



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



**JOAQUIM PEDRO MACHADO DE ASSIS**

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E ELEMENTOS-TRAÇOS NA RESERVA  
BIOLÓGICA DO JARU (RO)**

Ji-Paraná, RO.

2019

**JOAQUIM PEDRO MACHADO DE ASSIS**

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E ELEMENTOS-TRAÇOS NA RESERVA  
BIOLÓGICA DO JARU (RO)**

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

Orientadora: Profa. Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento

Ji-Paraná, RO.

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Fundação Universidade Federal de Rondônia  
Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

---

A848c Assis, Joaquim Pedro Machado de Assis.

Caracterização limnológica e elementos-traços na Reserva Biológica do Jarú (RO) / Joaquim Pedro Machado de Assis Assis. -- Ji-Paraná, RO, 2019.

52 f.

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) -  
Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Elementos-traço. 2.Nutrientes. 3.Qualidade da água. I. Nascimento,  
Elisabete Lourdes do. II. Título.

CDU 556.55

---

Bibliotecário(a) Alex Almeida

CRB 11.853



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

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



**ATA DA SESSÃO DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO TRABALHO DE  
CONCLUSÃO DE CURSO**

As 10:00 horas do dia 08 (oito) do mês de julho de 2019, realizou-se no mini-auditório do prédio administrativo da UNIR, campus Ji-Paraná, a sessão de apresentação e defesa do trabalho de conclusão de curso intitulado Caracterização limnológica e elementos traços na Reserva Biológica do Jaru (RO)

apresentado pelo acadêmica Joaquim Pedro Machado de Assis. O trabalho foi julgado satisfatório pelos docentes Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos da Fundação Universidade Federal de Rondônia-UNIR, Prof. MSc. Marcos Leandro Alves Nunes e Profª. Dra. Elisabete Lourdes Nascimento, do Departamento de Engenharia Ambiental, da Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Campus de Ji-Paraná, com nota 66,0 como requisito parcial para obtenção do título de BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL e \_\_\_\_\_ em sua forma atual, com ressalvas para correções a serem feitas pelo aluno antes de submeter a versão definitiva para o fechamento da nota na disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso.

Ji-Paraná, 08 de julho de 2019.

Aprovado pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

**ORIENTADOR:** Profª. Dra. Elisabete Lourdes Nascimento

Ass.: Elisabete L. Nascimento

Aprovado (X) Reprovado ( )

**AVALIADOR 1:** Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos

Ass.: Wanderley Rodrigues Bastos

Aprovado (X) Reprovado ( )

**AVALIADOR 2:** Prof. MSc. Marcos Leandro Alves Nunes

Ass.: Marcos Leandro Alves Nunes

Aprovado (X) Reprovado ( )

Reaberta a sessão pública a orientadora proclamou os resultados e encerrou a sessão, da qual foi lavrada a presente ata, que vai por mim assinada.

Elisabete L. Nascimento

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha orientadora Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elisabete Louders do Nascimento pela orientação e paciência que permitiram a realização deste trabalho;

A minha família, em especial a minha mãe e ao meu pai,

A toda equipe do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer em especial para Cristina, Adrieli, Cassio, Walkimar e o Wanderley pelo apoio com as análises.

Agradeço a UNIR pela a oportunidade de estudo e a todos os professores pelos conhecimentos transmitidos, que tanto contribuíram para a minha formação acadêmica; Aos meus amigos, companheiros ao longo do curso;

Agradeço a REBIO Jaru e ao ICMBio, sobretudo o João Paulo pela ajuda nas coletas e o LABLIM pela oportunidade de pesquisa.

## RESUMO

Com o intuito de preservar os recursos naturais frente as atividades antrópicas no Brasil, teve-se a criação de unidades de conservação. A Reserva Biológica do Jaru é um exemplo de unidade de conservação de proteção integral, cujo função é preservar a biodiversidade e demais atributos naturais. Devido isso, para verificar quais as possíveis alterações que a REBIO Jaru vem sofrendo, o objetivo geral do trabalho foi de avaliar as características limnológicas e as concentrações de metais pesados (Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, V e Zn) em amostras de água, sedimento e solo. Foram escolhidos 9 pontos distribuídos ao longo da REBIO Jaru, sendo eles: Igarapé Azul (IA); Rio Jaru (RJ); Rio Anarí (RA); Rio rio Machado (RT1 e RT2); rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e o igarapé Grande (IG). Sobre o oxigênio dissolvido, 33% dos pontos analisados possuem características de rios de classe 1, ficaram fora do estabelecido pela legislação, enquanto que os pontos de classe 2, foram somente 13%. A condutividade elétrica apresentou seus maiores valores em out/2017 (60,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no RJ), e os menores valores foram de 5,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em jun/17 e out/17 no RT. O potencial hidrogeniônico, não demonstrou grandes variações sazonais, variando entre 5,09 a 8,4, mas apresentou diferença significativa. As quatro coletas analisadas apresentaram valores de temperatura entre 21,8-31,4 °C. Os maiores valores de amônia foram encontrados em jun/17, enquanto que em out/17 apresentou todos os valores menores que 0,005 mg/L, os maiores valores em jun/17 provavelmente se deram devido ao aumento do pH, que também teve sua alta na mesma coleta. Os maiores valores de nitrito se deram em fev/18. Em relação a clorofila todos os pontos analisados ficaram abaixo do valor de 0,005 ug/L. Os maiores valores de fósforo total foram encontrados no fundo. Fora os 5 metais citados a seguir os demais ficaram muito abaixo do que preconiza a legislação, zinco, cobre, cromo, manganês e alumínio. Em relação ao zinco, as médias dos valores no solo e sedimento 2,87 (março/2017 no RN2) a 22,24 (outubro/2017 no RM1) e 9,18 (junho/2017 no RT3) a 24,21 (fevereiro/2018 no RM1). Dos valores encontrados para zinco na água somente em fevereiro/2018 ficou acima do limite estabelecido na CONAMA 357/05. Em relação ao Manganês (Mn) as médias do solo e sedimento não foram estabelecidos pelas agências ambientais concentração máxima permitida nem valores de referência. Em relação aos valores de Mn na água, todos ficaram dentro do estabelecido pela legislação. O cromo foi o único metal estudado em que não houve diferença significativa entre o solo e o sedimento e os valores na água foram maiores em out/2017, podendo significar que nos períodos úmidos, houve a diluição do metal na água. A REBIO Jaru demonstrou a importância de áreas protegidas para evitar as transformações ocasionadas das ações antrópicas, contribuindo assim, para mitigar ao máximo os futuros impactos ambientais, prevenindo possíveis riscos à saúde humana através da contaminação da água para consumo, entre outros.

**Palavras-chave:** Elementos traço, CONAMA, Qualidade da água.

## ABSTRACT

In order to preserve natural resources against anthropic activities, the creation of conservation units was carried out. The Jarú Biological Reserve is an example of an integral protection conservation unit whose function is to preserve biodiversity and other natural attributes. In order to verify the possible alterations that the REBIO Jarú has undergone, the general objective of the work was to evaluate the limnological characteristics and the concentrations of heavy metals, among them: Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, V and Zn in water, sediment and soil samples in the REBIO Jarú Integral Protection Unit and compare the results with Resolutions CONAMA 357/2005, CONAMA 420/2011 and other bibliographies. Four collections were made, being: sea / 2017, jun / 2017, out / 17 and fev / 18. In order to perform a sampling that best represents the area of the reserve, 9 points were selected along the REBIO Jarú, being: Igarapé Azul (IA); Rio Jarú (RJ); Rio Anari (RA); Rio Machado (RT1 and RT2); (RT1, RT2 and RT3) and the Grande Igarapé (IG). About dissolved oxygen, 33% of the analyzed points classified as class 1, were outside the established by the legislation, whereas the points of class 2, were only 13%. The electrical conductivity presented its highest values in out / 2017 (60.6  $\mu\text{S} / \text{cm}$  in RJ), and the lowest values were 5.3  $\mu\text{S} / \text{cm}$  in jun / 17 and out / 17 in RT. The hydrogenation potential did not show large seasonal variations, ranging from 5.09 to 8.4, but showed a significant difference. The four analyzed samples presented temperature values between 21.8-31.4 ° C. The highest values of ammonia were found in June / 17, while in out / 17 all values were lower than 0.005 mg / L, the highest values in June / 17 probably occurred due to the increase in pH, which also had a high in the same collection. The highest values of nitrite occurred in fev / 18, which corresponds to the lower values of ammonia, showing an intense nitrification process in this period. The nitrate values found were higher in June / 17 and the lowest in March / 2017. In relation to chlorophyll all analyzed points were below the value of 0.005  $\mu\text{g} / \text{L}$ . The highest values of total phosphorus were found at the bottom when compared to the surface and all analyzes of orthophosphate in this study presented values lower than 0.005mg / L. Apart from the 5 metals mentioned below, the others were far below what the legislation recommends, making this work focus on zinc, copper, chromium, manganese and aluminum. In relation to zinc, the mean values of soil and sediment values were 2.87 (March / 2017 in RN2) at 22.24 (October / 2017 in RM1) and 9.18 (June / 2017 in RT3) at 24.21 (February / 2018 in RM1). The values found for zinc in water only in February / 2018 were above the limit established in CONAMA 357/05. In relation to the Manganese (Mn), the soil and sediment averages were not established by the environmental agencies maximum permissible concentration nor reference values. Regarding the Mn values in the water, all were within the established by the legislation. Chromium was the only metal studied in which there was no significant difference between soil and sediment and water values were higher in Oct / 2017, which may mean that in the wet periods, there was dilution of metal in water. REBIO Jarú demonstrated the importance of protected areas to avoid the transformations caused by human actions, thus helping to minimize future environmental impacts, preventing possible risks to human health through contamination of water for consumption, among others.

**Key Words: Elements trace, CONAMA, Water quality.**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 -</b>	Balanço de oxigênio dissolvido nos sistemas aquáticos; os processos acelerados ou aumentados pela descarga de materiais orgânicos são indicados por setas verdes (adaptado de CONNELL, 1997).....	20
<b>Figura 2 -</b>	Localização da Reserva Biológica do Jaru .....	24
<b>Figura 3 -</b>	Coleta do solo das margens dos rios com o de uma boca de lobo, e armazenado em um saco plástico.....	26
<b>Figura 4 -</b>	Coleta do sedimento do rio com o auxílio da draga de <i>Eckman</i> , e armazenado em um saco plástico.....	27
<b>Figura 5 -</b>	Variação temporal dos valores de temperatura na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), outubro/17 (C) e fevereiro/18 (D).....	30
<b>Figura 6 -</b>	Variação temporal dos valores de oxigênio dissolvido (OD) na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), outubro/17 (C) e fevereiro/18 (D).....	31
<b>Figura 7 -</b>	Variação temporal dos valores de condutividade elétrica (CE) na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), outubro/17 (C) e fevereiro/18 (D).....	33
<b>Figura 8 -</b>	Variação temporal dos valores de amônia na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), outubro/17 (C).....	35
<b>Figura 9 -</b>	Variação temporal dos valores de nitrito na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), fevereiro/18 (D).....	36
<b>Figura 10 -</b>	Variação temporal dos valores de nitrato na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), outubro/17 (C) e fevereiro/18 (D).....	37
<b>Figura 11 -</b>	Variação temporal dos valores de fósforo total na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), outubro/17 (C) e fevereiro/18 (D).....	39

<b>Figura 12 -</b>	Variação temporal das médias do Zinco (Zn) no solo e sedimento (a) e na água (b), nos meses de março/17 (C1), junho/17 (C2), outubro/17 (C3) e fevereiro/18 (C4).....	41
<b>Figura 13 -</b>	Variação temporal das médias do Manganês (Mg) no solo e sedimento (a) e na água (b), nos meses de março/17 (C1), junho/17 (C2), outubro/17 (C3) e fevereiro/18 (C4).....	42
<b>Figura 14 -</b>	Variação temporal das médias do Cromo (Cr) no solo e sedimento (a) e na água (b), nas coletas de março/17 (C1), junho/17 (C2), outubro/17 (C3) e fevereiro/18 (C4).....	43
<b>Figura 15 -</b>	Variação temporal das médias do Cobre (Cu) no solo e sedimento (a) e na água (b), nas coletas de março/17 (C1), junho/17 (C2), outubro/17 (C3) e fevereiro/18 (C4).....	44
<b>Figura 16 -</b>	Variação temporal das médias do Alumínio (Al) na água, nas coletas de março/17 (C1), junho/17 (C2), outubro/17 (C3) e fevereiro/18 (C4).....	45

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>12</b>
1.1 A IMPORTÂNCIA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO .....	12
1.2 A IMPORTÂNCIA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	13
1.3 QUALIDADE DA ÁGUA .....	14
1.3.1 Parâmetros da qualidade da água.....	15
1.3.1.1 Parâmetros Físicos-químicos .....	15
1.3.1.1.1 Temperatura .....	15
1.3.1.1.2 Condutividade Elétrica .....	16
1.3.1.1.3 Potencial Hidrogeniônico.....	16
1.3.1.2.4 Oxigênio Dissolvido (OD).....	17
1.3.1.2.5 Nitrogênio (Amônia, Nitrito e Nitrato).....	17
1.3.1.2.6 Fósforo total e dissolvido.....	18
1.4 METAIS PESADOS.....	18
1.5 Parâmetros Biológicos .....	20
1.5.1 Clorofila .....	20
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS.....	20
2.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS.....	21
2.3 AMOSTRAGEM DO SOLO E SEDIMENTO .....	23
2.4 CONCENTRAÇÃO DE METAIS.....	24
2.4.1 Solo e sedimento .....	24
2.4.2 Água bruta .....	25
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
3.1 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS .....	27
3.1.1 Transparência da água e profundidade.....	27
3.1.2 Temperatura.....	28
3.1.3 Oxigênio dissolvido.....	29
3.1.4 Condutividade elétrica.....	31
3.1.5 Potencial hidrogeniônico (pH).....	33
3.1.6 Amônia, nitrito e nitrato .....	33
3.1.7 Clorofila a.....	37
3.1.8 Ortofosfato e p-total.....	38

<b>3.2</b>	<b>METAIS PESADOS.....</b>	<b>41</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

## INTRODUÇÃO

O mundo enfrenta um cenário em que prevalece a exploração predatória de recursos naturais de importante interesse estratégico, que mantém e impulsionam uma economia globalizada. Contudo, é perceptível que a permanência dessa matriz econômica tem causado inúmeros problemas ambientais ao longo dos anos, danos esses que poderão refletir nos alicerces da mesma.

Um dos maiores problemas ambientais enfrentados é em relação aos recursos hídricos que vem sofrendo ao longo das décadas com impactos das atividades antropogênicas. O que traz preocupações pois essas alterações prevalecem em escalas locais, com repercussão global (HUGHES et al., 2014).

Como uma forma de proteger os recursos naturais em meio as pressões antropogênicas, teve-se a criação das unidades de conservação, que se intensificou no Brasil a partir da implementação do Sistema Nacional de Conservação da Natureza (SNUC), com a promulgação da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

De acordo com o SNUC (2000), as unidades de conservação são divididas em duas categorias, Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. As Unidades de Proteção Integral têm como função preservar os ecossistemas naturais, a biota e demais atributos naturais do ambiente, assim como realizar pesquisas científicas e promover educação ambiental. Não tão distante, as Unidades de Uso Sustentável compatibilizam a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

A REBIO Jaru é um exemplo de unidade de conservação de proteção integral que tem como função a preservação da biodiversidade e demais atributos naturais. Criada em 11 de julho de 1979, tem um histórico recheado de conflitos, tanto que de acordo com o Plano de Manejo da Rebio Jaru de 2010, próximo às nascentes e de alguns corpos hídricos pertencentes à bacia e seu entorno, há relatos de atividades antrópicas, tais como a presença de serrarias, atividade agropecuária e de garimpos clandestinos, que podem indicar impactos ambientais negativos.

