

**JÉSSICA RAMOS DE OLIVEIRA**

**QUALIDADE AMBIENTAL DO RECURSO HÍDRICO DO RIO BRANCO – MT E  
SEUS MÚLTIPLOS USOS**

**TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL**

**2019**

**JÉSSICA RAMOS DE OLIVEIRA**

**QUALIDADE AMBIENTAL DO RECURSO HÍDRICO DO RIO BRANCO – MT E  
SEUS MÚLTIPLOS USOS**

Dissertação apresentada à  
Universidade do Estado de Mato  
Grosso, como parte das exigências do  
Programa de Pós-graduação Stricto  
Sensu em Ambiente e Sistemas de  
Produção Agrícola para obtenção do  
título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Tadeu Miranda de Queiroz

**TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL**

**2019**

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

O48q OLIVEIRA, Jéssica Ramos de.  
Qualidade Ambiental do Recurso Hídrico do Rio Branco - Mt e Seus Múltiplos Usos / Jéssica Ramos de Oliveira - Tangará da Serra, 2019.  
168 f.; 30 cm.(ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso  
(Dissertação/Mestrado) - Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Interdisciplinar em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Faculdade de Ciências Agrárias, Biológicas, Engenharia e da Saúde, Câmpus de Tangara da Serra, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2019.  
Orientador: Tadeu Miranda de Queiroz

1. Qualidade da Água. 2. Índices de Qualidade. 3. Uso e Ocupação da Terra. 4. Morfometria. 5. Agroindústria. I. Jéssica Ramos de Oliveira. II. Qualidade Ambiental do Recurso Hídrico do Rio Branco - Mt e Seus Múltiplos Usos: .  
CDU 504(817.2)

**JÉSSICA RAMOS DE OLIVEIRA**

**“QUALIDADE AMBIENTAL DO RECURSO HÍDRICO DO RIO BRANCO – MT  
E SEUS MÚLTIPLOS USOS”**

Dissertação apresentada à  
Universidade do Estado de Mato  
Grosso, como parte das exigências  
do Programa de Pós-graduação  
*Stricto Sensu* em Ambiente e  
Sistemas de Produção Agrícola para  
obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 12 de fevereiro de 2019.

**Banca Examinadora**



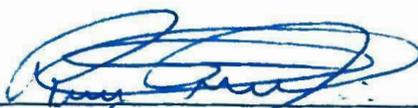
---

Prof. Dr. Tadeu Miranda de Queiroz  
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT  
Orientador



---

Prof. Dr. Márcio Koetz  
UFR - Rondonópolis  
Membro externo



---

Prof. Dr. Rivanildo Dallacort  
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT  
Membro interno

**TANGARÁ DA SERRA/MT- BRASIL**

**2019**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que sempre esteve presente na minha caminhada acadêmica. Dedico também à minha família, minha base, que me apoia e confia em meu potencial. Dedico especialmente à minha Mãe, minha maior incentivadora, o maior apoio e auxílio da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Mais uma etapa da minha formação chega ao fim, agradeço a Deus por ter me dado forças, perseverança e fortalecido minha fé na esperança que este momento chegaria. Obrigada, Senhor, por me proteger e me abençoar em cada coleta, sei que tudo deu certo porque o Senhor estava comigo. Obrigada, minha Nossa Senhora, que nos meus momentos de medo, pedi sua intercessão e fui atendida.

Meu muito obrigada especial e com muito amor a minha família, que me apoia e me sustenta nas minhas decisões, e nunca deixou de me incentivar em meus estudos. À minha mãe, Claudete, pelo seu auxílio, suas palavras de incentivo, e principalmente sua confiança em meu potencial, por acreditar em mim quando até eu mesma duvidava. Ao meu namorado, Luan, (essa conquista é um pouco sua) obrigada pelas noites em claro me acompanhando em coletas e análises, por me levar aonde quer que precisasse para fazer minhas atividades acadêmicas, por ser meu parceiro em qualquer coisa, e acima de tudo me apoiar e me amar.

Agradeço especialmente à equipe do BB Água Limpa, Jheiny, Isabella, Sabrina, Rosélia, Gabriel, Ana Clara, Edilaine, Carine, Paula e Amanda, sem a ajuda e apoio de vocês este trabalho não seria possível, muito obrigada por tantas noites de análises e dias de coletas, por tanto esforço, tempo e noites de sono dedicadas a execução das atividades, por dividirem o cansaço e o peso desta conquista comigo.

Muito obrigada à querida e especial Unemat campus de Barra do Bugres, local em que sempre fui bem recebida e acolhida com carinho, especialmente aos técnicos de laboratório, o setor de transporte, os motoristas e os professores José Wilson, Sumaia e Jussara, que muito me auxiliaram, a participação de vocês foi essencial para a conclusão deste trabalho.

Agradeço o meu orientador, Prof. Dr. Tadeu Miranda de Queiroz, pela paciência e dedicação na orientação que tornou possível a conclusão desta dissertação. A esta universidade, ao programa de pós-graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola e seu corpo docente, pela oportunidade e todo o conhecimento oferecido.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado

## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
INTRODUÇÃO GERAL .....	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13
ARTIGO 1: Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do rio Branco/MT na cabeceira das águas do Pantanal .....	15
ARTIGO 2: Relações entre uso e ocupação da terra na qualidade da água de uma bacia hidrográfica rural na transição entre os biomas Cerrado e Amazônia .....	34
ARTIGO 3: Qualidade da água da bacia do rio Branco para irrigação no sudoeste mato-grossense: região de expansão do agronegócio.....	56
ARTIGO 4: Avaliação da qualidade da água do baixo rio Branco/MT a jusante de uma agroindústria.....	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	92
APÊNDICE 1: Relatório fotográfico .....	93
APÊNDICE 2: Análise de agrupamento de Scott-Knott com 95% de confiança para os pontos dos Artigos 2 e 3.....	132
APÊNDICE 3: Análise de agrupamento de Scott-Knott com 95% de confiança para os pontos do Artigo 4 .....	141
APÊNDICE 4: Mapas de variabilidade para os pontos dos Artigos 2 e 3.....	150

