,46	0,41
Cu	RM	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Cu	MD	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Cu	ME	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Fe	RM	1390,00	1727,00	1434,00	555,70	1404,00	870,70

Parâmetro	Sistema	Vazante			Enchente		
Fe	MD	260,30	971,80	535,75	161,70	963,70	425,80
Fe	ME	1317,00	1913,00	1881,50	12,24	1696,00	1188,00
Mn	RM	51,08	104,90	54,58	24,74	105,60	62,57
Mn	MD	3,91	58,37	22,48	7,87	52,96	21,99
Mn	ME	25,33	60,54	52,51	51,04	185,30	77,74
Ni	RM	<LDT	<LDT	<LDT	5,53	5,92	5,75
Ni	MD	<LDT	<LDT	<LDT	4,64	7,68	5,04
Ni	ME	<LDT	<LDT	<LDT	5,02	97,42	10,00
Pb	RM	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	0,30	<LDT
Pb	MD	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	0,75	<LDT
Pb	ME	<LDT	0,35	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Sr	RM	15,18	16,31	15,94	14,36	19,48	14,71
Sr	MD	2,64	8,55	5,45	10,49	16,76	12,31
Sr	ME	9,38	23,13	12,02	17,26	25,86	21,05
V	RM	9,45	9,72	9,47	2,39	3,62	2,76
V	MD	8,21	9,24	8,74	1,61	2,64	1,91
V	ME	8,32	9,76	9,31	1,44	2,79	2,52
Zn	RM	0,01	15,68	4,51	13,88	28,97	27,95
Zn	MD	0,47	39,20	26,99	8,73	71,97	8,98
Zn	ME	12,55	50,41	26,33	6,63	40,77	17,42

Observações: RM: Rio Machado; MD: Margem direita (Afluentes da Rebio Jaru); ME: Margem esquerda (Afluentes do Rio Machado no entorno da Rebio Jaru); <LDT: Abaixo do limite de detecção da técnica. Próprio autor

O alumínio (Al) total registrou o maior valor de média total de (250,80 $\mu\text{g.L}^{-1}$) no período das águas baixas no Igarapé Buenos Aires e o alumínio dissolvido teve maior valor encontrado nas águas altas (158,30 $\mu\text{g.L}^{-1}$) no Igarapé Tarifa, apresentando desconformidade com a legislação.

O zinco registrou desconformidade em relação ao limite máximo permitido (180 $\mu\text{g.L}^{-1}$), onde o maior valor encontrado foi de (3192,00 $\mu\text{g.L}^{-1}$) nas águas baixas no Igarapé Buenos Aires.

Na estatística descritiva das concentrações dos elementos-traço dissolvidos observam-se que seus valores foram verificados em apenas dois períodos sazonais (águas altas e baixas), onde as concentrações médias dos metais dissolvidos na água apresentaram-se na seguinte ordem decrescente Fe > Mn > Zn > Ba > Al > Sr > Pb > V > Ni.

Tabela 11 - Estatística descritiva da concentração de elementos-traço na fração dissolvida.

Estatística	Al	Ba	Fe	Mn	Ni	Pb	Sr	V	Zn
Mínimo	7,70	27,66	98,61	0,65	1,01	0,24	3,87	7,26	3,32
Máximo	158,30	167,40	1369,00	677,90	6,21	13,29	28,45	9,12	454,10
Mediana	39,79	49,10	385,90	12,81	1,23	2,17	15,09	8,30	31,47
Média	60,59	51,61	580,24	47,79	2,82	3,95	14,49	8,32	58,99
Variância	1938,52	634,37	178754,04	17703,16	5,78	16,42	37,48	0,18	8009,46

Estatística	Al	Ba	Fe	Mn	Ni	Pb	Sr	V	Zn
Desvio Padrão	44,03	25,19	422,79	133,05	2,40	4,05	6,12	0,42	89,50

Fonte: Próprio autor.

As concentrações dos elementos-traço na fração dissolvida foram verificadas em dois períodos sazonais (águas altas e baixas), onde as concentrações médias dos metais dissolvidos na água apresentaram-se na seguinte ordem decrescente Fe>Al>Ba>Sr>V>Zn>Mn.

Tabela 12 - Resultado estatístico dos elementos traços dissolvidos na água ($\mu\text{g.L}^{-1}$) por sazonalidade entre afluentes e rio principal.