Acredita-se que a dinâmica limnológica dos corpos hídricos da REBIO Jaru seja condizente com a dinâmica de um rio não impactado, em especial o Rio Tarumã que tem sua formação no interior da Reserva. Contudo, devido as grandes pressões antrópicas por meio de atividades econômicas desenvolvidas no entorno, é possível que haja a presença de metais pesados em amostras de água, sedimento e no solo.

Deste modo, a execução de programas de monitoramento a fim de conhecer a qualidade da água para determinar quais as possíveis interferências que a mesma vem sofrendo

é uma das alternativas para a execução de ações intervencionistas e de gerenciamento para a manutenção quali-quantitativa dos recursos hídricos (BEZZERA, 2014).

Desta forma, o objetivo geral do trabalho foi avaliar as características limnológicas e as concentrações de metais pesados na Unidade de Proteção Integral REBIO Jaru, e para atingir este objetivo, delineou-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Coletar amostras de água, sedimento e solo ao longo de um período hidrológico;
- b) Determinar os valores de transparência da água, profundidade, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH da água;
- c) Realizar análise de nutrientes totais e dissolvidos, e clorofila *a*;
- d) Analisar a concentração dos metais pesados Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, V, Zn em amostras de água, sedimento e solo;

Comparar os resultados com as Resoluções CONAMA 357/2005 e CONAMA 420/2011.

## 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 IMPORTÂNCIA DAS UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

A fauna e a flora em conjunto com ambientes aquáticos e terrestres possuem um delicado equilíbrio que proporciona manutenção da qualidade do recursos naturais, com isso, humanidade reconheceu, ao longo de sua história, a necessidade de proteger áreas com atributos naturais especiais. O governo brasileiro protege as áreas naturais por meio de Unidades de Conservação (UC), uma estratégia eficaz para a manutenção dos recursos naturais em longo prazo.

*As Unidades de Conservação (UC) são espaços territoriais, incluindo seus recursos ambientais, com características naturais relevantes, que têm a função de assegurar a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológico existente (MMA, 2019).*

As UCs possuem também o papel de assegurar às populações tradicionais o uso sustentável das matrizes terrestres e aquáticas em seu território e ainda propiciam às comunidades do entorno o desenvolvimento de atividades de baixo impacto, obedecendo normas e regras especiais. São legalmente criadas pelos governos federal, estaduais e municipais, após a realização de estudos técnicos dos espaços propostos e, quando necessário, consulta à população (MMA, 2019).

A lei responsável por regulamentar e coordenar quais atividades são permitidas em uma UC é a lei do Sistema Nacional de Conservação da Natureza (SNUC), com a promulgação da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. A Lei do SNUC representou grandes avanços à criação e gestão das UC nas esferas de governo, pois ele possibilita uma visão de conjunto das áreas naturais a serem preservadas (WWF, 2019).

As UCs são divididas em dois grupos: As de uso sustentável que tem o objetivo de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais, e as de proteção integral que visam preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos na Lei. (BRASIL, 2000).

A área de estudo deste referido trabalho irá contemplar o tipo Reserva Biológica (REBIO), que tem o objetivo de preservar a biota e demais atributos naturais, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, permitindo o uso para pesquisas científicas, visitação pública com objetivos educacionais.

A Reserva Biológica do Jaru foi criada pelo Decreto nº 51.024, de 25 de Julho de 1961, como Reserva Florestal do Jaru, subordinada ao Serviço Florestal do Ministério da Agricultura, inicialmente com a área aproximada de 679.600 ha, de acordo com o Plano de Manejo da REBIO (2010).

Em 1979 foi transformada em Reserva Biológica do Jaru, pelo Decreto nº 83.716, com área de 268.150 ha, subordinada ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF, Autarquia Federal vinculada ao Ministério da Agricultura. O Decreto sem número de 2 de maio de 2006, ampliou a área em aproximadamente 60.000 ha, anexando o chamado TD Bela Vista, área de grande importância estratégica para a unidade, ficando com sua área atual de 353.163 ha (PLANO DE MANEJO, 2010).

## **1.2 IMPORTÂNCIA DAS UCS NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA**

Acredita-se que o percentual de água doce que o Brasil possui é entre 12 a 15% da disponibilidade do planeta. Entretanto a distribuição natural desse recurso não é equilibrada, estando cerca de 80% da quantidade de água disponível na região Norte do país (ANA, 2019), sendo a região amazônica, sozinha, responsável por quase um quinto das reservas mundiais (MARGULIS, 2003).

Contudo os corpos d'água são utilizados para diversos fins, como irrigação de lavouras, abastecimento de água, lazer e despejo de águas residuais, podendo causar eutrofização, uma das principais modificações provocadas pelo homem, geralmente pelo aporte excessivo de nutrientes nos ambientes aquáticos (MACEDO, 2018).

Com o objetivo de proteger os recursos naturais, a Lei nº 9.985/2000, que instituiu SNUC, estabelecendo critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação, que inclui no seu território as águas jurisdicionais.

Nos termos do art. 2º da citada Lei, entende-se por:

*“I – unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.*

As unidades de conservação realizam ainda, outras diversas funções onde seus benefícios são usufruídos. São elencados alguns, como: o desenvolvimento de fármacos e cosméticos, possibilitados em muitos casos, pela utilização de espécies protegidas; parte

considerável da qualidade e quantidade de água doce que formam os grandes reservatórios de usinas hidrelétricas, provendo energia aos pequenos e grandes centros urbanos, e; a promoção do turismo, através de proteção e preservação de ricas paisagens (MEDEIROS et al., 2011).

Há muitos estudos que demonstram que as áreas de preservação ajudam a conter o desmatamento, conservação das espécies e a melhoria da qualidade da água (BURNER et al., 2001; AGOSTINHO ET AL., 2005 e ABELL et al., 2007).

Por isso se faz importante o monitoramento e a manutenção da qualidade dos corpos d'água, pois são de vital importância em virtude de seu papel fundamental tanto para o abastecimento dos ecossistemas naturais, quanto artificiais como a piscicultura (LOURENÇO et al, 1999). É necessário entender a dinâmica limnológica de um ambiente, haja visto que a medida que os parâmetros físico-químicos e biológicos da água são alterados, como na entrada de nutrientes em um corpo hídrico, pode ocorrer a eutrofização e demais alterações no sistema aquático (TUNDISI, 2000).

### **1.3 QUALIDADE DE ÁGUA**

A água contém diversos constituintes, que provém do próprio ambiente natural ou por introdução a partir de atividades humanas. Para caracterizar a qualidade da água, são utilizados diversos parâmetros que representam suas características físicas, químicas e biológicas. Tais parâmetros são considerados indicadores de qualidade, auxiliando nas análises quali-quantitativas, que determinam valores estabelecidos por normas e resoluções, a exemplo, a Resolução CONAMA 357/05.

Conforme citado por Bilich (2007), os conceitos de qualidade da água e poluição estão interligados. Porém a qualidade da água demonstra variação em sua composição, quando afetada por fenômenos naturais ou atividades antropogênicas. A contaminação, entretanto, decorre de uma mudança na qualidade física, química, radiológica, ou biológica da água, causada principalmente por atividades antrópicas, que podem prejudicar o respectivo recurso hídrico (BILICH, 2007).

De acordo com Farias (2007), as maiores e mais significantes agentes de contaminação, ocorrem por emissões diretas e indiretas de matéria orgânica, escoamento superficial da água em áreas de ocupação urbana e rural, e pelo processo de lixiviação do solo.

A determinação de parâmetros de avaliação e o acompanhamento da qualidade das águas servem para fornecer elementos de comparação e monitoramento das melhorias que

devem ser implantadas para a recuperação da bacia que está sendo avaliada (GLÓRIA et al, 2017).

Goulart (2003) e Callisto (2005), relatam que a avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos tem sido realizada através da medição de alterações nas concentrações de variáveis físicas, químicas e biológicas fazendo com que este sistema de monitoramento, juntamente com a avaliação de variáveis microbiológicas (coliformes totais e fecais), contribua como ferramenta fundamental na classificação e enquadramento de rios e córregos em classes de qualidade de água e padrões de potabilidade e balneabilidade.

Portanto a avaliação da qualidade das águas numa bacia hidrográfica é de fundamental importância para assegurar o gerenciamento dos recursos hídricos, de forma sustentável que garanta os seus usos múltiplos.

### **1.3.1 Parâmetros qualidade da água**

De acordo com Libânio (2005), os parâmetros físicos, em quantidades anormais na água, podem causar a sua repugnância pelos consumidores. O autor afirma ainda, que componentes químicos na água podem oferecer risco à saúde da população, e a possibilidade de perecimento dos espécimes da fauna aquática existentes e provoca a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora (NETO et al., 2007).

Entre as variáveis limnologias físicas, químicas e biológicas utilizadas na avaliação da qualidade da água na pesquisa, pode-se citar a temperatura, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, amônia, nitrato, nitrito, nitrogênio total, fósforo dissolvido (ortofosfato) e fósforo total, metais pesados, coliformes totais e fecais, e clorofila a. Sendo estes os parâmetro indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso (ANA, 2019).

#### **1.3.1.1 Parâmetros físico-químicos**

##### **1.3.1.1.1 Temperatura**

A temperatura desempenha um papel crucial no meio aquático, sendo que uma série de variáveis físico-químicas são dependentes da temperatura. Alguns fatores como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade da lâmina d'água influenciam na temperatura (CETESB, 2009).

De acordo com Esteves (2014), a temperatura da água também pode influenciar no retardamento ou aceleração da atividade biológica e na absorção de oxigênio no meio aquático.

Para Azevedo (1999), a diferença de temperatura em determinadas áreas de uma bacia hidrográfica ocorre devido o desmatamento de suas margens.

A manutenção da vegetação ciliar é a maneira mais efetiva de prevenir o aumento da temperatura das águas, uma vez que a mesma mantém a aeração do ambiente deixando o recurso hídrico com temperaturas mais estáveis (SWIFT et al., 1997).

Devido à temperatura apresentar valores que variam de acordo com a região, não é estabelecido padrões de temperatura na resolução CONAMA 357/2005.

#### **1.3.1.1.2 Condutividade elétrica**

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica (ESTEVES, 1998). Dependendo das concentrações iônicas e da temperatura ela indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, fornecendo uma boa indicação das modificações na composição mineral da água (CETESB, 2009). Tal capacidade de conduzir corrente elétrica é realizada pela concentração de íons presentes, sendo por isso um indicador da concentração iônica (BRASIL, 2014).

Segundo RAMOS et al. (2009), quanto mais sólidos dissolvidos estiveram presentes na água, maior será a condutividade. Em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados. Assim altos valores podem indicar características corrosivas da água.

#### **1.3.1.1.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O pH expressa o grau de acidez ou alcalinidade da água, sendo que os valores inferiores a 7 (sete) indicam águas ácidas, e valores superiores a 7 (sete) indicam águas alcalinas (BENETTI; BIDONE, 1993).

O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos (MS, 2006).

De acordo com Esteves (1998), o excesso de matéria orgânica contribui para diminuir o pH na água, devido a liberação de gás carbônico e compostos orgânicos ácidos. Von Sperling (2005), ressalta que valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática.

Baixos valores de pH aceleram a decomposição de materiais potencialmente tóxicos, já altos valores, podem levar ao aumento da concentração de amônia (CETESB, 2009).

As alterações de pH podem ter origem natural (através de dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais), e para se adequada a

manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6 a 9, conforme resolução a CONAMA 357/2005 (MS, 2006).

#### **1.3.1.1.4 OD (Oxigênio dissolvido)**

De acordo com Von Sperling (2018), os níveis de oxigênio dissolvido podem indicar a capacidade de um corpo hídrico natural manter a vida aquática.

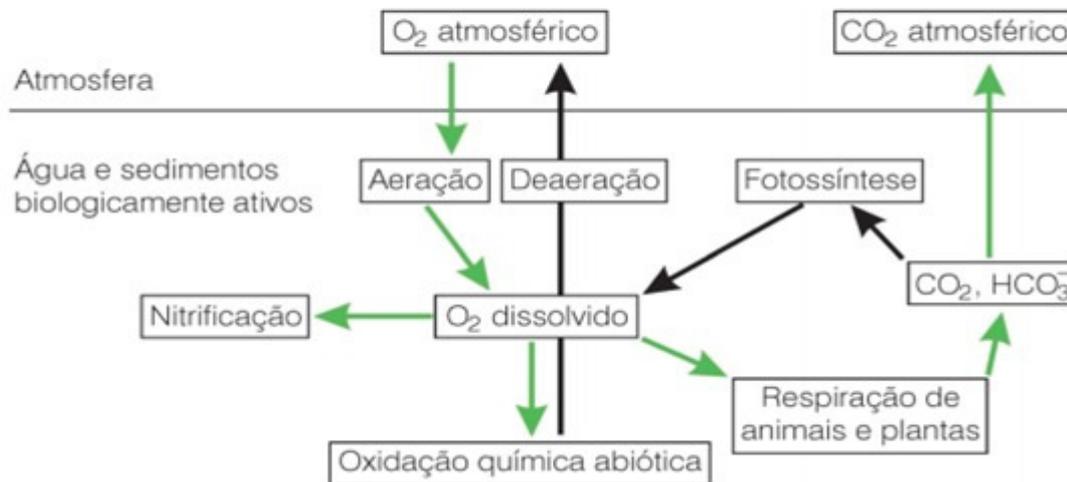
Quando ausente, permite a existência de organismos anaeróbicos que liberam substância que conferem odor, sabor e um aspecto indesejável à água (LIBÂNEO, 2005)

Esteves (1998), relata que a introdução de oxigênio dissolvido em águas naturais deve-se de duas formas, uma depende das trocas gasosas com atmosfera e a outra é pelo processo fotossintético das algas.

Para a manutenção da sobrevivência e a reprodução dos organismos, a água precisa apresentar concentrações de oxigênio dissolvido superiores a 5 mg/L, variações entre 3 e 5 mg/L podem afetar a reprodução e inferiores a 3 mg/L podem comprometer a sobrevivência dos organismos (ESTEVES, 2014).

Bezerra (2014), também relata que a importância do oxigênio dissolvido não se restringe apenas à manutenção da vida dos organismos aeróbios, mas também como agente oxidante da matéria orgânica presente nos corpos d'água, assim tal oxidação pode reduzir os níveis de oxigênio dissolvido dentro do corpo hídrico.

As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas de oxigênio são causadas pelo consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), por perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos, nitrificação<sup>4</sup> e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos. O esquema abaixo demonstra o ciclo do oxigênio em meio aquático (ESTEVES, 1998).



**Figura 1** - Balanço de oxigênio dissolvido nos sistemas aquáticos; os processos acelerados ou aumentados pela descarga de materiais orgânicos são indicados por setas verdes (adaptado de CONNELL, 1997).

#### 1.3.1.1.5 Nitrogênio (Amônia, Nitrito, Nitrato)

Os compostos de nitrogênio na forma orgânica ou amoniacal referem-se à poluição recente, enquanto que o nitrito e nitrato, a poluição mais remota. Assim como ressalta Von Sperling (2014), em um corpo d'água, a determinação da parcela predominante de nitrogênio nas águas naturais, pode fornecer informações sobre seu estágio de poluição.

A amônia é a forma reduzida presente em condições anaeróbias, o nitrito é a fase intermediária e instável da oxidação da amônia, presente em ambientes anaeróbios e eutróficos e o nitrato é a forma oxidada presente em condições aeróbias e indicador de poluição remota por matéria orgânica (ESTEVES, 1998; LIBÂNIO, 2005).

A concentração de nitrogênio amoniacal é um importante parâmetro de classificação das águas naturais e é normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas (CETESB, 2009). A amônia representa parte da matéria nitrogenada inorgânica geralmente presente em águas superficiais e residuárias (VON SPERLING, 2005).

O nitrito normalmente é encontrado em quantias diminutas nas águas superficiais, pois o mesmo é instável na presença de oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária (IGAM, 2006).