## RESUMO

O estado de Mato Grosso possui diversas riquezas naturais, com destaque em sua diversidade hidrográfica. O estado também é destaque pela sua expansão na agricultura e pecuária, atraindo a instalação de agroindústrias na região. A bacia hidrográfica do rio Branco está localizada no sudoeste mato-grossense, área com predominância da agropecuária, principalmente do cultivo de cana-de-açúcar, e da pecuária extensiva. Diante do exposto, objetivou-se a caracterização da água e da bacia do rio Branco, considerando seus múltiplos usos. Desse modo, o estudo foi dividido em quatro capítulos: no primeiro, foi realizada a caracterização morfométrica da bacia do rio Branco; no segundo foi avaliada a qualidade da água na bacia por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA), do Índice de Estado Trófico baseado no fósforo (IET<sub>P</sub>) e do uso e ocupação da terra; no terceiro, abordou-se sobre a qualidade da água do rio Branco para o uso na irrigação e, no quarto, avaliou-se a qualidade da água do baixo rio Branco, num trecho que recebe descarga de efluente agroindustrial. Foram realizadas doze campanhas mensais de amostragem de água, no período de outubro de 2017 a setembro de 2018, em 17 pontos de coleta distribuídos na bacia. Analisou-se as variáveis de temperatura da água, potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais (ST), cloretos, dureza, bicarbonatos, cálcio, magnésio, sódio, potássio, nitrato, fosfato, coliformes totais e termotolerantes. Os resultados indicaram que a bacia possui formato alongado, pouco propícia a inundações, com relevo plano, drenagem regular e altitude variando entre 503 a 160 metros, com ramificação de 5ª ordem e cursos d'água divagantes. A água na bacia hidrográfica do rio Branco apresentou-se em conformidade com a Resolução 357/2005 do CONAMA, apenas para as variáveis de DBO, ST, nitrato e pH. As variáveis de OD, DBO, nitrato e temperatura apresentaram diferença estatística significativa entre os períodos estudados, revelando que o escoamento superficial proveniente da chuva pode interferir na qualidade da água quanto a estas variáveis. O IQA indicou águas de qualidade boa a regular, com melhores resultados nas nascentes. O IET<sub>P</sub> indicou águas variando entre eutróficas a mesotróficas, revelando correlação com áreas agrícolas e de vegetação. A água do rio Branco apresentou conformidade para o uso da irrigação, com restrição para as variáveis de pH e turbidez. A classificação do Laboratório de Salinidade dos EUA indicou todos os pontos com risco nulo de salinidade e baixo de sodicidade. A classificação da FAO indicou que a água não possui restrição de uso quanto a sua salinidade e toxicidade, contudo todos os pontos analisados apresentaram grau de restrição severa quanto ao risco de redução da infiltração. O ponto que recebe lançamento de efluentes apresentou concentrações elevadas no período seco em todas as variáveis, entretanto os demais pontos, à jusante, apresentaram valores menores e semelhantes entre si, indicando que o lançamento não altera significativamente a qualidade da água no decorrer do córrego do rio Branco, provavelmente devido ao efeito diluatório e depurativo.

**Palavras-chave:** IQA; IET; uso e ocupação da terra; agroindústria; morfometria.

## ABSTRACT

The state of Mato Grosso has several natural riches, especially in its hydrographic diversity. The state is also highlighted by its expansion in agriculture and livestock, attracting the agroindustries installation in the region. The Branco river hydrographic basin is located in the southwest of Mato Grosso, an area with a predominance of agriculture, mainly sugar cane cultivation, and extensive livestock. Given the above, the objective was to characterize the water and the Branco river basin, considering its multiple uses. In this way, the study was divided in four chapters: in the first one, the Branco river basin morphometric characterization was made; in the second one, the basin water quality was evaluated by means of the Water Quality Index (WQI), the trophic state index based on phosphorus (TSI<sub>p</sub>) and land using and occupation; in the third one, it was approached the Branco river water quality for use in irrigation and in the fourth, the lower Branco river water quality was evaluated, in a section that receives discharge of agroindustrial effluent. Twelve monthly water sampling campaigns were carried out from October 2017 to September 2018, at 17 collection points distributed in the basin. The variables of water temperature, hydrogen potential (pH), turbidity, electrical conductivity, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), total solids (TS), chlorides, hardness, bicarbonates, calcium, magnesium, sodium, potassium, nitrate, phosphate, total coliforms and thermotolerant were analyzed. The results indicated that the basin has a elongated shape, not conducive to flooding, with flat relief, regular drainage and altitude varying between 503 and 160 meters, with 5th order branching and rambling water courses. The water in the Branco river hydrographic basin was in accordance with CONAMA Resolution 357/2005, only for the BOD, TS, nitrate and pH variables. The variables of DO, BOD, nitrate and temperature showed a statistically significant difference between the studied periods, revealing that the surface runoff from the rain can interfere in the water quality with respect to these variables. The WQI indicated waters of good to regular quality, with better results at the water sources. The TSI<sub>p</sub> indicated waters ranging from eutrophic to mesotrophic, revealing correlation with agricultural and vegetation areas. The Branco river water presented compliance for the irrigation using, with restriction for pH and turbidity variables. The classification of the US Salinity Laboratory indicated all points with zero risk of salinity and low sodicity. The FAO classification indicated that the water has no use restriction for its salinity and toxicity, however, all analyzed points showed a severe degree of restriction on the risk of infiltration reduction. The point that receives discharge of effluents presented high concentrations in the dry period in all the variables, however the other points, downstream, presented smaller values and similar ones, indicating that the launching does not significantly alter the quality of the water during the course of the Branco river stream, probably due to the dilutive and depurative effect.

**Keywords:** WQI, TSI, land using and occupation; agroindustry; morphometry.

## INTRODUÇÃO GERAL

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água que foi precipitada, escoando para um único ponto de saída, o seu exutório (SILVEIRA, 2001). As bacias hidrográficas são diferenciadas por suas características físicas, pela ocupação do solo e a ação dos grupos sociais, os quais determinam os usos da água desenvolvendo atividades, concentrando cidades, áreas rurais e polos industriais (ROCHA et al., 2011).

As características das bacias hidrográficas são informações importantes de avaliação do comportamento hidrológico, podendo fornecer subsídios para o correto planejamento e gestão de recursos hídricos, como em tendência às enchentes, e direcionamento de escoamento superficial (ATAÍDE et al., 2017).

A qualidade da água está diretamente relacionada às suas propriedades de solvente e sua capacidade de transportar partículas, incorporando a si diversas impurezas. Portanto, a qualidade específica de uma água depende das condições naturais, do solo e uso da bacia hidrográfica (SPERLING, 2005).

O estado de Mato Grosso é banhado por três grandes bacias hidrográficas, a Bacia Amazônica, Bacia Platina e Bacia Tocantins-Araguaia, demonstrando a sua enorme riqueza hídrica. Contudo, as cargas poluidoras lançadas têm afetado negativamente a qualidade da água (GOLIN, 2015).

A Bacia Hidrográfica do Rio Branco está localizada nos municípios de Barra do Bugres e Nova Olímpia, em Mato Grosso, abrangendo uma área territorial de 2.098,00 km<sup>2</sup>, localizada à margem direita do Rio Paraguai, se expandindo da Serra de Tapirapuã à depressão do Rio Paraguai (CASARIN et al., 2017). A bacia possui extensas áreas de pastagens e áreas agrícolas, em grande parte destinadas ao monocultivo de cana-de-açúcar devido à proximidade com duas usinas sucroalcooleiras. Há também a presença de agroindústria de abate de bovinos próximo a foz do rio Branco. Embora o cultivo de cana-de-açúcar na região em estudo não utilize a irrigação, esta atividade poderia ser realizada com água da bacia do rio Branco, de forma a contribuir para o aumento da produtividade, elevando a produtividade de colmos e de açúcar (GAVA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011; DALRI et al., 2008). Considerando também que o regime climático da região é caracterizado por estações bem definidas (chuvosa e seca), em que há grande

demanda atmosférica que favorece a perda de água por evapotranspiração, causando alterações fisiológicas nas plantas, como aumento da temperatura foliar e redução da condução de carbono (PEREIRA et al., 2015), demonstrando a necessidade da irrigação como uma prática indispensável para o aumento da produtividade agrícola na região.

As ações antrópicas, a carência de esgotamento sanitário e o crescimento industrial e agropecuário causam diversos impactos na sociedade, principalmente na qualidade da água, por conta da intensa carga poluidora lançada nos corpos hídricos (GRIECO et al., 2017). As águas superficiais são poluídas principalmente por fontes de esgoto doméstico, esgoto industrial, resíduos sólidos, pesticidas, fertilizantes, carreamento do solo e precipitação de poluentes atmosféricos (MOTA, 1997).