Parâmetro	Sistema	Águas altas			Águas baixas		
		Mín	Máx	Média	Mín	Máx	Média
Al	RM	103,00	158,10	128,17	19,94	24,76	21,61
Al	MD	23,99	123,20	82,64	29,94	53,24	37,50
Al	ME	7,70	158,30	77,36	21,03	26,61	23,94
As	RM	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
As	MD	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	0,65	0,11
As	ME	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Ba	RM	52,66	63,45	57,90	38,30	49,29	44,91
Ba	MD	27,66	53,64	43,13	29,97	167,40	61,40
Ba	ME	38,27	53,69	46,09	40,88	61,05	55,47
Co	RM	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Co	MD	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	3,33	0,55
Co	ME	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT
Fe	RM	1004,00	1194,00	1096,67	140,10	165,90	152,80
Fe	MD	325,60	1133,00	727,18	98,61	389,40	245,20
Fe	ME	450,10	1369,00	1062,53	147,30	536,40	313,33
Mn	RM	0,85	3,34	2,20	<LDT	68,80	23,63
Mn	MD	0,65	27,82	10,20	12,38	677,90	137,06
Mn	ME	<LDT	76,03	26,24	3,57	50,43	20,23
Ni	RM	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	6,21	2,07
Ni	MD	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	1,23	0,20
Ni	ME	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	1,01	0,25
Pb	RM	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	11,12	4,59
Pb	MD	<LDT	0,92	0,28	<LDT	13,29	5,08
Pb	ME	<LDT	0,24	0,06	0,90	3,98	2,28
Sr	RM	15,97	17,07	16,39	13,75	20,48	16,50
Sr	MD	5,02	16,25	10,66	3,87	28,45	13,04
Sr	ME	9,97	21,01	15,51	10,84	27,60	18,44
V	RM	8,24	8,36	8,28	8,60	9,12	8,81
V	MD	7,26	8,58	8,18	7,80	8,97	8,16
V	ME	7,65	9,08	8,29	8,10	8,78	8,47
Zn	RM	8,19	93,80	39,55	13,47	54,10	28,02
Zn	MD	8,59	454,10	96,88	33,04	136,00	67,92
Zn	ME	3,32	192,20	62,37	21,31	28,27	23,15

Observações: RM: Rio Machado; MD: Margem direita (Afluentes do entorno da Rebio Jarú); ME: Margem esquerda (Afluentes da Rebio Jarú); <LDT: Abaixo do limite de detecção da técnica. Próprio autor

O elemento chumbo apresentou valores inferiores ao permitido ($10,00 \mu\text{g.L}^{-1}$) com a média total de ($1,30 \mu\text{g.L}^{-1}$) e não foi detectado no Rio Tarumã em todo o ciclo hidrológico. O menor valor detectado foi de ($0,04 \mu\text{g.L}^{-1}$) nas águas altas no ponto correspondente ao Rio Machado à jusante, o maior valor encontrado ($5,34 \mu\text{g.L}^{-1}$), por sua vez, foi no Igarapé Cajueiro no período das águas baixas.

O cobre não foi detectado na vazante e nem na enchente, sendo detectado nas águas altas apenas no Igarapé Tarifa e Igarapé Azul. Nas águas baixas foi detectado apenas no Igarapé Buenos Aires. A média total foi de ($1,46 \mu\text{g.L}^{-1}$), onde o menor valor detectado foi de ($0,05 \mu\text{g.L}^{-1}$) no Igarapé Azul e maior valor ($3,07 \mu\text{g.L}^{-1}$) no Igarapé Tarifa. Na resolução, somente há valores máximos para o cobre dissolvido ($9,00 \mu\text{g.L}^{-1}$). No entanto, nem o cobre, o cromo e o cádmio foram detectados nas duas fases analisadas do ciclo hidrológico para os elementos-traço dissolvidos.

4.2 Elementos-traço no sedimento

Na evolução do sistema aquático, as camadas de sedimento são formadas nas áreas de remansos de rios e em lagos, estas por sua vez, podem conter compostos químicos e estruturas biológicas como resultado desse processo, podendo também receber ou absorver poluentes como resultado de processos atmosféricos naturais, erosão e atividades antrópicas (BAI *et al.*, 2011; ESTEVES, 2011).

Com a finalidade de avaliar os níveis de elementos-traço encontrados nas amostras de sedimentos e considerando a falta de legislação específica, utilizou-se como parâmetro o preconizado pela resolução do CONAMA n.º 420 de 28 de dezembro de 2009, alterada pela Resolução CONAMA n.º 460, de 30 de dezembro de 2013. Essa Legislação federal dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Ainda com a finalidade de melhor avaliar os resultados encontrados para os elementos-traço no sedimento, os valores encontrados também foram comparados com os valores orientadores da Resolução CONAMA 454/2012, que por sua vez, prevê a caracterização química do material a

ser dragado determinando as concentrações das substâncias poluentes contidas na fração total da amostra.

Esta Resolução estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional e, no que se refere à caracterização química do material a ser dragado, deverá ser realizada a respectiva classificação química, que permanece em dois níveis (Nível 1, que consiste no limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota, e Nível 2, que consiste no limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota), Dessa forma, comparou-se os resultados com os valores orientadores previstos na Tabela III do Anexo da Resolução CONAMA n° 454/12.