Dentro do ciclo do nitrogênio, o nitrato é encontrado no ambiente aquático como composto final da oxidação de materiais orgânicos, sendo a última fase do ciclo na biosfera (MARQUES, 2011). Os nitratos são tóxicos, e em excesso contribui para o desenvolvimento

da doença conhecida como *metahemoglobinemia* infantil (síndrome do sangue azul), podendo ser letal para crianças (ESTEVEVES, 1998).

#### **1.3.1.1.6 Fósforo Total e Dissolvido**

O fósforo constitui um dos principais nutrientes para processos biológicos, pois é exigido em grandes quantidades pelas células, contudo, em concentrações elevadas podem contribuir para diversos problemas, a exemplo, o processo de eutrofização (BILICH, 2007).

Toda forma de fósforo presente em águas naturais, encontra-se sob a forma de fosfato, o qual está presente sob diversas formas: fosfato particulado, fosfato orgânico dissolvido, fosfato inorgânico dissolvido ou ortofosfato, fosfato total dissolvido e fosfato total

A principal fonte natural do fósforo está relacionada com as rochas e a decomposição de organismos com características diferentes em cada região, e como fonte antropogênica, os despejos industriais, domésticos, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes (ESTEVEVES, 1998).

### **1.4 METAIS PESADOS**

A área da REBIO Jaru pertence à bacia do médio rio Machado, afluente da margem direita do rio Madeira. A bacia do Rio Machado é um dos corpos d'água que vêm sofrendo as pressões do processo desestruturado de urbanização e industrialização do entorno, bem como o avanço da pecuária e da agricultura, o que pode resultar no incremento de diversos poluentes no meio aquático.

De acordo com Dias (2015), houve uma redução da área classificada como vegetação arbórea e o acréscimo da área classificada como área antropizada na bacia do rio Machado no período de 1973 a 2015 e um de seus impactos, é a alteração do comportamento da bacia frente a eventos hidrológicos e o crescimento de despejos irregulares na bacia do rio Machado, pois as cidades do entorno não possuem sistema de tratamento de esgoto.

Os metais pesados estão entre os poluentes ambientais mais comuns e preocupantes. Seus impactos ecológicos podem ser substanciais em função da toxicidade, persistência e não degradabilidade no ambiente (PORTO et al., 2015). Além de já se encontrarem naturalmente no ambiente proveniente do solo, os metais pesados também podem ser introduzidos antropicamente, o que pode modificar as concentrações naturais, acarretando sérios problemas ao ecossistema (MILAZZO, 2017).

Os processos naturais que contribuem para a presença de elementos-traço em solos e águas são o intemperismo das rochas e o escoamento superficial da água das chuvas após

lavagem e lixiviamento de elementos associados aos perfis dos solos da região. Portanto, a constituição geológica de uma região tem grande importância na composição geoquímica dos solos e das águas que drenam íons metálicos e pequenas partículas dos solos, formando os sedimentos em suspensão e conseqüentemente os sedimentos de fundo dos rios e lagos (LICHT & PLAWIAK, 2005).

Além dos despejos irregulares, a agricultura, por exemplo, constitui uma das mais importantes fontes difusas de poluição por metais em corpos d'água, devido a utilização de maneira não apropriada, de defensivos agrícolas, de águas de irrigação de baixa qualidade e a disposição indiscriminada de resíduos industriais ou domésticos pode provocar, por exemplo, o acúmulo no solo de substâncias impróprias, em especial, metais pesados, que podem ser tóxicas para plantas podendo entrar na cadeia alimentar, afetando o ser humano (GUARACHO et al., 2004)

Os metais pesados ou metais traço, como o arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), níquel (Ni), manganês (Mn), mercúrio (Hg) e zinco (Zn), podem ser encontrados em fertilizantes agrícolas, pesticidas, preservativos de madeira e dejetos de produção intensiva de bovinos, suínos e aves (BIZARRO et al., 2008; FREITAS et al., 2009).

Alguns metais participam de processos metabólicos da biota aquática, todavia, em altas concentrações demonstram alto poder acumulativo na biota (ATLI & CANLI, 2010), alojando-se, principalmente, no tecido muscular de peixes, o que pode causar efeito tóxico nesses organismos, ou ainda, a contaminação de seres humanos que, por ventura, venham a consumir pescados advindos de fontes que direta ou indiretamente estejam contaminadas (BOISCHIO; BARBOSA, 1993).

Os solos possuem características diferentes quando se comparado as outras matrizes (ar, água e biota), pois além de se apresentarem como um dreno para contaminantes, são também como um tampão natural que controla o transporte de elementos químicos e outras substâncias para a atmosfera, hidrosfera e biota (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001).

Devido à gravidade da presença de elementos-traço em solos, água, sedimentos, é de suma importância os estudos para verificar as concentrações nas águas superficiais e também nos sedimentos, pois os sedimentos são capazes de acumular e redistribuir metais pesados provenientes de processos naturais ou de processos antropogênicos. Portanto, a análise da qualidade do sedimento é importante na avaliação de contaminantes e no ambiental que podem causar (OLIVEIRA et al., 2018).

## **1.5 Parâmetros biológicos**

### 1.5.1 Clorofila

O teor de clorofila é particularmente muito importante, o nível de clorofila algal é um indicador das condições tróficas e um indicador indireto de fertilizantes, pesticidas e herbicidas presentes em ambientes aquáticos (GOODIN et al., 1993). A clorofila *a*, faz o papel principal no processo de fotossíntese, nos processos de absorção de luz que, em seguida será aproveitada pelo fitoplâncton, sendo convertida em outra forma de energia durante a síntese.

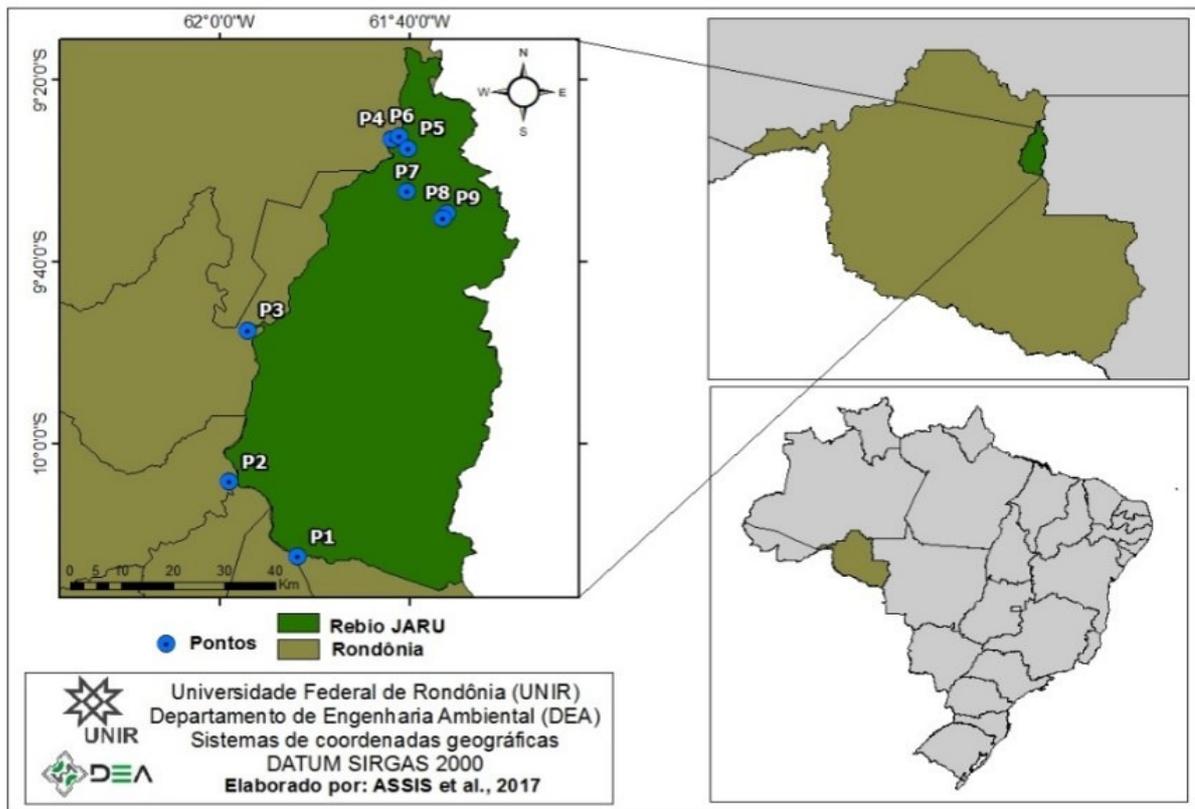
Quando associado a parâmetros físicos e químicos, podem detectar possíveis alterações na qualidade das águas, bem como avaliar tendências do ambiente ao longo do tempo. A presença de micronutrientes no meio é um dos principais fatores para desenvolvimento da comunidade primária no ambiente, contudo, não se restringe apenas a eles, outros fatores como coluna d'água, chuvas intensas e transparência são fatores que contribuem no desenvolvimento do fitoplâncton (NASCIMENTO, 2012).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS

O local de estudo compreende a Reserva Biológica do Jaru, que está localizada entre o limite estadual de Rondônia e Mato Grosso, nas coordenadas 10° 4'7.36"S; 61°58'16.83"O. A REBIO Jaru se encontra em maior proporção no município de Ji-Paraná (59,75%), sobrepondo em menor proporção os municípios de Machadinho D'Oeste (1,57%) e Vale do Anari (37,18%).

A fim de realizar uma amostragem que represente melhor a área da reserva, foram escolhidos 9 pontos distribuídos ao longo da REBIO Jaru, sendo eles: Igarapé Azul (P1/IA); Rio Jaru (P2/RJ); Rio Anari (P3/RA); Rio Machado, à montante da foz do rio Tarumã (P4/RM1) e a jusante (P5/RM2); três pontos no rio Tarumã, sendo a foz (P6/RT1), à montante da foz (P7/RT2) e à montante da foz do igarapé Grande (P9/RT3); e um ponto no igarapé Grande (P8/IG) (FIGURA 2).



**Figura 2** – Localização da Reserva Biológica do Jarú.

Gomes et al. (2015) estudando a precipitação na REBIO Jarú, entre 1999 a 2010, encontraram uma precipitação média anual de 2001 mm. A temperatura do ar média anual é de  $24,8 \pm 1,8$  °C (ANDRADE, 2013).

A região possui um período úmido característico de janeiro a março, úmido-seco de abril a junho, seco de julho a setembro e seco-úmido de outubro a dezembro (WEBLER et al., 2013). As coletas foram realizadas nos meses de março de 2017 (Úmido), junho de 2017 (Úmido-seco), outubro de 2017 (Seco-úmido) e fevereiro de 2018 (Úmido).

## 2.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

Para as análises da qualidade da água, coletou-se amostras de água de superfície e fundo, de cada rio. A coleta na superfície foi realizada diretamente por meio de garrafas *pet* (500mL), e no fundo com auxílio de uma garrafa de Van Dorn.

As amostras destinadas as análises de oxigênio dissolvido foram acondicionadas em frascos de vidro (125mL) com tampa esmerilhada e fixadas com solução de sulfato manganoso e azida sódica, como descrito em APHA (1998).

As amostras de água foram mantidas refrigeradas até ter início o preparo das mesmas para posteriores análises. As análises das variáveis limnológicas foram realizadas no

Laboratório de Limnologia e Microbiologia – LABLIM da Universidade Federal de Rondônia-UNIR, *Campus* de Ji-Paraná.

Os parâmetros limnológicos analisados foram: Temperatura (T°C), condutividade elétrica (CE); Potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido (OD), Fósforo Total (PT), Fósforo Dissolvido (PD), Nitrato ( $\text{N}^-\text{NO}_3^-$ ), Nitrito ( $\text{N}^-\text{NO}_2^-$ ), Amônia ( $\text{NH}_3^+\text{NH}_4^+$ ) e Clorofila *a*;

Os únicos parâmetros determinados em campos foram pH, CE e temperatura. As metodologias utilizadas para cada variável encontram-se no Quadro 1.

**Quadro 1** - Variáveis analisadas e métodos empregados.

Variável	Método	Unidade	Referência
pH – Temperatura	Sonda Portátil 221Lutron	Adimensional - °C	ANA (2012)
Condutividade elétrica	YSI, modelo EC 300	$\mu\text{s}/\text{cm}$	ANA (2012)
OD	Método de Winkler	mg/L	APHA (1998)
Amônia ( $\text{NH}_3^+\text{NH}_4^+$ )	Método azul de indofenol	mg/L	APHA (1995)
Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )	Método da Sulfanilamida e N-naftil	mg/L	APHA (1995)
Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )	Método do reagente brucina	mg/L	APHA (1995)
Ortofosfato e Fósforo Total	Método do ácido ascórbico	mg/L	NBR 12.772/92
Clorofila <i>a</i>	Método do etanol quente 95%	$\mu\text{g}/\text{L}$	Jespersen e Christoffersen (1987)

Fonte: Adaptado de Alves (2018).

Para as análises de metais em água, uma alíquota de 15mL de amostra de água foi colocada em tubo falcon previamente descontaminados (HCl 5%) e acidificadas com 100 $\mu\text{L}$  de ácido nítrico (70% m/m). No Laboratório de Biogeoquímica Ambiental-LABIOGEOQ, UNIR campus de Porto Velho, foram analisados os seguintes metais: Prata, alumínio, arsênio, bário, berílio, cádmio, cobalto, cromo, cobre, manganês, molibdênio, níquel, chumbo, antimônio, estanho, estrôncio, zinco e vanádio. As concentrações dos metais foram determinadas por Espectrometria de Emissão óptica com Plasma-ICP-OES (Perkim-Elmer).

### 2.3 AMOSTRAGEM DE SOLO E SEDIMENTO

Para as determinações da concentração de metais pesados no solo e no sedimento, coletou-se o solo das margens dos rios e sedimento de fundo em cada ponto amostral. As amostras de solo das margens foram coletadas com o auxílio de uma ferramenta escavadora, e,

em seguida, foram armazenados em sacos plásticos (FIGURA 3). Ressalta-se que para coleta de solo a margem selecionada (esquerda ou direita) foi a que possuía melhor acesso, visto que em alguns períodos algumas áreas encontravam-se alagadas. Entretanto, na maioria dos pontos a coleta foi sempre realizada na mesma margem, esquerda ou direita. As amostras de sedimento de fundo foram coletadas com auxílio de uma draga de *Eckman* e armazenadas também em sacolas plásticas (FIGURA 4).



**Figura 3** – Coleta do solo das margens dos rios com uso de uma boca de lobo e armazenamento em saco plástico.



**Figura 4** – Coleta do sedimento do rio com o auxílio da draga de *Eckman*, e armazenamento em saco plástico.

Para as análises de metais em solo e sedimento, os mesmos sofreram peneiramento úmido em peneiras de 200mesh. Em seguida foram colocados em cadinhos de porcelana e secos em estufa a 60°C. Posteriormente as amostras foram maceradas com pistilo de porcelana, acondicionadas em recipientes e encaminhadas ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental-LABIOGEOQ, UNIR campus de Porto Velho.

## **2.4 CONCENTRAÇÃO DE METAIS**

### **2.4.1 Solo e sedimento**

No laboratório as amostras de solo e sedimento foram pesadas a seco cerca de 2,0 g de cada amostra em duplicata (em béqueres de 100 mL) para o processo de solubilização química, em seguida adicionou-se cerca de 8,0 mL de HNO<sub>3</sub> (ácido nítrico) concentrado (70% m/m) em cada um dos béqueres e leva-se à chapa aquecedora a uma temperatura de aproximadamente 120°C até completa volatilização do ácido, posteriormente adicionou-se cerca de 8,0 mL de água régia (HCl:HNO<sub>3</sub> [3:1]) e espera-se volatilizar completamente a solução, e ressuspendeu-se as amostras com HCl 0,1 N, passando-os em filtros de celulose de porosidade de 3 micras em funis de polipropileno até o volume final de 15 mL.