Na agricultura, o uso dos recursos hídricos é direcionado à irrigação de culturas e ,de acordo com Agência Nacional de Águas (2017), a área irrigada no Brasil está em torno de 6,95 milhões de hectares. A região centro-oeste totaliza 1.183.974 hectares irrigados, destes 247.364 hectares correspondem à área irrigada de Mato Grosso. Na região de Barra do Bugres, esse método não é muito presente, exceto irrigações com vinhaça realizadas pelas usinas sucroalcooleiras. Contudo, já se observa a substituição de áreas de pastagens por culturas anuais, entre elas a soja e o milho, caracterizada como um processo natural de evolução das áreas produtivas no Brasil, tendo início com a pecuária e posterior migração para a agricultura (ALVES et al., 2008).

Nesse cenário, a irrigação é uma técnica importante para auferir maiores ganhos com incrementos de produtividade e qualidade das culturas anuais, além de permitir a viabilidade e diversificação das espécies cultivadas (ANA, 2017; PEREIRA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2011). A água para uso na irrigação deve estar em concordância com algumas indicações de qualidade, a fim de manter a segurança da população consumidora, do solo e dos cultivos (MUNIZ et al., 2011).

O uso da água para um determinado fim não deve inviabilizar outros usos possíveis, tais como atividades recreativas e a preservação da biodiversidade aquática. Isto implica na necessidade de monitoramento dos corpos hídricos, com intuito de gerar informações que proporcionem o melhor conhecimento do recurso hídrico orientando para o uso correto da água visando a manutenção da sua qualidade a longo prazo, refletindo na perpetuação da biota aquática natural, possibilitando usos consuntivos e não-consuntivos dos diversos empreendimentos econômicos.

As políticas de planejamento e gestão de recursos hídricos utilizam do monitoramento da qualidade da água como principal ferramenta para acompanhar os processos de usos dos recursos hídricos e os efeitos sobre as características qualitativas da água, com intuito de auxiliar o controle ambiental (GUEDES et al., 2012). Para isso estão disponíveis diversas metodologias de avaliação dos corpos hídricos, dentre elas estão as técnicas de determinação de índices de qualidade das águas (IQA) baseados nas características físicas, químicas e microbiológicas.

Os índices de qualidade da água têm obtido maior visibilidade por sintetizarem resultados complexos em valores numéricos, facilitando a compreensão para todo e qualquer ator envolvido na gestão de recursos hídricos (ALBERTONI et al., 2017), contribuindo para a tomada de decisão e formulação de estratégias que visem a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos. Esses índices de qualidade da água são amplamente utilizados em estudos científicos (ANDRIETTI et al., 2016; ALVES et al., 2012; FIA et al., 2009, entre outros), demonstrando sua extensa aplicabilidade e praticidade.

Sendo assim, é necessário o correto gerenciamento dos recursos hídricos, monitorando os seus diversos usos, como também a avaliação da qualidade da água, com intuito de verificar como as ações antrópicas estão afetando o ecossistema aquático. Portanto, é fundamental o avanço do conhecimento e base de informações para promover estratégias adequadas para a gestão dos recursos hídricos, para projetar as condições futuras dos recursos naturais e elaborar cenários alternativos frente a realidade ambiental (TUNDISI, 2014).

A presente dissertação foi estruturada em quatro artigos, sendo que o primeiro é intitulado “Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Branco/MT na cabeceira das águas do Pantanal” e teve como objetivo a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Branco, a partir da estimativa de algumas variáveis físicas. O segundo artigo intitulado “Relações entre uso e ocupação da terra na qualidade da água de uma bacia hidrográfica rural na transição entre os biomas Cerrado e Amazônia” com objetivo de avaliar a qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Branco – MT por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA), do Índice de Estado Trófico baseado no fósforo (IET<sub>P</sub>) e do uso e ocupação da terra. O terceiro intitulado “Qualidade da água para irrigação no sudoeste mato-grossense: região de expansão do agronegócio” com intuito de caracterizar e avaliar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Branco por meio de diretrizes de uso na irrigação, considerando

aspectos de salinidade, sodicidade, toxicidade e risco de infiltração. O último, intitulado “Avaliação da qualidade da água do baixo rio Branco/MT a jusante de uma agroindústria” com objetivo de avaliar a qualidade da água do baixo rio Branco que recebe efluente agroindustrial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTONI, A. F.; PALMA-SILVA, C.; TRINDADE, C. R.; FURLANETTO, L. M. Water quality of the São Gonçalo channel, urban and agricultural water supply in southern Brazil. **Brazilian Journal of Water Resources**, V. 22, n. 2, 2017.
- ALVES, E. R. A.; CONTINI, E.; GASQUES, J. G. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**, V. 42, n. 1, p. 115 – 124, 2012.
- ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017.
- ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G.; ALMEIDA, F. T.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R. M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente e Água**, V. 11, n. 1, p. 162-175, 2016.
- ATAIDE, L. C. P.; RODRIGUES, R. S. S.; PESSOA, F. C. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tauá, nordeste paraense. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 11, n.1, p.130-138, 2017.
- CASARIN, R.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Caracterização fisiográfica e qualidade da água da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara-MT, Brasil. In: Encontro de Geógrafos da América Latina, 12, **Anais**. Montevideau/Uruguai, 2017.
- DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C. J. B.; DUENHAS, L. H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2008.
- FIA, R.; MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Estado trófico da bacia hidrográfica de Lagos Mirim, RS, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, V. 4, n. 1, p. 132-141, 2009.
- GAVA, G. J. C.; SILVA, M. A.; SILVA, R. C.; JERONIMO, E. M. CRUZ, J. C. S.; KÖLLN, O. T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 250–255, 2011.
- GOLIN, R. **Caracterização gênica de linhagens de Escherichia coli isoladas da água do rio Cuiabá, Mato Grosso**. 2015. 81f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.
- GRIECO, A. A.; FREGONESI, B. M.; TONANI, K. A. A.; SILVA, T. V.; CELERE, B. S.; TREVILATO, T. M. B.; MUÑOZ, S. I. S.; ALVES, R. I. S. Diagnóstico espacial e

temporal de condições físico-químicas e microbiológicas do Córrego do Tanquinho, Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, V. 12, n. 2, p. 282-298, 2017.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.5, p.558–563, 2012.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 292 p.

MUNIZ, D. H. P.; MORAES, A. S.; FREIRE, I. S.; CRUZ, C. J. D.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Evaluation of water quality parameters for monitoring natural, urban, and agricultural areas in the Brazilian Cerrado. **Acta Limnologica Brasiliensia**, V. 23, n. 3, p. 307-317, 2011.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, A. C.; SIMÕES NETO, D. E.; ROCHA, A. T.; CARVALHO, L. A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 6, p. 617-625, 2011.

PEREIRA, R. M.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; SALES, D. L.; RODRIGUEZ, W. D. M.; SOUZA, J. M. F. Viabilidade econômica da irrigação de cana-de-açúcar no cerrado brasileiro. **Revista Irriga**, Ed. Especial, p. 149-157, 2015.

ROCHA, G. A.; ASSIS, N. M. M. V.; MANCINI, R. M. O. M.; MELO, T. S.; BUCHIANERI, V.; BARBOSA, W. E. S. **Recursos hídricos**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2011.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

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

TUNDISI, J. G. (Coord.) **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014, 90f.