Na estatística descritiva das concentrações das médias gerais dos elementos-traço no sedimento apresentaram-se na seguinte ordem decrescente: Al>Fe>Mn>Ba>V>Z>Cr>Ni>As>Cd>Pb>Cu>Sr>Co.

Tabela 13 - Estatística descritiva da concentração de elementos-traço no sedimento.

Estadística	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Variância	Desvio Padrão
Al	2855,2	122882	10776,6	12484,6	251533826,3	15859,8
As	0,13	34,75	10,57	12,15	130,63	11,43
Ba	21,79	409,57	92,9	106,68	4170,61	64,58
Cd	0,001	32,49	3,41	10,48	159,4	12,63
Co	2,07	10,54	5,42	5,6	5,62	2,37
Cu	2,82	16,0	8,47	8,35	6,74	2,6
Cr	5,3	44,74	20,15	19,63	65,59	8,1
Fe	5676,17	108566	12281,9	16169,5	227847583,2	15094,6
Mn	17,82	1627,17	275,75	472,33	164009,55	404,98
Ni	1,89	43,18	5,54	13,33	213,22	14,6
Pb	4,39	16,01	8,97	9,15	0,25	2,28
Sr	1,56	10,88	4,88	5,63	7,39	2,72
V	11,9	88,74	30,38	34,46	322,72	17,96
Zn	11,86	61,42	31,72	32,62	119,08	10,91

Fonte: Próprio autor.

As concentrações médias dos elementos-traço no sedimento por sazonalidade entre afluentes e rio principal apresentaram-se na seguinte ordem decrescente Fe>Al>Mn>Ba>Z>V>Cr.

Tabela 14 - Resultado estatístico das concentrações de elementos-traço no sedimento ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) por sazonalidade (águas altas e baixas) entre afluentes e rio principal.

Parâmetro	Sistema	Águas altas			Águas baixas		
		Mín	Máx	Média	Mín	Máx	Média
Al	RM	4951,11	12374,03	9569,42	12611,42	122882,05	50207,54
Al	MD	5803,33	12958,09	9546,93	6200,78	12701,64	9436,46
Al	ME	2959,52	14799,73	11021,50	5430,03	11362,02	9586,33
As	RM	<LDT	<LDT	<LDT	<LDT	16,86	5,62
As	MD	<LDT	0,70	0,24	<LDT	<LDT	<LDT
As	ME	<LDT	0,36	0,09	<LDT	<LDT	<LDT
Ba	RM	66,76	105,27	91,69	110,58	172,48	132,18
Ba	MD	55,56	93,71	74,30	44,37	122,86	80,06
Ba	ME	21,79	114,47	77,97	33,40	95,97	78,70
Cd	RM	0,001	2,79	1,75	2,54	31,31	12,85
Cd	MD	0,05	2,69	1,90	2,43	4,79	3,38
Cd	ME	1,96	2,45	2,15	2,83	4,70	3,77
Co	RM	4,68	6,74	5,73	4,95	7,79	6,29
Co	MD	2,59	6,61	5,03	2,64	8,70	5,57
Co	ME	2,17	10,08	6,37	3,26	7,87	5,87
Cu	RM	5,65	11,38	9,32	7,13	11,37	9,39
Cu	MD	6,91	12,59	9,24	5,72	11,34	8,39
Cu	ME	3,13	13,00	7,97	7,18	16,00	10,19
Cr	RM	14,23	23,40	19,17	8,82	22,71	17,83
Cr	MD	6,45	27,73	18,96	14,97	22,14	18,74
Cr	ME	8,10	25,96	20,64	9,71	29,59	20,48
Fe	RM	9863,69	14516,99	12433,17	12605,25	18654,91	14979,48
Fe	MD	8704,34	14777,72	11271,30	7659,69	13847,65	10722,58
Fe	ME	6955,67	16513,86	12295,29	9759,13	108565,94	36246,27
Mn	RM	276,29	646,85	405,50	180,75	1323,57	768,11
Mn	MD	97,62	318,90	220,22	134,30	1132,94	499,33
Mn	ME	128,63	1024,32	595,58	108,18	1049,01	523,53
Ni	RM	4,28	6,09	5,47	3,34	34,15	14,55
Ni	MD	2,59	7,01	4,64	3,64	7,10	5,70
Ni	ME	2,70	6,98	4,27	3,64	5,52	4,64
Pb	RM	6,77	8,96	8,08	8,98	9,22	9,14
Pb	MD	8,69	12,06	10,67	9,16	16,01	11,48
Pb	ME	8,35	13,17	9,94	8,35	13,17	9,94
Sr	RM	3,85	10,88	7,91	4,42	10,01	7,08
Sr	MD	2,38	9,68	4,99	3,65	9,03	6,89
Sr	ME	1,77	8,41	4,51	2,86	10,40	5,74
V	RM	18,64	35,56	27,90	18,90	53,26	34,53
V	MD	16,60	40,34	28,84	17,18	28,71	23,18
V	ME	15,19	37,87	25,60	21,98	44,41	32,61
Zn	RM	23,57	36,77	31,42	33,70	42,04	39,05
Zn	MD	26,58	41,33	31,27	18,79	35,39	27,10
Zn	ME	12,32	42,43	31,36	20,63	32,15	27,80