Os metais analisados foram: prata, alumínio, arsênio, bário, berílio, cádmio, cobalto, cromo, cobre, manganês, molibdênio, níquel, chumbo, antimônio, estanho, estrôncio, zinco e

vanádio. A concentração dos metais foi determinada por Espectrometria de Emissão óptica com Plasma-ICP-OES (Perkim-Elmer).

#### **2.4.2 Água bruta**

As concentrações de metais na fração total foram determinadas em amostras de água bruta. Foram coletados 10 mL de amostra a qual foi acidificada com HNO<sub>3</sub> (ácido nítrico) concentrado (70% m/m) *in loco* e filtrado em acetato de celulose (na bomba de vácuo) no laboratório.

Após esse preparo das amostras, levou-se ao ICP-OES (Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente) para a quantificação dos elementos-traço objetivados.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados limnológicos e de metais pesados serão apresentados e comparados com as legislações federais sobre o tema, CONAMA 357/2005 a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e CONAMA 420/2009 que traz critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto a presença de substâncias químicas, bem como estabelece diretrizes para gerenciamento de áreas contaminadas. Os dados também serão discutidos com base em outros trabalhos da área.

Não há uma legislação específica para os valores de metais no sedimento, por isso como fator comparativo, nesse trabalho os dados de metais no sedimento serão comparados com a Resolução CONAMA 420/2009.

Iniciando as discussões pelas variáveis limnológicas, a CONAMA 357/2009 coloca 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. No Art. 13, é abordado que as águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

Entretanto, como não haviam trabalhos limnológicos na área de estudo, os resultados serão comparados aos valores para Classe 1, no intuito de analisar os dados principalmente do rio Tarumã, Igarapé Azul e o Igarapé Grande, os quais estão inseridos na REBIO Jarú, e aos valores de classe 2, para os demais corpos d'água que margeiam a reserva, por ainda não terem

sido classificado pelo órgão ambiental, devem receber esta classificação segundo a CONAMA 357/2005.

### 3.1 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

#### 3.1.1 Transparência da água e profundidade

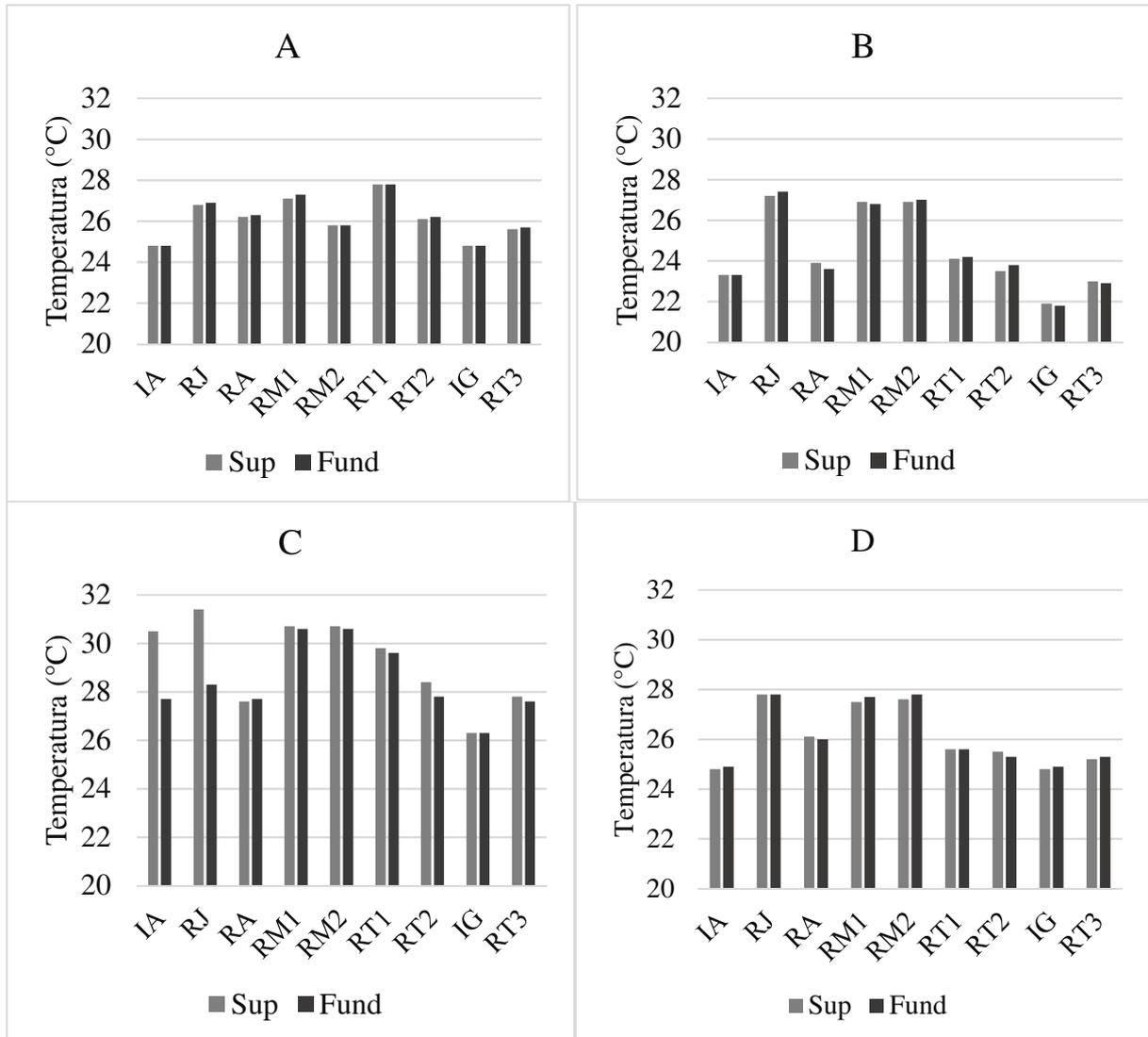
De uma forma geral os maiores valores de transparência (TABELA 01) nos rios e igarapés analisados foram registrados na coleta de out/17, referente ao período seco-úmido, certamente devido a maior deposição do material particulado em suspensão. Já os maiores valores de profundidade foram registrados em mar/17 e fev/18, tal resultado está relacionado com o período úmido da região.

**Tabela 01 - Variação temporal dos valores de transparência da água (cm) e profundidade (m) dos corpos hídricos da Reserva Biológica do Jarú, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jarú (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG).**

	MARÇO/17		JUNHO/17		OUTUBRO/17		FEVEREIRO/18	
	Transp.	Prof.	Transp.	Prof.	Transp.	Prof.	Transp.	Prof.
<b>IA</b>	60	4	15	0,15	90	1,2	63	4,5
<b>RJ</b>	31	4	85	1	95	1,7	35	5
<b>RA</b>	30	8	66	2	70	1,7	37	8
<b>RM1</b>	33	9	95	4,5	70	4,5	26	4,5
<b>RM2</b>	57	7	1	8	70	2	29	6
<b>RT1</b>	32	4	1,1	2,5	130	1,5	67	4
<b>RT2</b>	53	7	95	5	130	4	93	6,5
<b>IG</b>	29	2	90	1,5	15	0,15	80	2,5
<b>RT3</b>	86	4	1,1	2	150	1,5	90	3,5

#### 3.1.2 Temperatura

As quatro coletas analisadas apresentaram valores de temperatura (FIGURA 5) entre 21,9-31,4 °C para superfície, e 21,8-30,6 °C para fundo. Os maiores valores de temperatura foram encontrados em out/17. A maior amplitude térmica ocorreu na superfície, com 30,70°C (RM1 e RM2), na coleta em out/17.



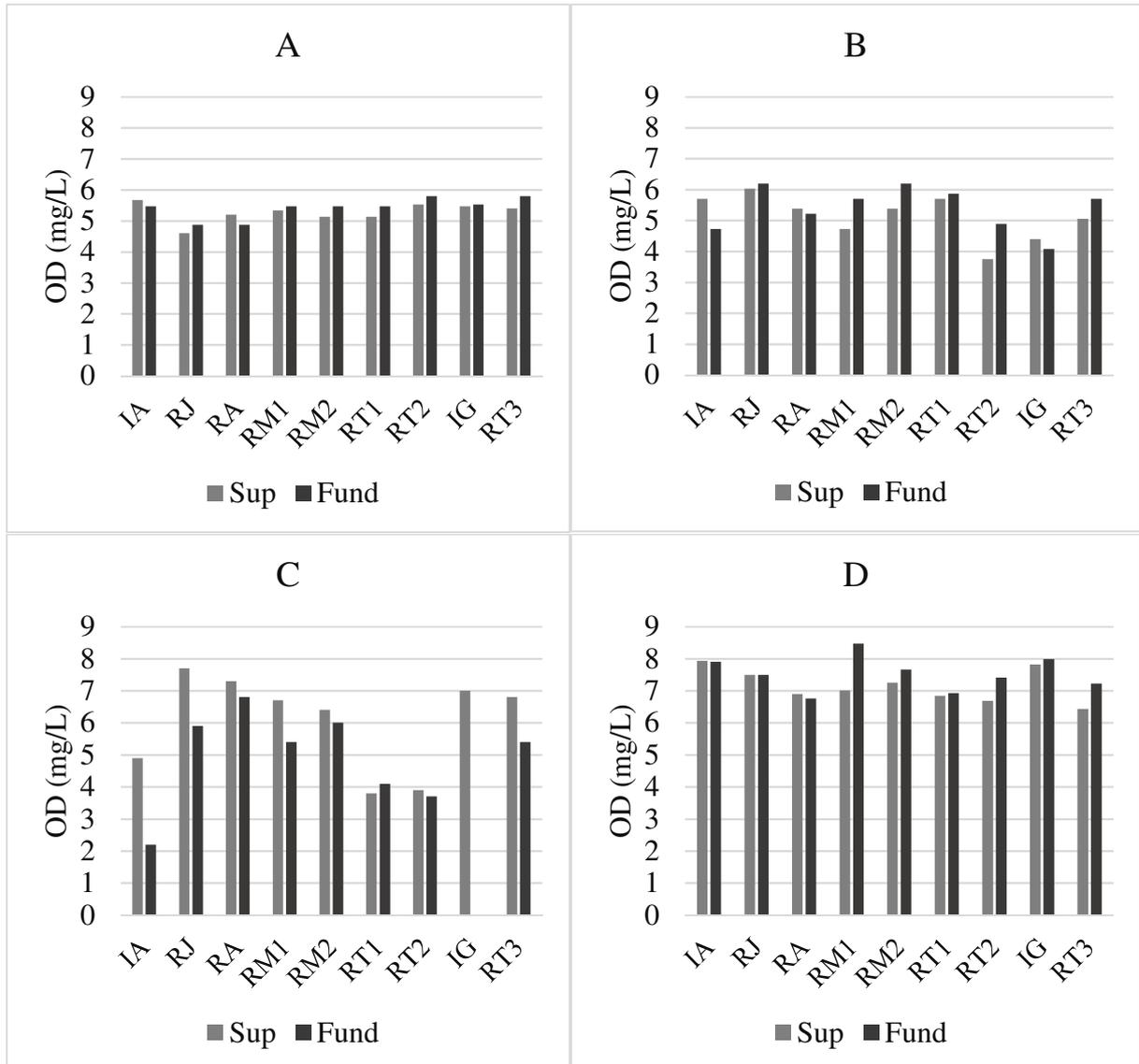
**Figura 5** - Variação temporal dos valores de temperatura na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), outubro/17 (C) e fevereiro/18 (D).

Os maiores valores de temperatura se deram na superfície, devido a água superficial, além da influência dos rios, sofre o efeito da insolação, que provoca um aumento da temperatura de até 10 °C em relação à água de fundo (SEMA/RJ, 1998). Destaca-se que em razão da temperatura ser uma característica regional, não há valor orientador para esta variável.

### 3.1.3 Oxigênio dissolvido

Os maiores valores encontrados de oxigênio dissolvido (FIGURA 6), tanto para a superfície, quanto para o fundo, ocorreram em fev/18 (8,47 no RM2), mês representativo do período úmido, ao passo que o menor valor foi identificado em out/2017 (2,2 no IA), transição entre o período seco para úmido.

Esses valores podem ser comparados com os encontrados por Darwich et al. (2005) que ao estudar o Rio Negro e O lago Tupé, em 2005, no estado do Amazonas, obteve médias 3,1 e 2,3 mg/L respectivamente, no período de cheia. Obteve também médias de 9 mg/L em períodos de seca em suas estações de coleta.



**Figura 6** - Variação temporal dos valores de oxigênio dissolvido (OD) na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), outubro/17 (C) e fevereiro/18 (D).

Os valores de OD de fundo apesar de maiores em quase todas as coletas (mar/17, jun/17 e fev/18) se comparados com os da superfície. Provavelmente o comportamento em out/17, diferiu das demais por ser um período com pouca incidência de chuvas, com os maiores valores na superfície, devido as trocas gasosas com o meio.

De acordo com a CONAMA 357/2005, utilizou-se valores de OD para Classe 1, e Classe II cujo devem ser maiores, respectivamente, que 6 mg/L e 5 mg/L. Sendo que 33% dos pontos analisados classificados como classe 1, ficaram fora do estabelecido pela legislação, enquanto que os pontos de classe 2, somente 13% ficaram abaixo da legislação.

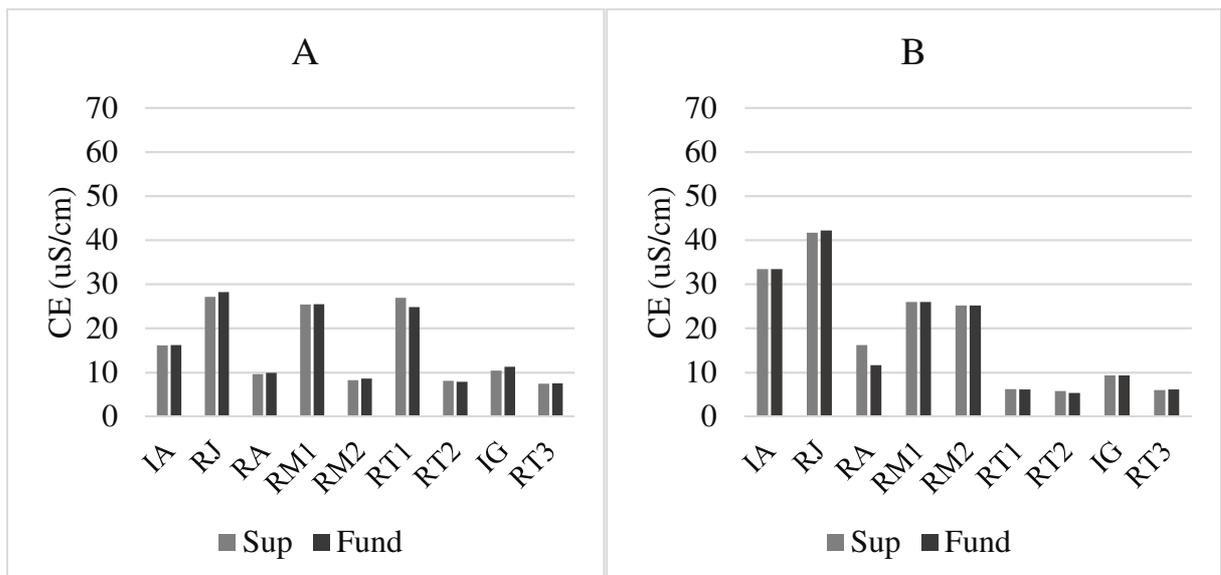
### 3.1.4 Condutividade elétrica

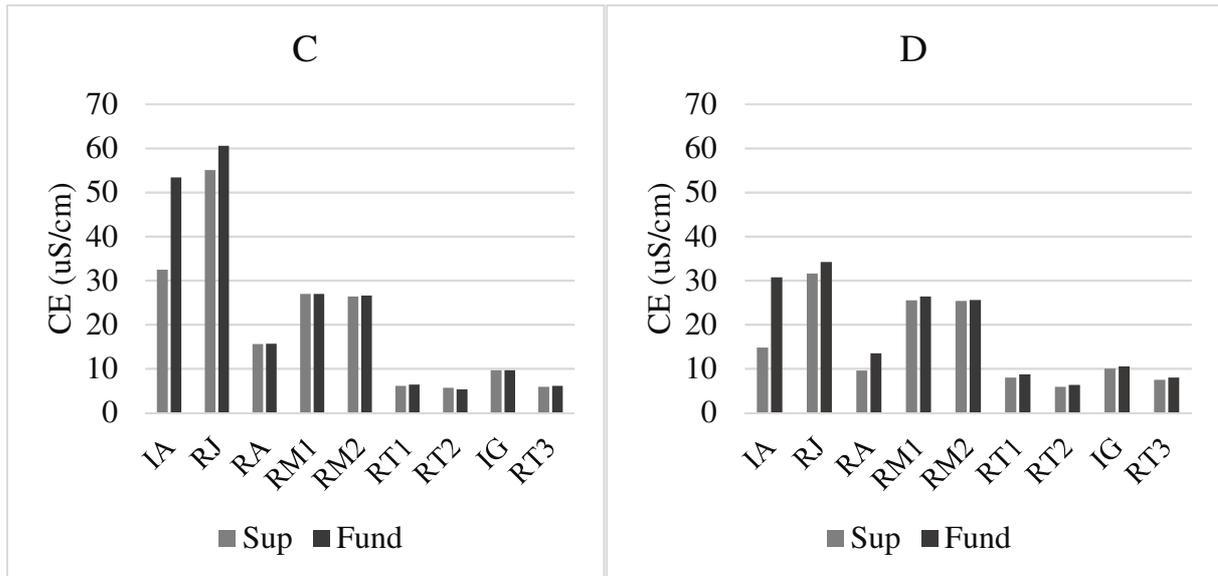
A condutividade elétrica (FIGURA 7), que expressa a quantidade íons na água, apresentou seus maiores valores em out/2017 (60,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) no rio Jaru (RJ), e os menores valores foram de 5,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em jun/17 e out/17 no rio Tarumã (RT2).