**ARTIGO 1: Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio  
Branco/MT na cabeceira das águas do Pantanal**  
[Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental]

**Resumo**

Pesquisas científicas em áreas de bacias hidrográficas são fundamentais para o equilíbrio e o gerenciamento dos recursos hídricos. A delimitação da bacia e a caracterização de sua morfometria é um dos principais procedimentos realizados em estudos de sustentabilidade, com intuito de compreender a sua dinâmica de funcionamento e gerar informações para o manejo de recursos hídricos e gestão ambiental. O presente estudo teve como objetivo a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Branco, em Mato Grosso, afluente do rio Paraguai Superior, numa região onde predominam o monocultivo de cana-de-açúcar e a pecuária de corte extensiva. Para isso, utilizou-se das seguintes variáveis: área da bacia, perímetro, comprimento do curso d'água principal, fator de forma, coeficiente de compactidade, índice de circularidade, densidade de drenagem, ordem dos cursos d'água, coeficiente de manutenção, altitude máxima e mínima, declividade média e índice de sinuosidade. A bacia foi delimitada a partir de dados topográficos do Modelo Digital de Elevação (MDE) no formato raster do tipo SRTM 30 obtidos pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), e retroprojetado para determinação automática da área da bacia pelo software livre QGIS 2.18.0. Verificou-se que a bacia do rio Branco possui uma área de 1.236,51 km<sup>2</sup>, com o curso d'água principal contendo 84,31 km, a qual demonstrou ser extensa. Conclui-se que a bacia possui formato alongado, pouco propício a inundações, com uma declividade média de 2,82%, caracterizando o relevo como plano, com densidade de drenagem regular. A bacia hidrográfica do rio Branco é de 5<sup>a</sup> ordem de ramificação, necessitando de 1,15 km<sup>2</sup> para manter perene cada quilometro de curso d'água. Possui altitude variando entre 503 a 160 metros, e um índice de sinuosidade regular, caracterizando-o como divagante.

**Palavras-chave:** Morfometria; geoprocessamento; gerenciamento de recursos hídricos; agropecuária; gestão ambiental.

**Morphometric characterization of the Branco river, in Mato Grosso, at the  
Pantanal headwaters**

**ABSTRACT**

Scientific researches in hydrographic basins areas are fundamental for the water resources balance and management. The delimitation of the basin and the characterization of its morphometry are one of the main procedures performed in sustainability studies, in order to understand its dynamics and generate information for the water resources and environmental management. The presente study aimed to characterize the Branco river morphometric basin, in Mato Grosso, a tributary of the Upper Paraguai river, in a region dominated by sugar cane monoculture and extensive livestock. For this, the following variables were used: basin area, perimeter, length of main watercourse, form factor, compactness coefficient, circularity index, drainage density, watercourses order, maintenance coefficient, maximum and minimum altitude, average slope and sinuosity index. The basin was delimited from topographic data of the Digital Elevation Model (DEM) in the raster format of type SRTM 30 obtained by the United States Geological Survey (USGS) and retroprojected for automatic

determination of the basin area by free software QGIS 2.18.0. It was verified that the Branco river basin has an area of 1,236.51 km<sup>2</sup>, with the main water course containing 84,31 km, which has proved to be extensive. It is concluded that the basin has an elongated shape, not conducive to flooding, with an average slope of 2.82%, characterizing the relief as flat, with regular drainage density. The Branco river hydrographic basin is of 5th order branching, requiring 1.15 km<sup>2</sup> to maintain perennial every watercourse kilometer. It has an altitude ranging from 503 to 160 meters, and a regular sinuosity index, characterizing it as a wanderer.

**Keywords:** Morphometry; geoprocessing; water resources management; agriculture; environmental management.

## INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são extensas áreas de drenagem do escoamento proveniente da chuva, em que a água precipitada é direcionada aos seus cursos d'água até convergir em um único ponto de saída, o exutório (GRIBBIN, 2014). Conforme Tonello et al. (2006), as características bióticas e físicas de uma bacia hidrográfica representam um papel importante no ciclo hidrológico, influenciando a quantidade de água gerada como deflúvio, a infiltração, os escoamentos superficial e sub-superficial, a evaporação, dentre outros. Dessa forma, verifica-se a importância de conhecer as características de bacias hidrográficas como ferramenta de auxílio para o gerenciamento de recursos hídricos.

A caracterização da bacia hidrográfica refere-se à determinação das suas variáveis hidromorfométricas, as características hidrológicas e físicas da bacia, tais como fator de forma, coeficiente de compacidade e índice de circularidade, as quais apresentam importante aplicação como indicadores, com intuito de prever o grau de vulnerabilidade da bacia a acontecimentos como inundações, enchentes, erodibilidade, dentre outros (CARDOSO et al., 2006). A caracterização morfométrica sobre o relevo de bacias hidrográficas fornece informações importantes a respeito de velocidade de escoamento, precipitação e o correto uso e ocupação da terra de forma a auxiliar no planejamento e tomada de decisão quanto aos recursos hídricos.

As análises morfométricas têm se beneficiado de diversas ferramentas que fornecem informações de relevo em formato digital, como o geoprocessamento, caracterizado como ferramenta principal para a localização, delimitação, medição e análise da morfometria de bacias hidrográficas, tornando-se mais precisas quando manipuladas por Sistema de Informação Geográfica (SIG) e por softwares específicos para tratamento, visualização e armazenamento de dados espaciais (COUTINHO et al., 2011). Pinto et al. (2016) ainda ressaltam as vantagens da utilização do SIG na

determinação da morfometria de bacias hidrográficas, haja vista, a variabilidade espacial das características físicas durante o ciclo hidrológico e a complexidade para gerar informações de variáveis morfométricas.

A caracterização da morfometria de bacias hidrográficas é um dos principais procedimentos realizados em análises ambientais e hidrológicas e possui a finalidade de compreender a dinâmica local e regional, auxiliando o gerenciamento de recursos hídricos (ROCHA et al., 2014). Sendo assim, a compreensão do comportamento hídrico e o desenvolvimento do gerenciamento de recursos hídricos tem sido considerada imprescindível em estudos de sustentabilidade (SANTOS et al., 2012). Contudo, para a bacia hidrográfica do rio Branco não foi encontrado na literatura um estudo semelhante, destacando seu ineditismo. Por localizar-se próximo a áreas urbanas e agrícolas, principalmente de monocultivo de cana-de-açúcar, para atender a duas grandes empresas sucroalcooleiras da região, e sua extensa área de drenagem, estudos aprofundados sobre os recursos hídricos são essenciais para o correto manejo e conservação dos ecossistemas presentes, evidenciando sua relevância econômica, social e ambiental. Além disso, o rio Branco é um afluente do rio Paraguai Superior, um dos principais formadores do Pantanal Mato-grossense e da Bacia Cisplatina.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Branco, a partir da estimativa de algumas variáveis físicas, como a área da bacia, perímetro, comprimento do curso d'água principal, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, densidade de drenagem, ordem dos cursos d'água, coeficiente de manutenção, altitude máxima e mínima, declividade média e índice de sinuosidade.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Área de estudo*

A área de estudo compreendeu a bacia hidrográfica do Rio Branco, localizada nos municípios de Nova Olímpia e Barra do Bugres em Mato Grosso, conforme ilustrado na Figura 1. A bacia é um importante afluente do rio Paraguai, localizada em sua margem direita. A foz está localizada nas coordenadas UTM 475.305,77 e 8.331.706,80 (Sistema de Coordenadas Universal Transversa de Mercator – UTM; Datum WGS-84) no município de Barra do Bugres/MT e a sua nascente principal está

nas coordenadas UTM 434.314,66 e 8.358.977,29, na bordadura da Serra Tapirapuã, no município de Nova Olímpia/MT.