Observações: RM: Rio Machado; MD: Margem direita (Afluentes da Rebio Jarú); ME: Margem esquerda (Afluentes do Rio Machado no entorno da Rebio Jarú); <LDT: Abaixo do limite de detecção da técnica. Próprio autor

Tabela 15 - Resultado estatístico das concentrações de elementos-traço no sedimento ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) por sazonalidade (vazante/enchente) entre afluentes e rio principal.

Parâmetro	Sistema	Vazante			Enchente		
		Mín	Max	Média	Min	Máx	Média
Al	RM	5643,37	13517,55	7238,93	11982,43	15518,91	15055,58
Al	MD	2855,20	10613,67	6320,69	9103,43	16196,92	13081,02
Al	ME	5308,22	9770,98	7573,32	12902,75	16746,93	14232,69
As	RM	<LDT	0,19	<LDT	21,56	24,82	24,05
As	MD	<LDT	0,74	0,21	6,59	34,75	16,53
As	ME	<LDT	0,40	<LDT	10,57	25,54	16,47
Ba	RM	63,74	112,35	103,57	201,50	409,57	226,15
Ba	MD	31,50	75,12	50,54	88,18	204,98	160,83
Ba	ME	61,60	85,87	80,98	96,73	203,29	181,42
Cd	RM	2,07	3,49	2,10	29,97	31,37	31,26
Cd	MD	2,81	3,90	3,06	30,30	32,49	30,96
Cd	ME	2,57	3,77	3,53	31,11	32,44	31,41
Co	RM	4,28	8,14	4,60	8,50	9,95	9,95
Co	MD	2,07	6,61	2,99	2,24	10,54	4,62
Co	ME	3,13	5,17	3,92	4,58	9,89	7,17
Cu	RM	6,16	11,57	6,51	9,09	9,80	9,45
Cu	MD	2,82	12,02	5,41	6,15	10,18	8,69
Cu	ME	3,85	8,25	6,75	5,77	9,66	7,42
Cr	RM	13,36	23,09	13,99	22,12	23,57	22,99
Cr	MD	5,30	42,16	14,00	7,98	27,80	22,01
Cr	ME	5,69	18,74	15,19	9,38	44,74	25,93
Fe	RM	6417,45	15004,33	10548,64	28568,62	31877,55	31394,98
Fe	MD	6128,44	11619,61	6669,68	5676,17	34529,31	18499,56
Fe	ME	7013,39	11879,78	9348,77	22262,58	32965,31	27069,27
Mn	RM	121,25	996,88	266,40	905,72	1017,10	1001,77
Mn	MD	73,90	1088,00	101,42	17,82	1627,17	214,95
Mn	ME	119,78	275,20	255,87	335,28	1105,21	745,64
Ni	RM	4,14	6,68	5,71	33,29	41,29	34,95
Ni	MD	1,89	4,89	2,59	29,62	43,18	37,55
Ni	ME	2,18	5,52	3,98	35,53	42,04	38,16
Pb	RM	8,19	9,15	8,51	9,13	10,94	7,76
Pb	MD	4,39	15,69	9,34	6,42	10,88	8,14
Pb	ME	5,58	9,54	7,44	6,71	8,60	7,52
Sr	RM	4,15	10,51	5,08	8,92	10,48	9,37
Sr	MD	1,56	3,63	2,56	1,95	7,02	4,77
Sr	ME	2,14	5,04	3,50	4,76	8,46	6,82
V	RM	13,67	31,06	19,87	60,79	69,17	62,60
V	MD	12,43	57,40	17,50	41,86	66,58	51,14
V	ME	11,90	25,41	18,51	50,13	88,74	58,56
Zn	RM	23,41	36,27	32,21	43,61	57,18	49,69
Zn	MD	11,86	25,59	23,12	24,19	52,80	41,26
Zn	ME	24,82	33,09	31,15	12,93	61,42	45,87

Observações: RM: Rio Machado; MD: Margem direita (Afluentes da Rebio Jarú); ME: Margem esquerda (Afluentes do Rio Machado no entorno da Rebio Jarú); <LDT: Abaixo do limite de detecção da técnica. Próprio autor

Com base nos resultados encontrados, neste estudo pôde-se ter a compreensão de que os sedimentos do trecho do Rio Machado e seus afluentes não apresentaram contaminações

pontuais, uma vez que seus valores estiveram abaixo dos limites permitidos pela CONAMA 420/2009 e CONAMA 454/2012. Porém, isto não descarta a necessidade de um contínuo monitoramento na região.