Darwich et al. (2005) que ao estudar o Rio Negro e O lago Tupé, em 2005, no estado do Amazonas, encontrou valores que variaram entre 3,7 e 8,6  $\text{uS}/\text{cm}$  respectivamente, no período de seca, enquanto que na cheia variou 7,1 a 10,8  $\text{uS}/\text{cm}$ .

No período de out/17, as chuvas começaram a ser mais frequentes por ser um período de transição seco-úmido, com isso, os íons que estavam retidos no solo são carregados para os corpos hídricos, o que pode justificar o aumento da CE em outubro/2017.

A concentração de íons na água é fortemente influenciada pela sua temperatura, de forma que a concentração de íons na água aumenta cerca de 2% a cada  $^{\circ}\text{C}$  (WETZEL, 1993). A maior média de temperatura da água ocorreu em out/17 ( $28,7^{\circ}\text{C}$ ), o que poderia explicar então, o aumento da condutividade elétrica no período seco-úmido.





**Figura 7** - Variação temporal dos valores de condutividade elétrica (CE) na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jarú (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), outubro/17 (C) e fevereiro/18 (D).

A CONAMA 257/2005 não estabelece valores para a condutividade elétrica, contudo a CETESB (2014), traz que valores de condutividade elétrica maiores que 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam que provavelmente àquele corpo d'água sofre contaminação, mas todos os valores encontrados na REBIO Jarú ficaram abaixo do preconizado pela CETESB.

### 3.1.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

Com relação aos valores de pH na água os pontos IA, RJ, RM1 e RM2, apresentaram valores mais alcalinos, 8,14 (sup e fund), 8,71 (sup) e 8,65 (fund), 8,15 (sup) e 8,41 (fund), 8,31 (sup) e 8,41 (fund), respectivamente (TABELA 02). Os demais pontos apresentaram valores próximos a neutralidade e levemente ácidos, como pode ser visto na Tabela 2.

Nascimento (2006) estudando os reservatórios da Usina Hidrelétrica de Samuel/RO, encontrou valores de pH variando entre 6,1 a 7,9.

Embora os pontos, em geral, não demonstraram grandes variações sazonais. Quando comparados os valores obtidos com os valores preconizados pela CONAMA 357/2005, observou-se que todos os dados encontram-se de acordo com a norma.

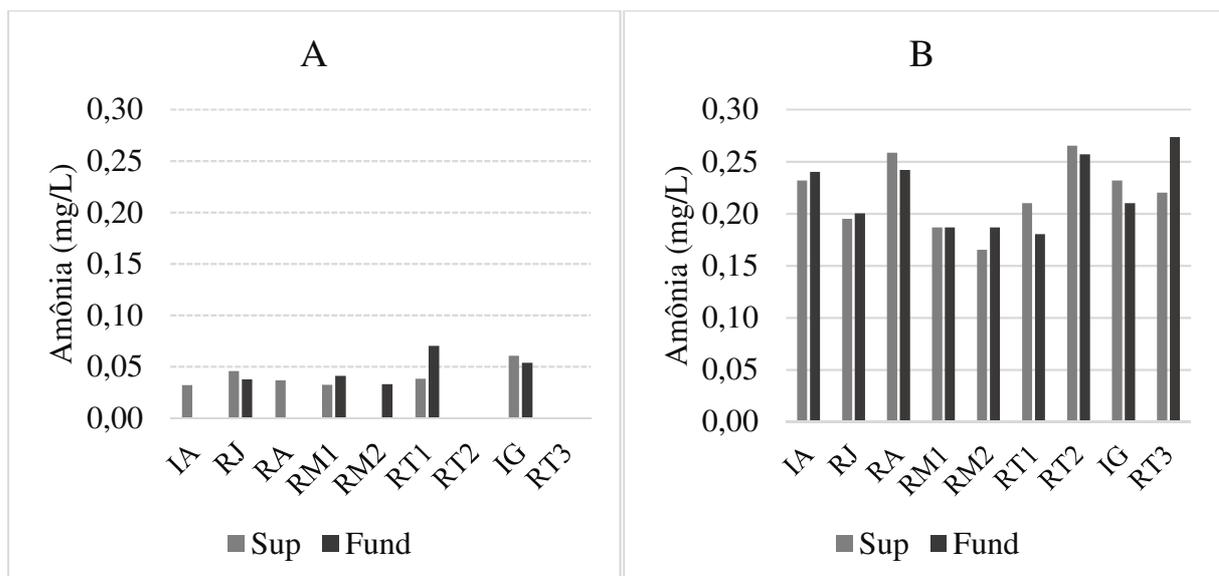
**Tabela 02** - Variação temporal dos valores de Potencial hidrogeniônico (pH) e profundidade (m) dos corpos hídricos da Reserva Biológica do Jarú, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jarú (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG).

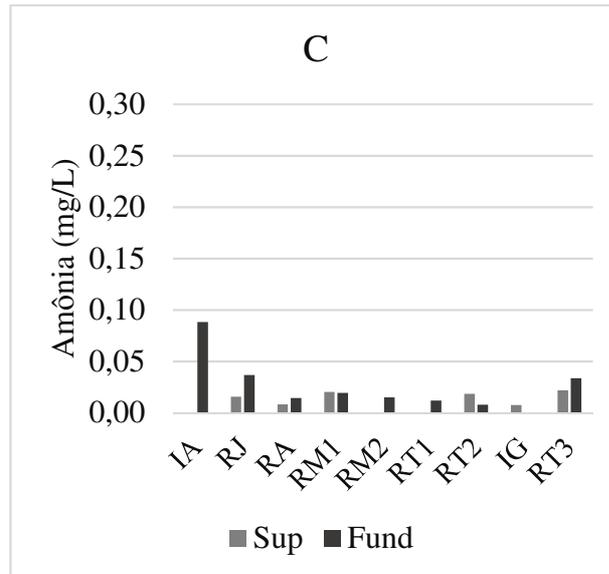
	MARÇO/17		JUNHO/17		OUTUBRO/17		FEVEREIRO/18	
	pH Sup.	pH Fundo	pH Sup.	pH Fundo	pH Sup.	pH Fundo	pH Sup.	pH Fundo
IA	6,44	6,55	8,14	8,14	6,85	6,76	6,64	6,41
RJ	6,49	6,84	8,71	8,65	6,99	6,99	6,6	6,84
RA	5,84	5,96	7,7	7,72	6,63	6,77	6,55	6,65
RM1	6,77	6,71	8,15	8,41	6,95	6,93	6,9	7,34
RM2	5,69	5,95	8,31	8,41	6,95	6,89	6,89	7,26
RT1	6,72	6,68	7	7,13	6,13	6,28	5,99	6,52
RT2	6,26	5,09	6,79	6,88	5,9	5,95	5,8	5,94
IG	6,2	6,21	7,26	7,29	6,16	6,16	5,17	6,34
RT3	6,05	6,13	6,68	6,87	6,14	6,1	5,77	6,06

### 3.1.6 Amônia, nitrito e nitrato

Os valores de amônia podem ser observados na Figura 8. A amônia está presente naturalmente nos corpos d'água como produto da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos do solo e da água, resultado da excreção da biota, redução do nitrogênio gasoso da água por micro-organismos ou por trocas gasosas com a atmosfera (DOS REIS et al., 2009).

Os maiores valores de amônia foram encontrados em jun/17 (0,259 mg/L), enquanto que em out/17 apresentou todos os valores menores que 0,005 mg/L.





**Figura 8** - Variação temporal dos valores de amônia na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), outubro/17 (C).

Silva et al. (2007), realizaram estudos dentro da reserva Adolpho Ducke, situada na periferia de Manaus, e encontrou valores variando de 0,01 a 0,38 mg/L.

De acordo com De Queiroz Fiuza et al. (2010), a amônia encontra-se presente em pequenas quantidades em águas potáveis, águas em estado natural ou água de subsolo, como foi o caso da REBIO Jaru, cujo amônia está em menor concentração pois os corpos d'água estudados encontram-se bem oxigenados, e em condições aeróbicas ocorre o processo de nitrificação onde o íon amônia é convertido a nitrito e a nitrato.

Os maiores valores em jun/17 provavelmente se deram devido ao aumento do pH, que também teve sua alta na mesma coleta, Reis et al., (2009) relatam em seu estudo que elevações do pH ou da temperatura deslocam o equilíbrio químico no sentido da amônia não-ionizada ( $\text{NH}_3$ ). Desta forma, impossibilitando o consumo desta forma de nitrogênio inorgânico pelo fitoplâncton.

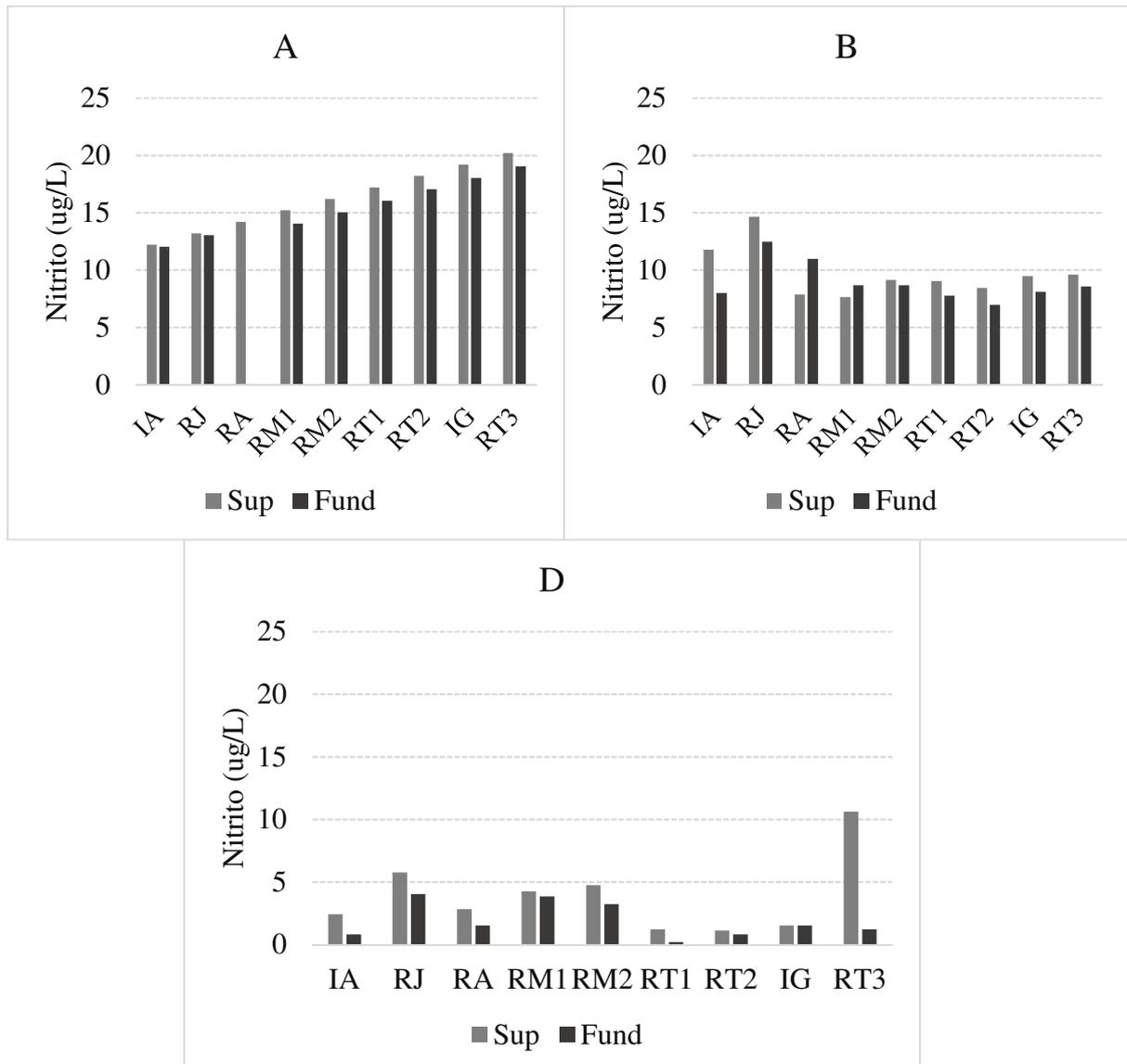
Os valores de amônia encontrados foram menores que o estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, para águas de classe I, que varia de 0,5 a 3,7 mg/L dependendo do valor de pH. E para a classe 2, de 1,0 a 13,3 mg/L.

A amônia é convertida a nitrato através do processo de nitrificação, nitrito é formado como um produto intermediário. Se a conversão para nitrato é impedida, concentrações significantes de nitrito podem acumular no ambiente (THURSTON et al., 1978).

Os maiores valores de nitrito se deram em fev/18 (FIGURA 9), que corresponde aos menores valores de amônia, demonstrando intenso processo de nitrificação nesse período

decorrente da presença de oxigênio dissolvido que propicia o crescimento dos microrganismos aeróbicos que realizam esse processo. Já os menores valores se deram em out/17 (todo eles estão abaixo de 0,005mg/L).