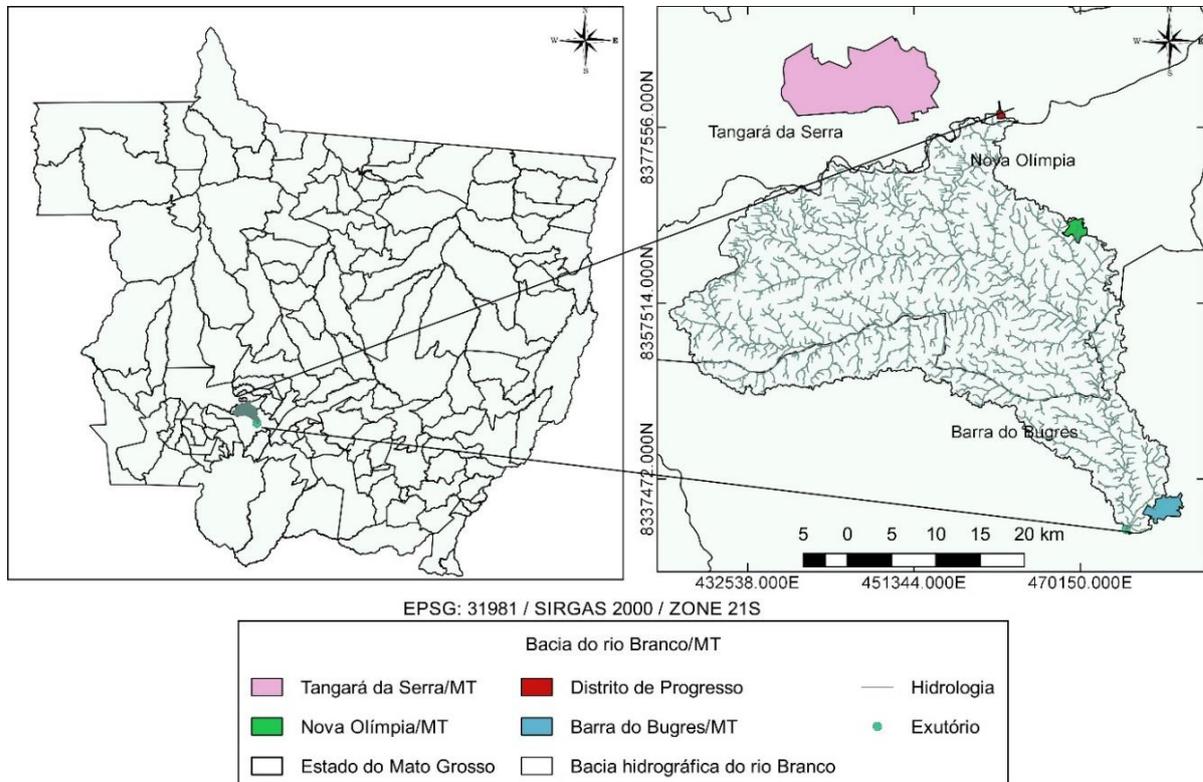


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Rio Branco e das áreas urbanas das cidades de Barra do Bugres, Nova Olímpia e Tangará da Serra.

O clima da região é classificado como Aw (classificação climática de Köppen), um clima quente e semi-úmido, caracterizado como estacional, contendo uma estação chuvosa no verão e de estiagem no inverno (NIMER, 1989).

#### *Morfometria da bacia hidrográfica*

Para a delimitação da bacia foram utilizados dados topográficos do Modelo Digital de Elevação (MDE) no formato *raster* do tipo SRTM 30 (*Shuttle Radar Topography Mission*, com resolução de 30 m) obtidos pelo USGS atualizado em 24 de setembro de 2014. O MDE foi retroprojetado para o Sistema de Coordenadas Planas tornando possível a determinação da área da bacia, delimitada de forma automática por meio da extensão TauDEM (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*) pelo *software* livre QGIS, versão 2.18.0.

### *Análise morfométrica*

A partir da delimitação da bacia realizou-se a análise morfométrica, consistindo na caracterização das variáveis físicas, como a área da bacia, perímetro, comprimento do curso d'água principal, obtidas automaticamente através do software. Enquanto as variáveis, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, densidade de drenagem, ordem dos cursos d'água, coeficiente de manutenção, altitude máxima e mínima, declividade média e índice de sinuosidade, foram obtidos tal como descritos na sequência.

#### *Fator de Forma - F*

O Fator de Forma (Eq. 1) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, corresponde, portanto, à razão entre a largura média da bacia e seu comprimento axial. A forma da bacia pode estar relacionada com algumas características, destacando-se a geologia, a qual pode influenciar também sobre o comportamento hidrológico da bacia e em alguns de seus processos (CARDOSO et al., 2006). Conforme Villela e Mattos (1975) bacias hidrográficas que apresentam valor baixo para o fator de forma são menos susceptíveis a enchentes.

$$F = \frac{A}{L^2} \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo, F o fator de forma, A a área da bacia (km<sup>2</sup>) e L o comprimento axial da bacia (km).

#### *Coeficiente de Compacidade - Kc*

O Coeficiente de Compacidade (Eq. 2) relaciona a forma da bacia com a de um círculo, correspondendo à relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Segundo Villela e Mattos (1975) o coeficiente de compacidade refere-se a um número adimensional que irá variar conforme o formato da bacia, independentemente de seu tamanho. Coeficiente mínimo igual a 1 corresponde a uma bacia circular, para bacia alongada o valor do coeficiente deve ser significativamente superior a unidade.

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Equação (2)}$$

Sendo, Kc o coeficiente de compacidade, P o perímetro da bacia (km) e A a área da bacia (km<sup>2</sup>).

### *Índice de Circularidade - IC*

O Índice de Circularidade (Eq. 3), simultaneamente ao coeficiente de compacidade, tende à unidade em bacias hidrográficas com formatos semelhantes a um círculo e diminui em bacias de formatos alongados (CARDOSO et al., 2006).

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad \text{Equação (3)}$$

Sendo, IC o índice de circularidade, A a área da bacia (km<sup>2</sup>) e P o perímetro da bacia (km).

### *Densidade de Drenagem - Dd*

A Densidade de Drenagem (Eq.4) é utilizada para caracterizar o grau de desenvolvimento da drenagem de uma bacia hidrográfica, expressa pela relação entre o comprimento total dos canais e a área da bacia, considerando os rios perenes e os temporários (HORTON, 1945). Segundo Villela e Mattos (1975), a densidade de drenagem pode variar entre 0,5 km.km<sup>2</sup> em bacias com drenagem pobre, a 3,5 km.km<sup>2</sup> ou mais em bacias bem drenadas.

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad \text{Equação (4)}$$

Sendo, Dd a densidade de drenagem (km.km<sup>-2</sup>), Lt o comprimento total dos canais (km) e A a área da bacia (km<sup>2</sup>).

### *Ordem dos cursos d'água*

A ordem dos cursos d'água foi determinada automaticamente de acordo com a hierarquia proposta por Strahler (1957), em que todos os canais sem tributários são considerados de primeira ordem, os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, os canais de terceira ordem originam da junção de canais de segunda ordem, assim sucessivamente. Conforme Cardoso et al. (2006) a união de um canal de determinada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste.