4.1 Análise estatística multivariada dos elementos traço

O resultado da comparação de médias (*Wilcoxon*) entre os elementos-traço que apresentaram diferenças significativas por sazonalidade e sistema de contribuição, estão representados na tabela 16.

No período das águas altas o elemento-traço alumínio apresentou diferença estatística entre os sistema da margem direita e Rio Machado. O Al, por sua vez, apresentou diferença no sistema margem direita e Rio Machado no período das águas altas e vazante. Não foram observadas diferenças significativas entre o sistema do Rio Machado e margem esquerda. De um modo geral, o período que demonstrou maior diferença entre as médias foi a vazante.

A matriz água foi quem apresentou a maior heterogeneidade entre o sistemas margem direita em relação aos demais sistemas (Rio Machado e margem esquerda). Por outro lado, na matriz água não foram registradas diferenças significativas durante o período das águas baixas entre os sistemas estudados. Já na matriz sedimento, foi observado diferença significativa entre os elementos Al e Zn durante as águas baixas entre a margem direita e os sistemas Rio Machado e margem esquerda. O período sazonal das águas altas apresentou a menor diferença estatística do elementos-traço na matriz sedimento, ocorrendo somente para o elemento Pb quando comparado os sistemas margem direita e Rio Machado.

Tabela 16 – Resultado de comparação de médias (*Wilcoxon*) entre os elementos-traço por sazonalidade e sistema de contribuição

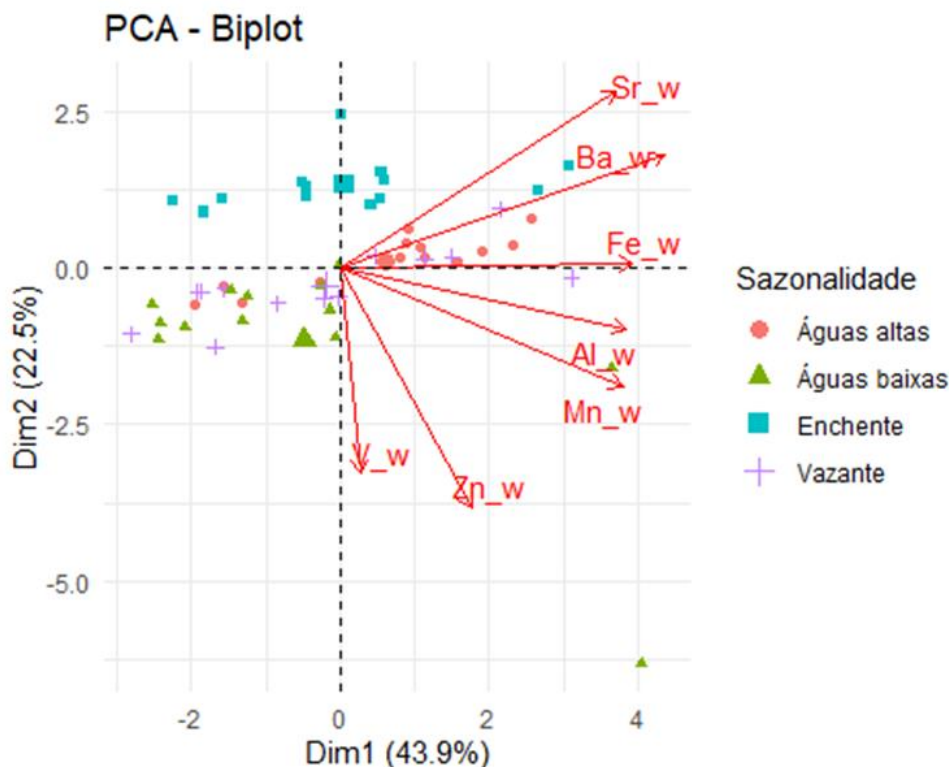
Sazonalidade	ET's	Sistema 1	Sistema 2	p	Média 1	Média 2
Águas altas	Al _(H2O)	MD	RM	0,05	107,98	175,43
Vazante	Al _(H2O)	MD	RM	0,02	65,58	170,67
Vazante	Ba _(H2O)	MD	RM	0,02	13,08	37,17
Águas altas	Fe _(H2O)	MD	RM	0,05	940,38	1501,00
Águas altas	Fe _(H2O)	MD	ME	0,02	940,38	1797,75
Vazante	Fe _(H2O)	MD	RM	0,02	517,40	1517,00
Vazante	Fe _(H2O)	MD	ME	0,01	517,40	1748,25
Enchente	Mn _(H2O)	MD	ME	0,02	26,61	97,96
Vazante	Sr _(H2O)	MD	RM	0,02	5,54	15,81
Vazante	Sr _(H2O)	MD	ME	0,01	5,54	14,14
Enchente	Sr _(H2O)	MD	ME	0,01	12,84	21,30
Vazante	V _(H2O)	MD	RM	0,02	8,72	9,55