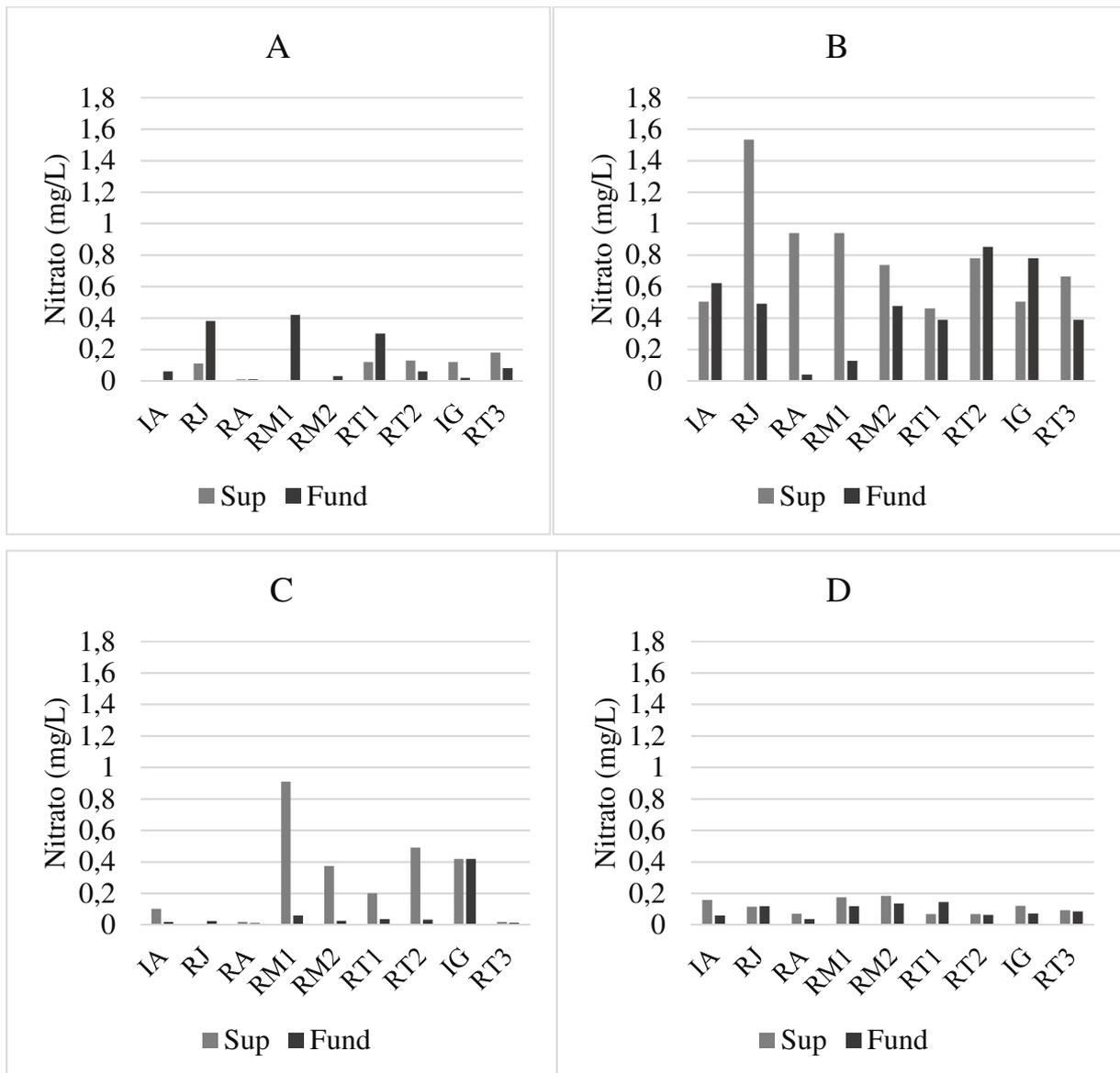
Os valores encontrados de nitrito foram muito inferiores ao estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, para águas de Classe I e II, que é de 1mg/L.



**Figura 9** - Variação temporal dos valores de nitrito na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), fevereiro/18 (D).

O nitrato em um corpo d'água é indicador da poluição relacionada ao final do processo de nitrificação (SAMPAIO et al., 2019). Os valores de nitrato encontrados na REBIO Jaru (FIGURA 10) foram maiores em junho/17 e os menores em março/2017, os valores de

outubro/17 correspondem com a baixa que houve no nitrito, demonstrando que houve a conversão de nitrito para nitrato nesse período.



**Figura 10** - Variação temporal dos valores de nitrato na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), outubro/17 (C) e fevereiro/18 (D).

Silva et al. (2007), ao estudarem o nitrato na reserva Duck, situada na periferia de Manaus, e encontrou valores variando de 0,01 a 0,06 mg/L. Valores baixos esses assim como a REBIO Jaru, demonstrando equidade do ambiente preservados a cerca deste nutriente

### 3.7 CLOROFILA

A clorofila é um parâmetro muito utilizado para a medição do grau de trofia, pois a clorofila indica a concentração de biomassa algal, que é a consequência do processo de eutrofização (TRINDADE E MENDONÇA, 2014). Na REBIO Jarú, não houve variação temporal na concentração de clorofila, sendo que todos os pontos analisados ficaram abaixo do valor de 0,005 ug/L.

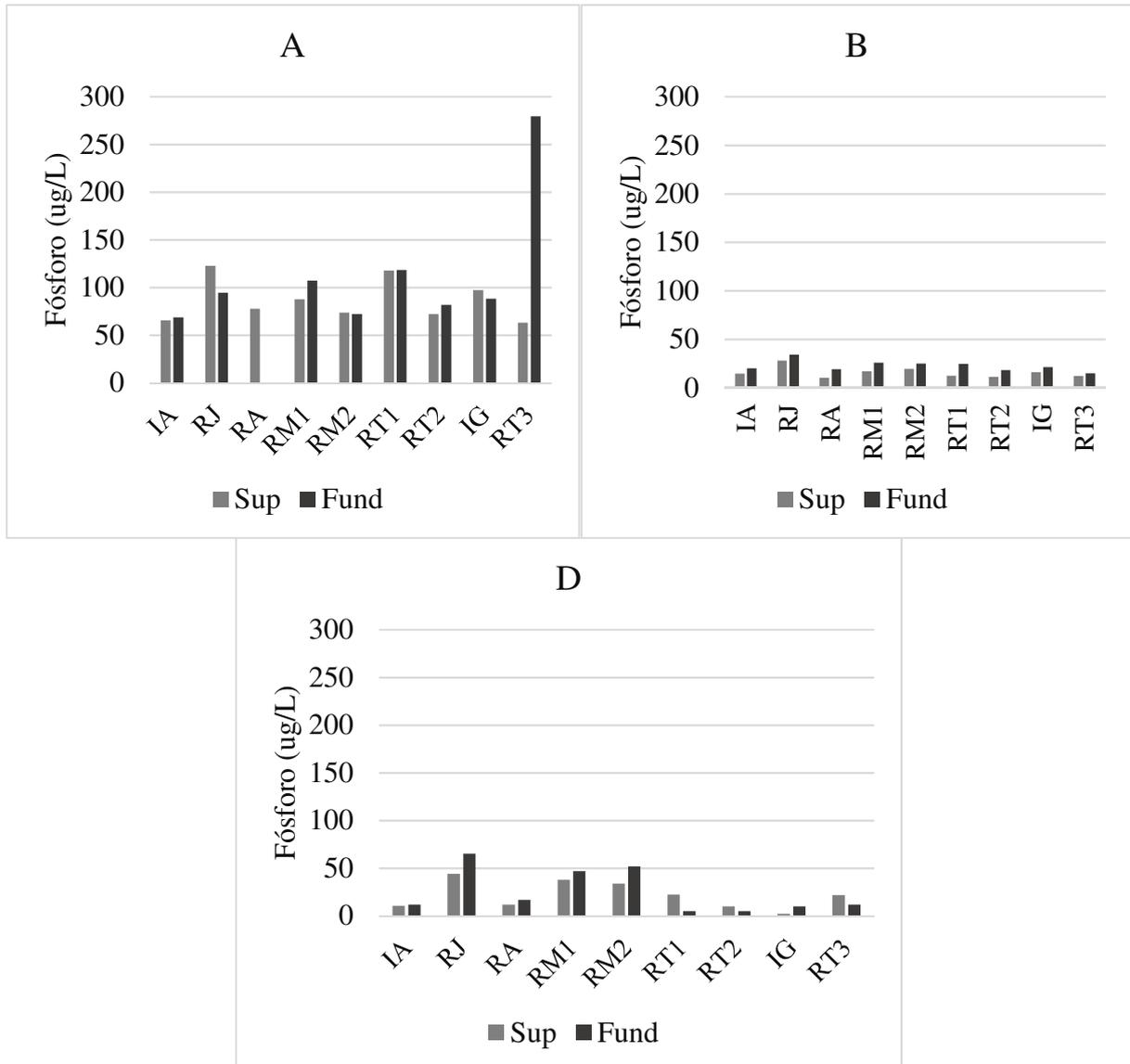
Coelho et al. (2016), estudando uma propriedade rural no sul de Minas Gerais encontrou valores de Clorofila variando de 21,23 a 59,49 ug/L..

### **3.8 ORTOFOSFATO E P-TOTAL**

Houve problema nas análises laboratoriais do mês outubro/2017, que resultou na escolha de descarta dos mesmos.

Outro nutriente inorgânico muito importante para a produção primária no ambiente aquático é o fósforo, um importante fator limitante de sua produtividade. Além disso, é apontado como o principal responsável pela eutrofização (BIUDES et al., 2008).

Os maiores valores de fósforo total foram encontrados no fundo se comparados com a superfície (FIGURA 11), pois o fósforo tende a se depositar nos fundos dos rios (EMÍDIO, 2012).



**Figura 11** - Variação temporal dos valores de fósforo total na superfície e fundo de cada corpo hídrico, sendo respectivamente: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG), nos meses de março/17 (A), junho/17 (B), outubro/17 (C).

Os maiores valores se deram no período chuvoso. A resolução CONAMA 357/05 estabelece um valor máximo de 0,1 (mg/L) para o fósforo total e 7,4% das análises ficaram acima desse limite, sendo que eles ultrapassaram a margem no período chuvoso (março/2017).

Isso provavelmente está ligado ao fato da entrada de água “nova” nos rios de forma que há um reabastecimento do sistema em relação aos nutrientes que serão utilizados principalmente nos meses de seca (NASCIMENTO, 2006).

O fósforo presente na água também tem origem em fontes naturais, como rochas das bacias de drenagem, material particulado presente na atmosfera e decomposição da matéria orgânica, o que poderia justificar os altos valores no período chuvoso.

O ortofosfato consiste na fração de fósforo de maior relevância, visto que é a principal forma de fosfato assimilada pelos vegetais aquáticos (ESTEVEES e PANOSSO, 2011). Todas as análises de ortofosfato nesse trabalho apresentaram valores inferiores a 0,005mg/L.

Os baixos valores de ortofosfato solúvel em corpos hídricos tropicais podem ser associados às altas temperaturas que aceleram os processos de assimilação pela produção primária, à diluição e à precipitação química ou imobilização sob condições alcalinas e aeróbias (ESTEVEES, 1998; LOPES et al., 2017).

A resolução CONAMA 357/05 não estabelece um valor máximo para o ortofosfato, contudo a REBIO Jaru apresentou valores menores que outros estudos como Nascimento (2006), Santos et al. (2017), Lopes et al. (2017).

De acordo com a classificação da OECD (1982), baseada na média anual do fósforo total, os corpos hídricos da REBIO Jaru se enquadram nos estados tróficos conforme a Tabela 3.

**Tabela 3 – Classificação do nível de trofia, baseado em OECD (1982), de acordo com as médias anuais dos valores de fósforo total. E o enquadramento dos corpos hídricos da REBIO Jaru: Igarapé Azul (IA), Rio Jaru (RJ), Rio Anarí (RA), Rio Machado (RM1 e RM2), Rio Tarumã (RT1, RT2 e RT3) e Igarapé Grande (IG).**

Nível trófico					
	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Média anual de fósforo total (mg/L)	≤4,0	≤10,0	10-35	35-100	≥100
REBIO Jaru			IA, RA, RT e IG	RJ e RM	

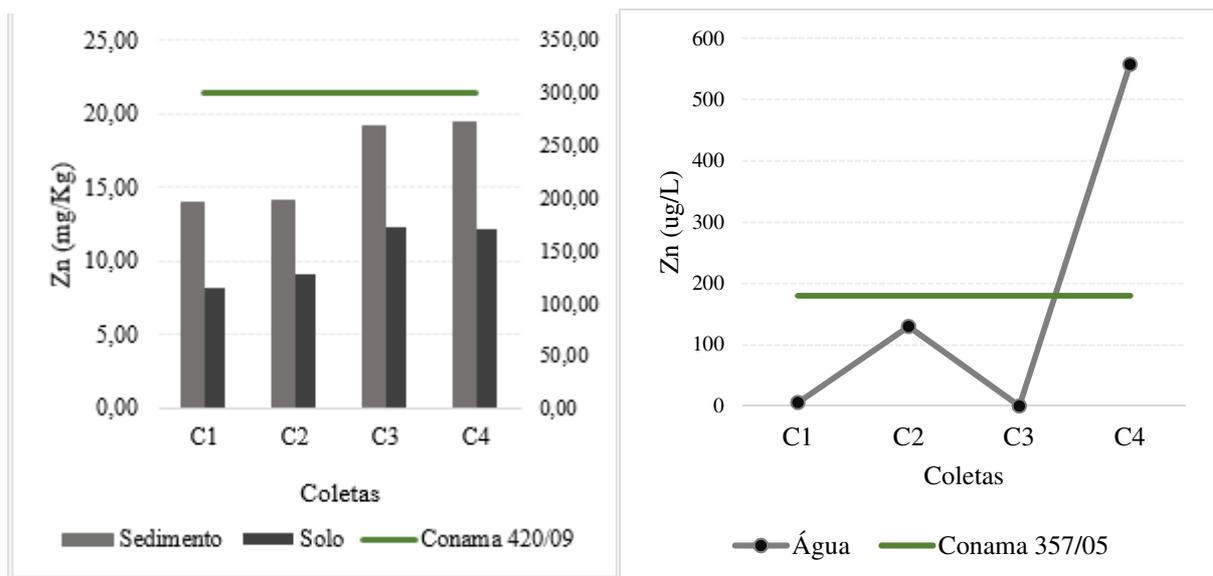
### 3.9 METAIS PESADOS

Santos (2011), afirma que os teores naturais médios de metais pesados em Rondônia são inferiores ao encontrado em referências bibliográficas nacionais e internacionais. Por isso,

serão discutidos os metais pesados que apresentaram as maiores concentrações na REBIO Jaru, sendo eles: Cobre (Cu), Alumínio (Al), Zinco (Zn) Manganês (Mn) e Cromo (Cr).

Em relação ao zinco, as médias dos valores no solo e sedimento, 2,87 mg/Kg (março/2017 no RN2) a 22,24 mg/Kg (outubro/2017 no RM1) e 9,18 mg/Kg (junho/2017 no RT3) a 24,21 mg/Kg (fevereiro/2018 no RM1) respectivamente (FIGURA 12a) pode-se perceber que houve um comportamento semelhante no decorrer das coletas.

Dos valores encontrados para zinco na água (FIGURA 12b), somente em fevereiro/2018 ficou acima do limite estabelecido na CONAMA 357/05. Rocha et al. (2015), em uma das coletas realizadas na Bacia do Córrego São Mateus/MG classificado como classe I, apresentou valores muito superiores as demais amostragens, com 590 ug/l. Enquanto Ribeiro (2010), analisando a água superficial do Rio São Francisco a jusante da represa de Três Marias/MG encontrou valores de Zn em 36.300 µg/L.