### *Coeficiente de Manutenção - Cm*

O Coeficiente de Manutenção (Eq. 5) foi proposto por Shumm (1956), citado por Strahler (1957), em que é expresso como o inverso da densidade de drenagem, cujo valor representa a área mínima necessária para manter cada metro de canal de drenagem perene.

$$Cm = \frac{1}{Dd} \quad \text{Equação (5)}$$

Sendo, Cm o coeficiente de manutenção (km<sup>-2</sup>.km) e Dd a densidade de drenagem (km.km<sup>-2</sup>).

### *Altitude*

A variação de altitude em uma região está associada com a precipitação, evaporação e transpiração, relacionando-se conseqüentemente sobre o deflúvio médio (TEODORO et al., 2007). As altitudes máxima e mínima foram obtidas utilizando o comando Plugin Elevation disponível no software livre QGIS, versão 2.18.0.

### *Declividade média*

A declividade média consiste na variação de altitude entre dois pontos do terreno e a distância horizontal entre ambos (OLIVEIRA et al. 2010). Para a obtenção de dados de declividade foi utilizado o MDE aplicando-se o comando GRASS:r.slope.aspect disponível no QGIS 2.18.0. A declividade foi determinada conforme classes sugeridas pela Embrapa (1979), de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1: Classes de declividade e discriminação das classes de relevo.

<b>Declividade (%)</b>	<b>Discriminação</b>
0 – 3	Relevo plano
3 – 8	Relevo suavemente ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20 – 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo escarpado

### *Índice de Sinuosidade - Is*

O Índice de Sinuosidade (Eq.6) expressa a relação entre o comprimento do canal principal com a distância vetorial deste, apresentando a velocidade de escoamento do curso d'água principal, portanto quanto maior for a sinuosidade, menor a velocidade de escoamento (SANTOS et al., 2012). Segundo Christofletti (1981), estudos sobre canais fluviais demonstram o tipo de arranjo espacial que um leito apresenta ao longo do rio, refletindo o padrão observado em uma dimensão plana.

$$Is = \frac{100 \times (L - Ev)}{L} \quad \text{Equação (6)}$$

Sendo, Is o índice de sinuosidade (%), L o comprimento do canal principal (km) e Ev o equivalente vetorial medido em linha reta (km).

Christofolletti (1981) distribuiu em classes os valores do índice de sinuosidade, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Classes do índice de sinuosidade.

Classes	Descrição	Limites (%)
I	Muito reto	>20
II	Reto	20 – 29
III	Divagante	30 – 39,9
IV	Sinuoso	40 - 49,9
V	Muito sinuoso	>50

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A morfometria da bacia hidrográfica do Rio Branco está representada pelas características e índices apresentados na Tabela 1. A área encontrada correspondente à bacia foi de 1.236,51 km<sup>2</sup>, e seu perímetro de 332,84 km. O curso d'água principal possui comprimento de 84,31 km, demonstrando ser um curso mediano.

Tabela 1: Características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Branco, MT.

Características morfométricas	Resultados
Características geométricas	
Área (km <sup>2</sup> )	1236,51
Perímetro (km)	332,84
Fator de forma	0,39
Coefficiente de compacidade	2,65
Índice de circularidade	0,14
Características da rede de drenagem	
Comprimento do curso d'água principal (km)	84,31
Densidade de drenagem (km.km <sup>-2</sup> )	0,87
Ordem dos cursos d'água	5
Coefficiente de manutenção (km <sup>2</sup> /km)	1,15
Características do relevo	
Altitude máxima (m)	503
Altitude mínima (m)	160
Declividade média da bacia (%)	2,82
Índice de sinuosidade (%)	32,91

O fator de forma apresentou valor muito baixo (0,39) e o coeficiente de compacidade demonstrou-se distante de uma unidade (2,65). Estes valores evidenciam que a bacia não possui formato circular, possuindo, assim, um formato alongado, demonstrando que a bacia hidrográfica do rio Branco é pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação, ao contrário do que pode ocorrer em bacias circulares, as quais possuem maior probabilidade de chuvas intensas

ocorrerem em toda a extensão simultaneamente, acarretando em grande concentração de volume de água no tributário principal (CARDOSO et al., 2006). Conforme Sousa e Paula (2016), o baixo valor encontrado para o fator de forma pode indicar a presença significativa de tributários que atingem o rio principal, favorecendo a taxa de escoamento superficial, originando, conseqüentemente, áreas alagadas.

Contudo, apesar de sua forma indicar pouca propensão a enchentes, em visita de campo verificou-se pontos de alagamento, próximo ao rio Paraguai, na época de chuvas da região, impedindo o acesso por vias terrestres a margem do rio Branco. Tais alagamentos podem estar sendo provocados pela elevação do nível do rio Paraguai devido o represamento das águas do rio Branco no curso final do mesmo, próximo à foz. Em estudo semelhante na bacia do rio Sapucaí (MG), Almeida et al. (2017) constatou que o extravasamento de água naquele local estava associado à presença de diversos meandros, que propiciam a diminuição de velocidade do escoamento, favorecendo os alagamentos. Portanto, os alagamentos observados na bacia do rio Branco podem ter a mesma causa, já que os meandros estão presentes no baixo rio Branco.

Outro aspecto importante é a construção de casas na calha maior do rio, áreas em que há alagamento devido à elevação do nível da água no período chuvoso, como veiculado no noticiário regional e nacional em que diversas casas no município de Barra do Bugres ficaram submersas, em situação de emergência (MORETTO, 2014; GLOBO/MT, 2015; GLOBO/MT, 2017), no qual estes acontecimentos se devem ao uso inadequado da terra pelo homem.

O índice de circularidade confirma o formato alongado da bacia, pois apresentou valor muito baixo (0,14). Franco e Santo (2015) verificaram que o formato alongado da bacia hidrográfica pode relacionar-se com a organização das microbacias com formatos variados, contribuindo em diferentes índices de dissecação, densidade de drenagem e usos do solo, gerando diferentes respostas no tempo de concentração em cada uma.

Hajam et al. (2013) destacaram a importância de conhecer a densidade de drenagem de bacias hidrográficas como forma de compreender o padrão de escoamento, transferência de sedimentos e outros parâmetros hidrológicos. A densidade de drenagem encontrada na bacia hidrográfica do rio Branco foi de 0,87 km.km<sup>-2</sup> e conforme Villela e Mattos (1975) este valor caracteriza-o de drenagem regular, portanto, pode-se dizer que a bacia possui baixa eficiência de drenagem. De

acordo com Tonello et al. (2006), bacias com baixa densidade de drenagem geralmente associam-se com áreas permeáveis e de baixo regime pluviométrico. A região em estudo possui um regime pluviométrico significativo apenas na estação chuvosa (1830 mm anuais, em média), entre os meses de outubro a abril (DALLACORT et al., 2011), confirmando a relação destacada por Tonello et al. (2006) entre baixa densidade de drenagem e baixo regime pluviométrico. Fraga et al. (2014) destacaram que a ausência de densidade de drenagem, que favoreça a saída rápida da água precipitada, colabora para a infiltração de água no solo e menores probabilidades de picos de vazão, conseqüentemente diminui o risco de extravasamento de água e de transporte de sedimentos. Contudo, em visita de campo foi possível observar áreas alagadas na bacia do rio Branco em período chuvoso, devido a dois fatores, a característica do terreno com baixa declividade e elevada sinuosidade, e por conta da elevação do curso d'água decorrente dos eventos de intensas chuvas.