Águas baixas	Al (Sed)	MD	RM	0,05	9436,46	50207,54
Vazante	Ba (Sed)	MD	ME	0,04	53,63	77,36
Enchente	Ba (Sed)	MD	RM	0,05	151,99	279,08
Águas altas	Pb (Sed)	MD	RM	0,05	10,67	8,08
Vazante	Sr (Sed)	MD	RM	0,02	2,64	6,58
Enchente	Sr (Sed)	MD	RM	0,02	4,99	9,59
Vazante	Zn (Sed)	MD	ME	0,04	21,87	30,05
Águas baixas	Zn (Sed)	MD	RM	0,05	27,10	39,05

Observações: RM: Rio Machado; MD: Margem direita (Afluentes da Rebio Jarú); ME: Margem esquerda (Afluentes do Rio Machado no entorno da Rebio Jarú). Próprio autor

Nos resultados encontrados dos elementos-traço na água, observa-se que as duas componentes do gráfico explicam 66,40% dos dados. Não foi evidenciada a distinção sazonal entre os pontos analisados dos elementos-traço na matriz água. O Al e o Mn estão bastante relacionados com a componente 1, tendo pouca contribuição com a componente 2. O Fe e o Ba foram os elementos que mais se correlacionaram com a componente 1. Os valores do Ba e Sr na água tiveram muita relação (boa contribuição) com a segunda componente. (Figura 8).

Figura 8 - Resultado da PCA dos elementos traço na água.

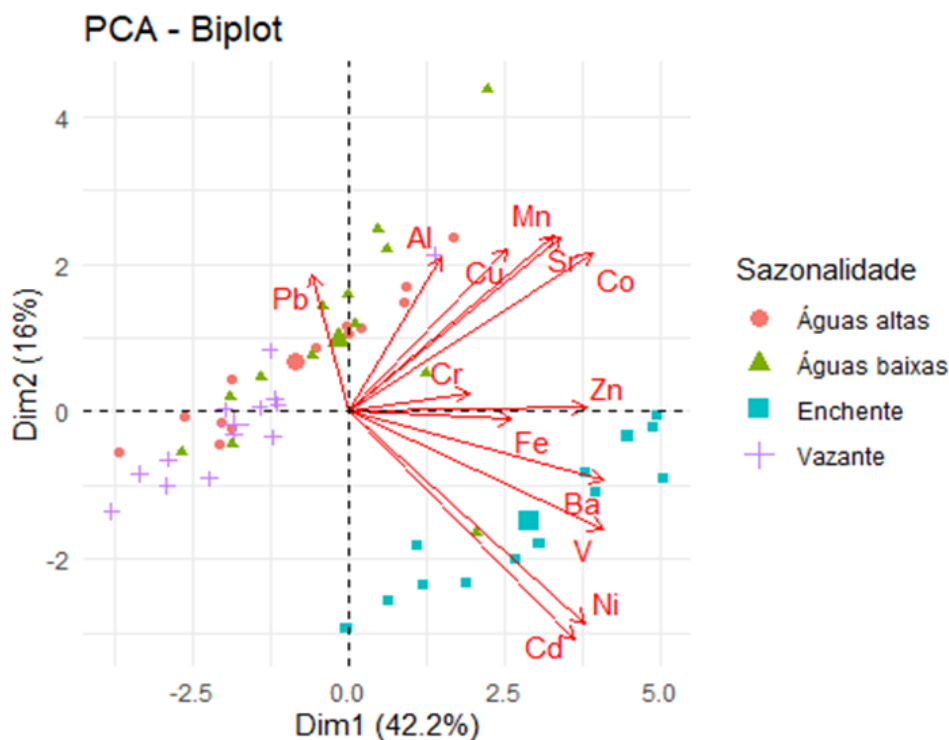


Fonte: Próprio autor.

Com base nas análises estatísticas, houve variação sazonal dos dados obtidos para os elementos-traço no sedimento. Nos resultados encontrados, observa-se que as duas componentes no gráfico explicam 58,20%. A sazonalidade ficou bastante evidenciada nas análises das

componentes, onde os elementos - traço no sedimento estão mais relacionados com o período da enchente. O Mn, Sr, Co e Cu estão bastante relacionados entre si, com maior contribuição com a componente 2. O Cd e Ni estão bastante relacionados com a componente 1, tendo pouca contribuição com a componente 2. O *biplot* da Análise dos Componentes Principais dos elementos-traço no sedimento estão representados na figura 9.