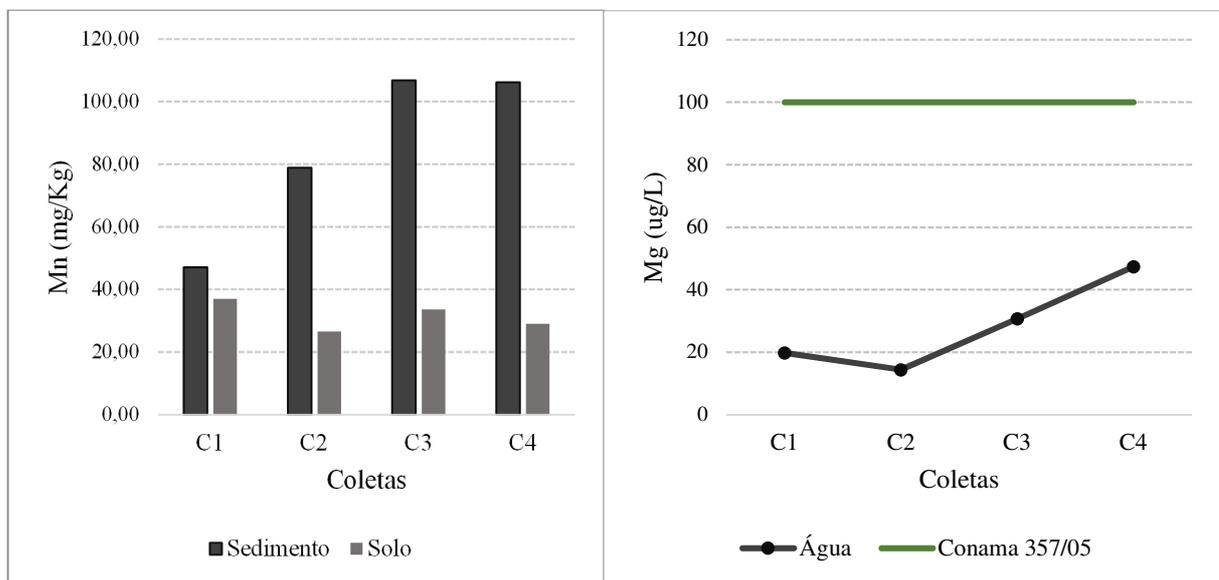
**Figura 12** - Variação temporal das médias do Zinco (Zn) no solo e sedimento (a) e na água (b), nos meses de março/17 (C1), junho/17 (C2), outubro/17 (C3) e fevereiro/18 (C4).

Os valores de Zn no sedimento na REBIO Jaru, ficaram próximos aos encontrados por Oliveira et al., (2015) que estudando o Rio Tapajós identificou valores variando de 10,22 a 39,1 mg/Kg

Fernandes et al. (2007), estudando uma área em que era cultivado olerícolas em Minas Gerais, encontraram valores de  $41,88 \pm 34,5$  mg/Kg no solo. Já em estudos que analisaram solos contaminados os valores variaram de 100 a 553 mg/Kg (RAMALHO et al., 2001; De SOUZA SILVA et al., 2007).

Essas diferenças observadas podem ser atribuídas a representatividade temporal da matriz analisada, pois os metais presentes na água são um retrato instantâneo dos aportes ocorridos na bacia, no solo e os do sedimento, um histórico de acúmulos (CAMPOS DE MAGALHÕES et al., 2016).

Em relação ao Manganês (Mn) as médias do solo e sedimento (FIGURA 13a) não foram estabelecidos pelas agências ambientais concentração máxima permitida nem valores de referência. No entanto Pérez et al. (1997), relatam que em seu estudo média de Mn no solo no Brasil é  $432,47 \pm 545$  mg/Kg. No que se refere aos valores de Mn encontrados na água (FIGURA 13b) a resolução CONAMA 357/09 estabelece valores máximos de 100 ug/L.



**Figura 13** - Variação temporal das médias do Manganês (Mg) no solo e sedimento (a) e na água (b), nos meses de março/17 (C1), junho/17 (C2), outubro/17 (C3) e fevereiro/18 (C4).

Júnior (2017), estudando o sedimento do Rio Madeira, encontrou valores de Mn variando de 368 a 488 mg/Kg, Zuliani et al. (2017), analisando a Bacia do Rio das Mortes, uma região do Estado de Minas Gerais, que é caracterizada por vários empreendimentos de mineração constataram valores que chegaram a 19.869 mg/Kg, ambos os estudos apresentaram valores muito superiores aos encontrados na REBIO Jaru.

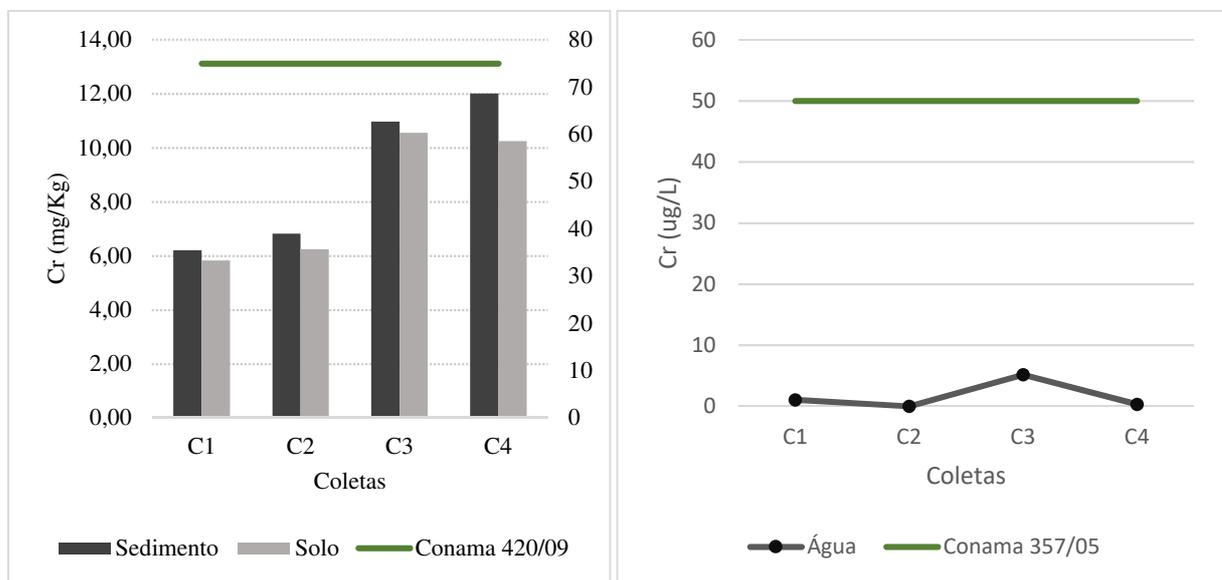
Obteve-se os valores mínimo de 9,01 mg/Kg no Rio Anari (RA) mar/17 e máximo de 105,60 mg/Kg no Rio Machado (RM1) no mesmo período. Tais valores em solo foram inferiores à média proposta por Sparks (1995) e Pérez et al. (1997), assim como os valores encontrados por Chig et al. (2016) no Mato Grosso, com média de 33,37 mg/Kg.

Em relação aos valores de Mn na água, todos ficaram dentro do estabelecido pela legislação, e comparando os valores encontrados na REBIO Jaru com os encontrados por

Ribeiro et al (2010), 6.900  $\mu\text{g/L}$  e Zuliani et al. (2017) de 119  $\mu\text{g/L}$  a reserva biológica apresentou valores muito inferiores a esses trabalhos.

De acordo com Santos (2011), o cromo foi o elemento, dentre os estudados, que apresentou as maiores concentrações no solo de Rondônia. Gomes (2009), encontrou valores de  $7,35 \pm 2,14$   $\text{mg/Kg}$  nos solos do alto do Rio Madeira, valores próximos aos observados na REBIO Jaru.

O cromo (FIGURA 14) ficou dentro dos limites estabelecidos pela CONAMA, sendo que os maiores na água foram maiores em out/2017 (FIGURA 14b), podendo significar que nos períodos úmidos, houve a diluição do metal na água.



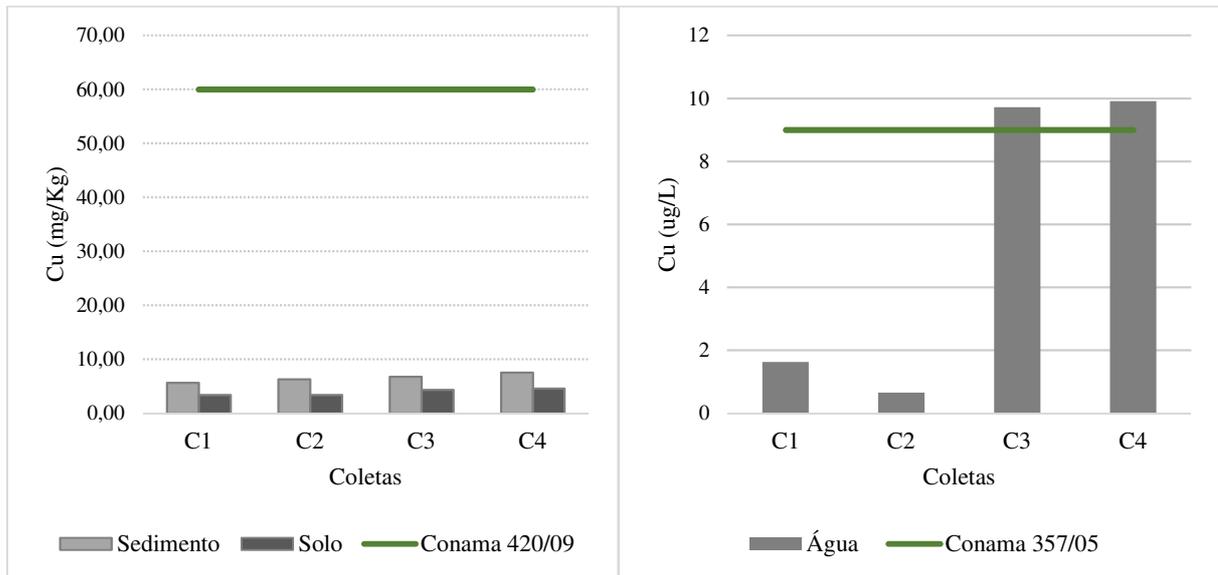
**Figura 14** - Variação temporal das médias do Cromo (Cr) no solo e sedimento (a) e na água (b), nas coletas de março/17 (C1), junho/17 (C2), outubro/17 (C3) e fevereiro/18 (C4).

Já em relação aos valores de Cr no sedimento, os valores encontrados foram inferiores aos de Zuliani et al. (2017) com 341  $\text{mg/Kg}$  e Oliveira et al. (2015) que encontraram valores que variaram de 7,2 a 50  $\text{mg/Kg}$ .

Os valores identificados de Cr na água na REBIO Jaru foram superiores ao encontrados por Petry et al. (2016), que estudou a qualidade da água do arroio Luiz Rau em Novo Hamburgo (RS), classificado como classe 1, sendo que os autores não identificaram durante todo o período amostrado, valores para Cr na água.

Alguns metais são essenciais aos seres vivos, como o cobre, atuando em diversos processos fisiológicos, ainda que em baixas concentrações, em altas concentrações podem ser tóxicos (De SENA et al., 2018).

Os valores de Cobre (Cu) na água (FIGURA 15b) em out/17 e fev//18 foram superiores ao estabelecido na legislação para o Cobre dissolvido, mas o analisado neste trabalho foi o Cobre total, enquanto que os valores no solo e no sedimento (FIGURA 15a) ficaram dentro dos limites da CONAMA 420/09.



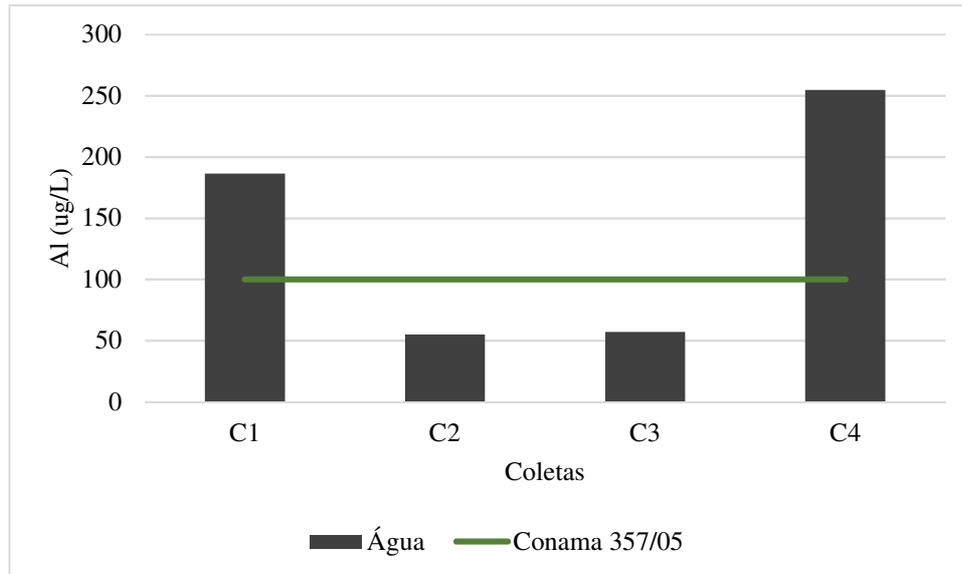
**Figura 15** - Variação temporal das médias do Cobre (Cu) no solo e sedimento (a) e na água (b), nas coletas de março/17 (C1), junho/17 (C2), outubro/17 (C3) e fevereiro/18 (C4).

Os valores de cobre no sedimento ficaram muito abaixo dos encontrados por Cesar et al. (2012) com média de 85,79 mg/Kg na bacia do Rio Piabanha/RJ. Os valores de Cu no solo foram inferiores aos identificados por Vendrame et al. (2007), com média de 28,76 mg/Kg e Licht & Plawiak (2005), com média de 141,72 mg/Kg.

Sobre os valores de Cu na água De Sena et al. (2018) encontraram valores de 23 µg/L, sendo que esse valor é aproximadamente 2,6 vezes maior que o valor máximo permitido.

De acordo Rosalino (2011), a presença de um residual de alumínio na água destinada ao consumo humano pode ter consequências a nível da saúde da população servida. Os valores de alumínio na água na REBIO Jaru (FIGURA 16) ultrapassaram os limites estabelecidos na CONAMA 357/05 para águas de Classe I nos períodos de cheia (mar/17 e fev/18).

Os valores de alumínio no solo e no sedimento, ficaram abaixo do nível de detecção do método analítico ( $7,75 \cdot 10^{-4}$  mg/kg).



**Figura 16** - Variação temporal das médias do Alumínio (Al) na água, nas coletas de março/17 (C1), junho/17 (C2), outubro/17 (C3) e fevereiro/18 (C4).

Vários fatores influenciam na disponibilidade do Al, no entanto atribui-se um papel importante à matéria orgânica de composição heterogênea (ácidos húmicos por exemplo) e à sílica oligomérica (ALBERTI et al., 2005) e os maiores valores de Al na cheia nas massas de água superficiais é normalmente causada pelas frequentes chuvas ácidas, o que justificaria o aumento de Al nos períodos chuvosos.

Comparando os valores obtidos no presente estudo com os valores orientadores da Resolução CONAMA 420/2009, que dispõe valores orientadores para solo e a CONAMA 357/2005, para águas de Classe I e II, foi possível observar que a maioria dos pontos amostrados apresentaram concentrações superiores aos valores preconizados, com uma porcentagem de 55% que não atenderam à legislação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há um grande desafio em se compreender o comportamento que cada elemento-traço assume diante das condições ambientais e antrópicas, devido, a heterogeneidade nas concentrações de elementos-traço nas matrizes analisadas (solo, água e sedimento) a diversos fatores, como os materiais de origem, características físicas e químicas do solo. Levando-se em conta os objetivos, juntamente com os resultados alcançados, o presente trabalho permite concluir que:

As variáveis limnológicas analisadas encontram-se dentro dos limites preconizados pela CONAMA 357/2005 para águas de classe 1 e 2.

O Cobre e o Alumínio na água foram superiores ao estabelecido na CONAMA 357/2005. Pode-se observar que a Reserva Biológica do Jarú apresentou estar bem preservada. Indicando de forma geral, que a água, sedimento e solo da REBIO Jarú apresentam concentrações de metais pesados dentro dos padrões considerados naturais, sugerindo pouca ou nenhuma contribuição antrópica.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABELL, R., ALLAN, J.D. & LEHNER, B. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. **Biological Conservation**. 134:48-63. 2007.

AGOSTINHO, A.A., THOMAZ, S.M. & GOMES, L.C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**. 1(1):70-78. 2005.

ALBERTI, G., D'AGOSTINO, G., PALAZZO, G., BIESUZ, R., E PESAVENTO, M. Aluminium speciation in natural water by sorption on a complexing resin. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 1779-1787. 2005.