O sistema de drenagem da bacia, conforme a hierarquia de Strahler (1957), possui grau de ramificação de 5ª ordem, caracterizando um sistema de drenagem ramificado. Conforme Abud et al. (2015), o sistema de drenagem possui então uma maior eficiência de acordo com a sua hierarquia. Destaca-se ainda a importância da ordem da drenagem de uma bacia hidrográfica para o seu potencial de uso, apresentando-se relevante para o planejamento do uso e ocupação, haja vista a relação entre a ramificação da rede drenagem com a eficiência na integração entre os processos e componentes no interior da bacia hidrográfica (SOUSA; PAULA, 2016), sendo este aspecto relevante para os empreendimentos do agronegócio instalados na bacia, com destaque para o cultivo de cana-de-açúcar, cultura que requer irrigação na estiagem para alcançar melhor produtividade e para a pecuária extensiva com múltiplas possibilidades de dessedentação dos animais, além de outros usos. Sendo assim, de acordo com a ordem de drenagem da bacia e sua ramificação, há diversas possibilidades de usos da bacia do rio Branco, além das já existentes, permitindo o desenvolvimento de atividades sociais e econômicas na região. No entanto, a densidade de drenagem apresentou-se regular, havendo então uma incoerência entre os resultados dos parâmetros quanto a eficiência de drenagem, haja vista a área da bacia ser muito extensa e conter diversos canais curtos, concorrendo para a diminuição da densidade de drenagem.

O coeficiente de manutenção, conforme Strahler (1957), é um meio útil para indicar o tamanho relativo de unidade terrestre que deve ser mantido em uma bacia de drenagem para que seus canais se implementem e desenvolvam. Sendo assim, os resultados indicam que é necessário 1,15 km<sup>2</sup> de superfície para manter perene cada quilometro de canal hidrográfico na bacia do rio Branco, demonstrando depender de uma área relativamente extensa, revelando sua fragilidade ambiental e a necessidade de preservação nesta bacia. Pissara et al. (2004) analisaram as características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, em São Paulo, e verificaram que o coeficiente de manutenção diminui à medida que o relevo se torna movimentado, nestas áreas, portanto, há maior probabilidade de escavamento vertical de vales e superfícies inclinadas, o que pode ocorrer também na bacia do rio Branco, principalmente próximo às nascentes, na bordadura da Serra Tapirapuã.

As características do relevo sugerem como os processos erosivos ocorrem, haja vista descreverem o desenvolvimento da topografia e da conformação de bacias hidrográficas (PISSARA et al., 2004). Sendo assim, o relevo da bacia do rio Branco, quanto a declividade, pode ser observado na Figura 2.

A declividade da bacia do rio Branco apresentou maior concentração da classe de relevo plano, representando 66,91% da área total da bacia, seguido de um relevo suave ondulado, representado em 29,70% do terreno. Os relevos ondulados, forte ondulados e montanhosos representam 3,39% da área total, caracterizando uma área inexpressiva na bacia, representando apenas o trecho próximo à Serra Tapirapuã.

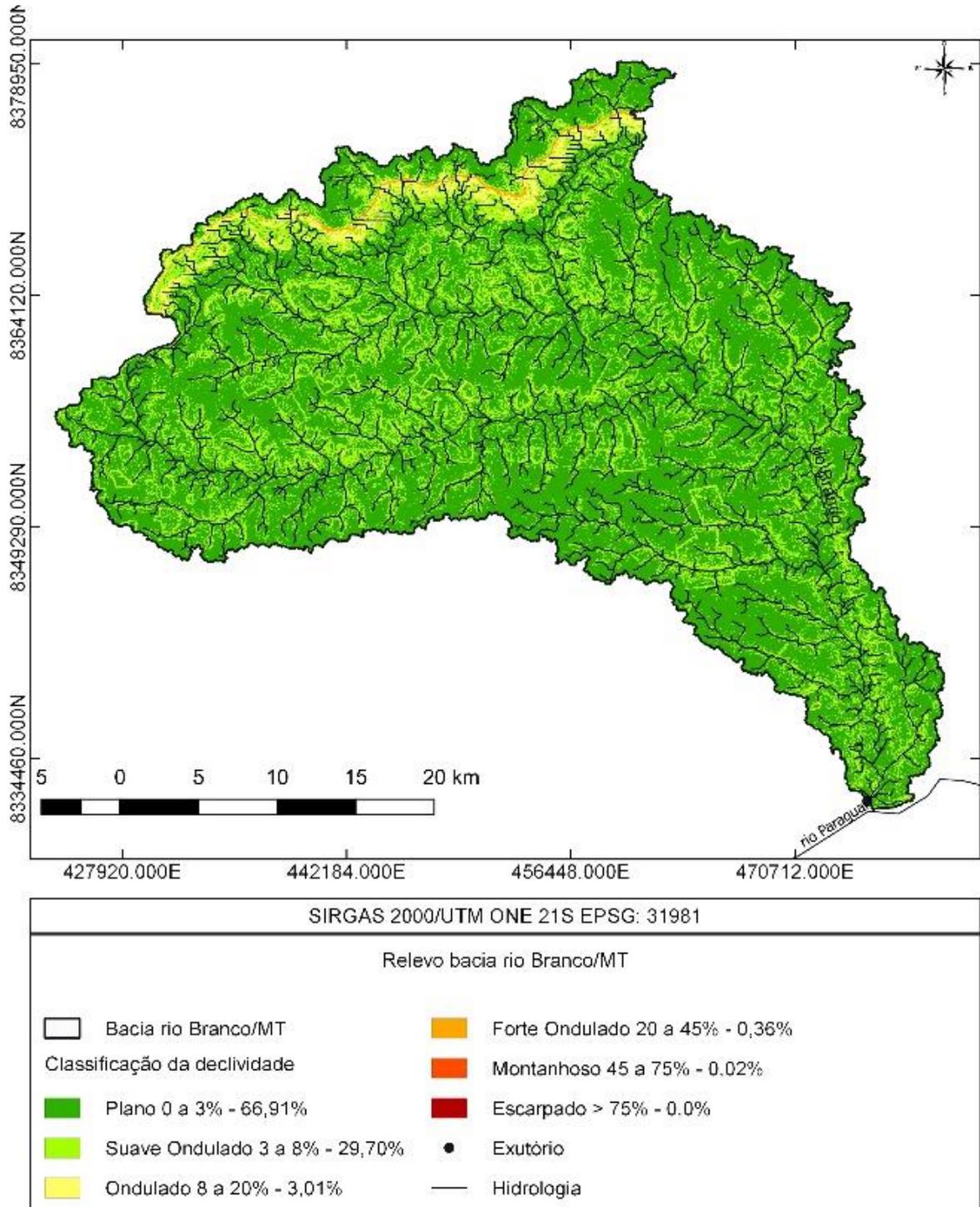


Figura 2: Mapa de declividade da bacia do rio Branco-MT.