Figura 9 - Resultado da PCA dos elementos traço nos sedimentos.



Fonte: Próprio autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo evidenciou a importância da determinação de valores para os parâmetros de qualidade da água em águas de classe 1 e especial, quando considera-se que parte dessas bacias hidrográficas possuem significativa cobertura da terra de vegetação nativa. Isso garante que a gestão da bacia hidrográfica ocorra de forma mais precisa no que tange a proposta de enquadramento.

Observou-se que as BH's da REBIO do Jarú quanto as do seu entorno imediato apresentaram concentrações dos ET's na matriz sedimento dentro dos padrões considerados naturais, sugerindo pouca ou inexistente influência antrópica, onde as concentrações destes elementos podem estar condicionadas aos regimes pluviométricos dos rios e a formação geológica da região estudada.

O estado de eutrofização encontrado no afluente da margem esquerda (Rio Anari) indicou que o uso da terra nas proximidades de suas margens implicou em aporte excessivo de nutrientes bem maior que a sua capacidade de autodepuração para o período da vazante.

Conclui-se que a REBIO do Jarú tem desempenhado um papel de fundamental na preservação dos recursos hídricos da bacia do Rio Machado uma vez que seus afluentes podem de certa forma contribuir como diluidores da carga poluidora carregada para o Rio Machado ao longo de seu curso e, conseqüentemente, contribuindo para o seu processo de autodepuração.

6 RECOMENDAÇÕES

Os dados achados contribuem para mudanças nas revisões do Plano Estadual de Recursos Hídricos de Rondônia, quanto a necessidade de aporte de informações. Recomenda-se que ao ser realizado o enquadramento do Rio Machado, neste trecho de estudo seja enquadrado em uma classe mais restritiva como por exemplo, a classe 1 para os afluentes da margem esquerda e especial para os afluentes da margem direita, dado a relevância do trecho.

O levantamento de informações sobre os poluentes presentes na água do Rio Machado e seus afluentes, estabelece o conhecimento para mensuração do potencial risco de alteração do habitat natural da fauna e flora local. É razoável supor que para planejar ações de mitigação e orientar o uso destas bacias, deve-se conhecer suas características físico-químicas e a dinâmica da região.

Recomenda-se o constante monitoramento da região do estudo a fim de melhor entendimento da heterogeneidade e do comportamento de cada elemento-traço nas condições naturais, como também sobre influências antrópicas.

7 REFERÊNCIAS

ALENCAR, V. E. S. A. et al. Análise de parâmetros de qualidade da água em decorrência de efeitos da precipitação na baía de Guajará – Belém– PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 12, n. 2. p. 661-680, 2019. Disponível em: file:///C:/Users/marci/Downloads/Analise_de_Parametros_de_Qualidade_da_Agua_em_Deco.pdf. Acesso em: 15 set. 2020.

ANA. Agência Nacional das Águas. Portal da qualidade das águas. **Indicadores de qualidade. Índice do Estado Trófico (IET)**. 2018. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>. Acesso em: 02 de dezembro de 2018.

ANA, Agência Nacional de Águas. **HidroWeb - Sistema de Informações Hidrológicas**. [s. l.], 2020. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 15 jul. 2020.

ANDRADE, N.L.R. **Fluxo de calor latente em uma floresta tropical da Amazônia: análise de séries temporais com wavelets e do produto MOD16**. Cuiabá, 2013. 168f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

APHA- American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association e WEF- Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. ed.19. Washington: APHA, 1995. E-book. Disponível em: <https://doi.org/ISBN9780875532356>

BAI, J. et al. Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from a typical plateau lake wetland, China. **Ecological Modelling**, 222(2), 301–306, 2011.

BASTOS, W.R.; MALM, O.; PFEIFFER, W.C.; CEARY, D. (1998) Establishment and analytical quality control of laboratories for Hg determination in biological and geological samples in the Amazon-Brazil. **Ciência & Cultura**, 50: 255-260.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Diário Oficial da União, Brasília, Presidência da República, 08 de jan. de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm Acesso em 05 de maio 2018.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo). **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017**. São Paulo: CETESB, 2018. 301 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-das-%C3%81guas-Interiores-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2017.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Determinação de Clorofila a e Feofitina a: método espectrofotométrico**. SP. 2014. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2018.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 2 fev. 2018.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 454, de 01 de novembro de 2012**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>>. Acesso em: 06 nov. 2020.

COSTA JUNIOR, W. A. **Dinâmica dos elementos-traço no Rio Madeira e tributários, Rondônia**. 2017. - Dissertação de mestrado. Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, 2017. Porto Velho, 2017. Disponível em: http://www.biogeoquimica.unir.br/uploads/42029128/arquivos/Disserta__o_Mestrado__Wal_kimar_Aleixo__2015_2_Vers_o_final_827278293.pdf. Acesso em: 10 jul. 2020.