Ana- <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>

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.

Andrade - Análise de pH e condutividade elétrica como indicadores de poluição atmosférica em águas de chuva em Campina Grande-PB. 2017.

ATLI, G., and CANLI, M. Enzymatic responses to metal exposures in a freshwater fish *Oreochromis niloticus*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 145C: 282–287. doi: 10.1016/j.cbpc.2006.12.012. 2007.

BEZERRA, P. L. A influência da atividade urbana sobre a qualidade da água do igarapé Dois de Abril em Ji-Paraná-RO. Ji-Paraná-RO. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental). **Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia**, 2012.

BIZARRO, V. G.; MEURER, E. J.; TATSCH, F. R. P. Teor de cádmio em fertilizantes fosfatados comercializados no Brasil. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 247-250, 2008.

BILICH, M.R. Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do Ribeirão Mestre D'Armas, Distrito Federal. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 134 p. **Dissertação de Mestrado**. 2007.

BIUDES, J. F. V., & CAMARGO, A. F. M. Estudos dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, 12(1), 2. 2008.

BOISCHIO, A. A. P. & BARBOSA, A. Exposição ao mercúrio orgânico em populações ribeirinhas do Alto Madeira, Rondônia, 1991: Resultados Preliminares. **Cadernos de Saúde Pública**, 9:155-160. 1993.

BRASIL. Lei 9.985, de 18 de Julho de 2000. Diário Oficial da União. Seção 1. 19/07/2000. p. 1.

CALLISTO, M.; GONÇALVES JÚNIOR, J. F.; MORENO, P. Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores. In: GOULART, E. M. A. (Org.). Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais. **Belo Horizonte**, v. 1, p. 555–567, 2005.

CAMPOS DE MAGALHÃES, G., FANTIN-CRUZ, I., ZEILHOFER, P., & FREIRE GASPAR DE CARVALHO DORES, E. Metais potencialmente tóxicos em rios a montante do Pantanal Norte. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, 11(4). 2016.

CESAR, R., COLONESE, J., SILVA, M., EGLER, S., BIDONE, E., CASTILHOS, Z., & POLIVANOV, H. Distribuição de mercúrio, cobre, chumbo, zinco e níquel em sedimentos de corrente da bacia do rio Piabanha, Estado do Rio de Janeiro. **Geochimica Brasiliensis**, 25(1), 35-45. 2012

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de diretoria no 045/2014/E/C/I, DOU – SP, **Caderno Executivo I**, n. 124, 36, (2014) 53.

CHIG, L. A., COUTO, E. G., BEIRIGO, R. M., DE OLIVEIRA LOBATO, L. A., & NOVAES FILHO, J. P. Distribuição espacial de ferro e manganês trocáveis em solos do pantanal Spatial distribution of iron and manganese exchangeable wetland soils. **AMBIÊNCIA**, 12(1), 233-249. 2016.

COELHO, P. N., & DOS SANTOS-WISNIEWSKI, M. J. Composição da comunidade zooplanctônica em um pequeno corpo d'água raso no Sul de Minas Gerais. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, 12(1). 2016.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [CETESB]. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2009.

CONNELL, D.W. Basic concepts of environmental chemistry. Boca Raton: Lewis, 1997.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para seu enquadramento. Documento Oficial da União, n° 053, p. 58-63, de 18 de março de 2005.

Darwich, A. J., Aprile, F. M., & Robertson, B. A. (2005). Variáveis limnológicas: contribuição ao estudo espaço-temporal de águas pretas amazônicas. *BioTupé: meio físico, diversidade biológica e sociocultural do Baixo Rio Negro Amazônia Central*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 20-33.

DE SENA, A. R., MACHADO, A., BARBOSA, S. A., DE OLIVEIRA SANTOS, L., & DO NASCIMENTO SANTOS, M. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PITANGA, SÃO CRISTÓVÃO/SE. **Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente**, 6(3), 63-74. 2018.

DE Queiroz Fiuza, A. B. J., de Oliveira LeHugeur, L. G., & Queiroz, B. J. Análise ambiental do estado de conservação do baixo curso do Rio Pacoti–Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, 43(1), 18-29. 2010.

DE SOUZA SILVA, M. L., VITTI, G. C., & TREVIZAM, A. R. Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42(4), 527-535. 2007.

DIAS, R. H. S. Análise do uso e ocupação do solo e do comportamento da bacia hidrográfica do rio Machado em eventos hidrológicos extremos. 2015.

DOS Reis, J. A. T., & Mendonça, A. S. F. (2009). Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. *Eng Sanit Ambient*, 14(3), 353-362.

EMÍDIO, V. J. G. A problemática do fósforo nas águas para consumo humano e águas residuais e soluções para o seu tratamento (Doctoral dissertation). 2012.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Interciência, 2ª Ed. Rio de Janeiro, 1998, 602 p.

ESTEVES, F. de A; PANOSSO, R. Fósforo. In: ESTEVES, F. de A (Org.) (2011). Fundamentos de Limnologia. 3ª ed. São Paulo. Editora Interciência, p. 259- 281. 2011.

FARIAS, R. A. D. A piscicultura como possível fator de mitigação aos riscos de contaminação mercurial através do consumo de peixes na região da Amazônia Norte Matogrossense. 2007.

FERNANDES, R. B., LUZ, W. V., FONTES, M. P., & FONTES, L. E. Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, 11, 81-93. 2007.

FREITAS, E. V. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; GOULART, D. F.; SILVA, J. P. S. Disponibilidade de cádmio e chumbo para milho em solo adubado com fertilizantes fosfatados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 1899-1907, 2009.

Fundo Mundial para a Natureza (WWF) - Disponível em <[https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/unid/](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/unid/)>. Acesso em: 21 jun. 2019.

GLORIA, Lucivania Pereira; HORN, Bruna Carolina; HILGEMANN, Maurício. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS ATRAVÉS DA FERRAMENTA DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA-IQA. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 14, n. 1, 2017.

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

GOMES, J. Elementos-traços em solos do Alto rio Madeira, Rondônia. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Rondônia. 2009.

GOODIN, D.G.; HAN, L.; FRASER, R.N.; RUNDQUIST, D.C.; STEBBINS, W.A.; SCHALLES, J.F. "Analysis of suspended solids in water using remotely sensed high resolution derivative spectra." **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**.59(4):505-510. 1993.

GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, nº 1, 2003.

GUARACHO, V.V.; PONTE, M.J.J.S.; ADAMOSKI, L.F. & OLIVEIRA, M. Utilização da Técnica de Remediação Eletrocinética para Remoção de Chumbo e Níquel de Solos de Landfarming de Refinaria de Petróleo. **Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás**, Curitiba, 2004.

HUGHES, R. ; DUNHAM, S.; MAAS-HEBNER, K ; YEAKLEY, J.; SCHRECK, C.; HARTE, M.; MOLINA, N.; SHOCK, C.; KACZYNSKI, V.W.; SCHAEFFER. J. A Review of Urban Water Body Challenges and Approaches. **Fisheries**. 39 (1): 30-40. 2014

ISHIKAWA, D. N., NOALE, R. Z., OHE, T. H. K., DE SOUZA, E. B. R., SCARMÍNIO, I. S., BARRETO, W. J., & BARRETO, S. R. G. Avaliação do risco ambiental em sedimento dos lagos do Riacho Cambé, em Londrina, pela distribuição de metais. *Quim. Nova*, 32(7), 1744-1749. 2009.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2005.

LICHT, O.A.B., PLAWIAK R.A.B. Geoquímica de solo - Horizonte B: Relatório final de projeto - Levantamento geoquímico multielementar do Estado do Paraná. Curitiba: Mineropar, Vol. 1, 411p. 2005.

LOPES, A. C., DOS SANTOS, A. R., OLIVEIRA, F. A., DIAS, H. M., & MENDONÇA, P. P. Quantificação e contenção de compostos potencialmente poluentes provenientes da aquicultura moderna e suas origens. **Tópicos especiais em Ciência Animal** VI, 125. 2017.

LOURENÇO, J. N. P.; MALTA, J. C. O.; SOUSA, F. N. A importância de monitorar a qualidade da água na piscicultura. **Embrapa Amazônia Ocidental**, n. 5, p.1-4, dez. 1999.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia Helena. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do instituto de Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2018.

MARGULIS, S. Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira. **Brasília: Banco Mundial**, 2003.

MEDEIROS, R.; YOUNG; C. E. F.; PAVESE, H. B.; ARAÚJO, F. F. S. Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: sumário Executivo. Brasília: UNEP-WCMC, 2011. 44 p.

MICROSOFT. **Excel 2010**. California, 2010. Disponível em: <[office.microsoft.com/enus/excel](http://office.microsoft.com/enus/excel)>. Acesso em: 26 jul. 2018.

MILAZZO, A. D. D. Condições Sazonais e Espaciais para Explicar o Comportamento Geoquímico de Metais Traço em Zonas Estuarinas na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Água: um recurso cada vez mais ameaçado. 2011

Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2019. disponível em <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/o-que-sao.html>>. Acesso em: 21 jun. 2019.

MINTAB. **Minitab 17**. 2016. Disponível em:<[http://www.minitab.com/ptbr/products/minitab/freetrial/?WT.srch=1&WT.mc\\_id=SE&gclid=CPiX48udg9ACFUUIkQodaGAFIQ](http://www.minitab.com/ptbr/products/minitab/freetrial/?WT.srch=1&WT.mc_id=SE&gclid=CPiX48udg9ACFUUIkQodaGAFIQ)>. Acesso em: 26 jul. 2018.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2019. disponível em <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/o-que-sao.html>>. Acesso em: 21 jun. 2019.

NASCIMENTO, R. K; SOUZA V. A. S.; FELISBERTO R. A.; ANDRADE, N. L. R. Análise dos impactos das atividades antropogênicas e sua influência na qualidade da água no igarapé pintado, Ji-Paraná-Ro. 2006.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). Eutrophication of water: monitoring, assessment and control. Paris: OECD, 1982, 154p.

OLIVEIRA, T. S., & Costa, L. D. Metais pesados em solos de uma topolitosseqüência do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28(4). 2004.

OLIVEIRA, H. D. S. P., FRANÇA, S. C. A., & ROCHA, J. P. Atividades de mineração e avaliação de metais em água superficial, sedimento de fundo e peixes no Rio Tapajós. **Museu Paraense Emílio Goeldi/EMBRAPA**. 2015.

OLIVEIRA, G. M. T. S., DE OLIVEIRA, E. S., SANTOS, M. D. L. S., DE MELO, N. F. A. C., & KRAG, M. N. (2018). Concentrações de metais pesados nos sedimentos do lago Água Preta (Pará, Brasil). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 23(3).

PÉREZ, D.V., SALDANHA, M.F.C., MENEGUELLI, N.A., MOREIRA, J.C., VAITSMAN, D.S. **Geoquímica de alguns solos brasileiros**. Pesquisa em Andamento CNPS, Rio de Janeiro, 4: 1-14. 1997.

PETRY, C. T., DA COSTA, G. M., BENVENUTI, T., RODRIGUES, M. A. S., & DROSTE, A. Avaliação integrada da qualidade química e da genotoxicidade da água do arroio Luiz Rau, no trecho inferior da Bacia do Rio dos Sinos, no Sul do Brasil. **Revista Ambiente & Água**, 11(4), 867. 2016.

PLANO DE MANEJO. Reserva Biológica do Jarú. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2010.

PORTO, L. J. (2015). Distribuição de metais pesados nos sedimentos de fundo dos rios Caceribu e Guaxindiba, afluentes da Baía de Guanabara–Rio de Janeiro, Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, 28(2), 171-188.

RAMALHO, J. F. G. P., DO AMARAL SOBRINHO, N. M. B., & VELLOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35(7), 1289-1303. 2000.

Resolução CONAMA Nº 420/2009 - "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." - Data da legislação: 28/12/2009 - Publicação DOU nº 249, de 30/12/2009, págs. 81-84

RIBEIRO, E. V. Avaliação da qualidade da água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora-MG: Metais pesados e atividades antropogênicas. 2010.

ROCHA, C. H. B., & DE AZEVEDO, L. P. Avaliação da presença de metais pesados nas águas superficiais da Bacia do Córrego São Mateus, Juiz de Fora (MG), Brasil. **Revista Espinhaçol UFVJM**, 33-44. 2017.

Rosalino, M. R. R. Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano (**Doctoral dissertation, Faculdade de Ciências e Tecnologia**). 2011.

ROSS, J. L. S. A Sociedade Industrial e o Ambiente. In: **Jurandy Luciano Sanches Ross**. (Org.). Geografia do Brasil. São Paulo: EDUSP, 4 ed., 2003.

SALAS, H. J.; MARTINO, P. 1990. Metodologias simplificadas para la evaluacion de eutrofication en lagos calidos tropicales. In: Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales. CEPIS.SCHEFFER, M. Alternative attractors of shallow lakes. **The Scientific World**. 1: 254- 253. 2001.

SAMPAIO, C. A. D. P., IDE, G. M., BATALHA, C. P., PEREIRA, L. C., & BUENO, L. F. Análise técnica de água de fontes rurais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 24(2), 213-217. 2019

SANTOS, S. N. D. (2011). Valores de referência de metais pesados em solos de Mato Grosso e Rondônia (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Santos, J. P. D. O. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DO SEDIMENTO EM RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA BACIA DO RIO MAMANGUAPE, PARAÍBA, BRASIL. 2017.

SEMA/RJ. Macroplano de gestão e saneamento ambiental da bacia da Baía de Sepetiba. In: Relatório Final / Parte I - Diagnóstico Ambiental. Secretaria de Estado de Meio Ambiente - Governo do Estado do Rio de Janeiro MNA/PNMA. 1998.

Silva, S. L., Ferreira, S. J. F., de Oliveira Marques Filho, A., Vital, A. R. T., Fajardo, J. D. V., Miranda, S. Á. F., ... & Barros, C. P. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE ÁGUAS DE SUPERFÍCIE E SUBTERRÂNEA EM ÁREA DE FLORESTA PRIMÁRIA NA AMAZÔNIA CENTRAL. 2007.

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

SPERLING, V. M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. **Belo Horizonte**: UFMG, 2014.

THURSTON, R. V.; RUSSO, R.; SMITH, C. E. 1978 Acute toxicity of ammonia and nitrite to cutthroat Trout fry. Trans. Am. Fish. Soc. Vol. 107, n. 2.

TRINDADE, P. B. C. B.; MENDONÇA, A. S. 2014. Eutrofização em reservatórios – Estudo de caso: reservatório de Rio Bonito (ES). Engenharia Sanitaria e Ambiental. 19(3): 275-282.

TUCCI, C.E.M. Águas urbanas. Estudos Avançados, v.22, 2008.

TUNDISI, J. G. Limnologia e gerenciamento integrado de recursos hídricos. Avanços conceituais e metodológicos. **Ciência & Ambiente**, v. 1, n. 21, p. 10-20, 2000.

VENDRAME, P.R.S., BRITO, O.R., QUANTIN, C., BECQUER, T. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42(6): 859-864. 2007.

WALKIMAR, J. A. da C. DINÂMICA DOS ELEMENTOS-TRAÇO NO RIO MADEIRA E TRIBUTÁRIOS, RONDÔNIA. 2017

WEBLER, A. D.; GOMES, J. B.; AGUIAR, R. G.; ANDRADE, N. L. R.; AGUIAR, L. J. G. Mudanças no uso da terra e o particionamento de energia no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.8, 2013.

WETZEL, R.G. **Limnologia**. Lisboa: Fundação Calouste Goulbekian, 1993. 919 p.

ZULIANI, D. Q., ABREU, L. B., CURI, N., CARVALHO, G. S., COSTA, A. M., & MARQUES, J. J. (2017). ELEMENTOS-TRAÇO EM ÁGUAS, SEDIMENTOS E SOLOS DA BACIA DO RIO DAS MORTES, MINAS GERAIS. HOLOS, 4, 308-326.