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

FERNANDES, L. C.; S. C. P. GUIMARÃES. 2002. **Atlas geoambiental de Rondônia**, p. 65-76p, SEDAM, Porto Velho.

IBAMA, 2007. **Avaliação Ecológica Rápida para Revisão do plano de Manejo da Reserva Biológica do Jaru**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatório intertemático final consolidado, Brasília.

ICMBIO, 2019. **Nota Técnica nº202/2019 /DCOL/CGTER/DISAT/ICMBio**. Verificação de Limite da Reserva Biológica do Jaru. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília.

ICMBIO, 2010. **Plano de Manejo da Reserva Biológica do Jaru**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/rebio-do-jaru>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

KRUSCHE, A. V. et al. Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 197–205, jun. 2005.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em copor d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20032006-075813/publico/TeseLamparelli2004.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020.

NASCIMENTO, E. L. DO. **Concentração de Mercúrio no plânctons e fatores ecológicos no reservatório da U.H.E. - Samuel - Amazônia Ocidental (Rondônia/Brasil)**. 2006. - Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Porto Velho, 2006. Disponível em: http://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/2226/1/DISSERTAÇÃO_ELISABETE_NASCIMENTO.pdf. Acesso em: 12 set. 2020.

PINTO, T. J. DA S. **Fluxo evasivo de CO₂ na interface água-atmosfera no Rio Ji-Paraná**. Ji-Paraná – RO. Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, 2015.

SALES, M. S. *et al.* Variação intrasazonal dos parâmetros físico-químicos da água do Rio Machado e seus afluentes no trecho da Rebio Jaru. **VII Workshop Internacional Sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas**. 1ed.Boa Vista / RR: EDUFRR, 2020, v. 1, p. 766-773.

SALES, M.S. Qualidade da água no médio Rio Machado e seus principais afluentes com ênfase no Mercúrio e Metilmercúrio (Rondônia). **Relatório Técnico**. 29p. Ji-Paraná – RO, 2020.

SILVA, E. O.; ALMEIDA, R.; NASCIMENTO, E. L. Hidrogeoquímica do Rio Machado e seus Principais Afluentes - Reserva Biológica do Jaru-RO. In: III Seminário Nacional ProfÁgua, 2019, Brasília -DF. III Seminário Nacional ProfÁgua. São Carlos-SP: **RiMa**, 2019. v. 1. p. 179-179.

TAILLEFERT, M. & GAILLARD, J.F. (2002) Reactive transport modeling of trace elements in the water column of a stratified lake: iron cycling and metal scavenging. **Journal of Hydrology**, **256**: 16-34.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

Apêndice I



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 68044-1	Data da Emissão: 26/02/2019 17:32:15	Data da Revalidação*: 26/02/2020
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Etienne Oliveira Silva	CPF: [REDACTED]
Nome da Instituição: Fundação Universidade Federal de Rondônia	CNPJ: 04.418.943/0001-90

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Realização de quatro campanhas de monitoramento, abrangendo os quatro períodos do ciclo hidrológico	02/2019	09/2020

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	Ronaldo Almeida	Pesquisador orientador	[REDACTED]	Brasileira
2	Elisabete Lourdes do Nascimento	Pesquisadora Co-orientadora	[REDACTED]	Brasileira
3	Mayk da Silva Sales	Pesquisador auxiliar	[REDACTED]	Brasileira
4	João Paulo de Oliveira Gomes	Pesquisador auxiliar	[REDACTED]	Brasileira

Observações e ressalvas

1	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
2	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
3	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
4	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
5	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
6	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen .

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa n.º 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0680440120190226

Página 1/3



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 68044-1	Data da Emissão: 26/02/2019 17:32:15	Data da Revalidação*: 26/02/2020
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Etienne Oliveira Silva	CPF: [REDACTED]
Nome da Instituição: Fundação Universidade Federal de Rondônia	CNPJ: 04.418.943/0001-90

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Descrição do local	Município-UF	Bioma	Caverna?	Tipo
1	Reserva Biológica do Jaru	RO	Amazônia	Não	Dentro de UC Federal

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa n.º 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0680440120190226

Página 2/3



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 68044-1	Data da Emissão: 26/02/2019 17:32:15	Data da Revalidação: 26/02/2020
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Etienne Oliveira Silva	CPF: [REDACTED]
Nome da Instituição: Fundação Universidade Federal de Rondônia	CNPJ: 04.418.943/0001-90

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº03/2014, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

Táxon*	Qtde.	Tipo de Amostra	Qtde.	Data

* Identificar o espécime do nível taxonômico possível.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa n.º 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0680440120190226

Página 3/3