Observou-se valor de 2,82% para a declividade média, que, conforme a Embrapa (1979), corresponde a um relevo plano. A declividade média da bacia pode interferir em diversos processos da distribuição da água, como a velocidade do escoamento superficial e subterrâneo, no qual a vegetação possui papel importante, pois sua remoção gera erosão e conseqüentemente a degradação do ambiente, portanto, este aspecto deve ser considerado no gerenciamento e tomada de decisão

do manejo adequado da bacia hidrográfica (ABUD, et al., 2015; ARAI et al., 2012). A declividade encontrada, conforme Ataíde et al. (2017), propicia menor velocidade de escoamento superficial, conseqüentemente aumenta a possibilidade de infiltração de água no solo, favorecendo a recarga dos aquíferos, no entanto, também, contribui para a retenção de sedimentos de fundo nos canais de escoamento, oportunizando e potencializando o assoreamento. O transporte de sedimentos nas cabeceiras provoca a longo prazo o assoreamento do Pantanal, alterando a dinâmica fluvial de seus leitos e tributários (WANTZEN; PINTO-SILVA, 2006). O assoreamento constitui atualmente um dos maiores problemas do Pantanal, com impactos ambientais e socioeconômicos, causando sérios prejuízos para a pecuária de corte e a sucessão da vegetação (GALDINO et al., 2002; SORIANO et al., 2001). Perante esses fatos, ressalta-se a importância de estudos em bacias hidrográficas menores e riachos, pois podem fornecer informações sobre problemas ambientais com maior precisão e detalhes.

A bacia em tela apresentou um relevo com altitude máxima de 503 metros, cujo valor elevado se deu por estar localizado acima da Serra Tapirapuã, no distrito de Progresso, apresentando, portanto, uma temperatura mais amena, confirmada pela visualização de nuvens baixas, ocasionando o aumento da precipitação próximo às nascentes. Enquanto a altitude mínima foi de 160 metros, localizada no exutório da bacia, próximo ao rio Paraguai.

É importante conhecer as altitudes de bacias hidrográficas (Figura 3), pois variações consideráveis podem indicar diferenças significativas de temperatura média, gerando variações na evapotranspiração e na precipitação anual em diferentes áreas no decorrer do relevo da bacia (ZACCHI et al., 2012; TEODORO et al., 2007). Portanto, em função da variação da elevação, pode-se entender que a bacia do rio Branco está sujeita a variações expressivas de precipitação e temperatura, fatores decisivos para o ciclo hidrológico e para o balanço hídrico e de extrema relevância para a agropecuária.

A variação da altitude na bacia do rio Branco, observada na Figura 3, demonstra uma amplitude de 343 metros, onde altitudes maiores estão presentes somente nas proximidades da Serra Tapirapuã, indicando, portanto, presença de diversas nascentes com quedas d'água, apresentando velocidade de escoamento maior nesta região. Contudo, no decorrer da bacia observa-se uma altitude constante, com pouca variação, caracterizando-o como um rio de planície, com baixa velocidade de

escoamento. Sendo assim, em quase toda a sua extensão deve ser evitado o uso e ocupação da terra que promovam o revolvimento do solo, haja vista a baixa velocidade de escoamento favorecer a ocorrência de assoreamento, demonstrando a fragilidade ambiental e a necessidade da preservação da vegetação natural, principalmente as matas ciliares e áreas de preservação permanente, e de manejo correto do solo no desenvolvimento das atividades agropecuárias na região.

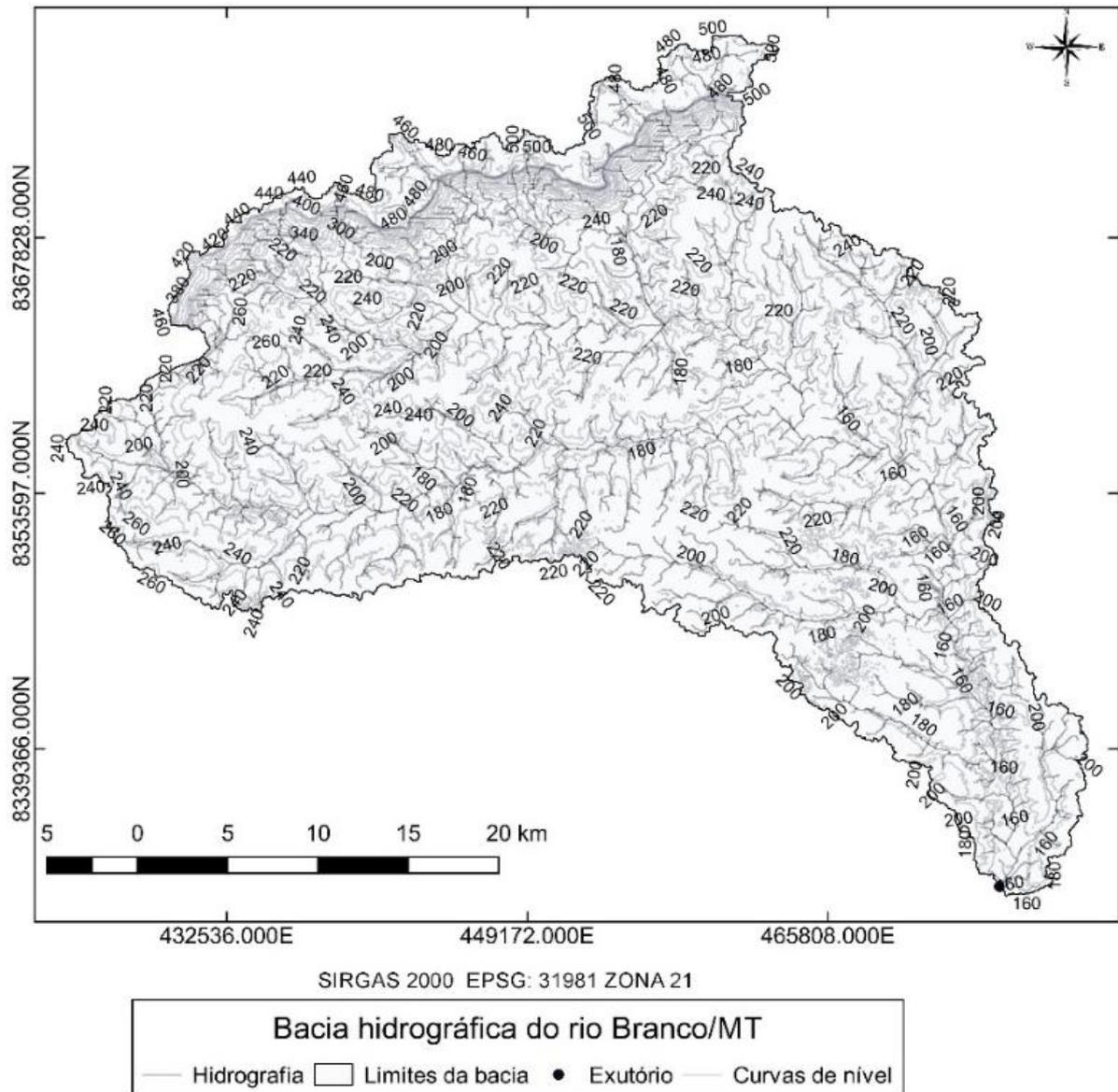


Figura 3: Mapa de curva de nível da bacia hidrográfica do rio Branco – MT

De acordo com Santos et al. (2007), para a correta distribuição do uso do solo em uma bacia hidrográfica é importante observar a altitude e declividade de cada área, desta forma haverá melhorias na adequação para a aptidão das terras. Destaca-se com base nestes resultados que a bacia do rio Branco tem maior aptidão para a cultura

de cana-de-açúcar, conforme Macedo (2005), haja vista a recomendação de áreas de relevos suaves com declividade inferior a 12%. Na região já há predominância deste cultivo. Pessoa et al. (2014) destacaram em seu estudo, o avanço no uso e ocupação da terra pela agricultura em Barra do Bugres, relacionada com o monocultivo de cana-de-açúcar.

O encontro entre as recomendações técnicas e a realidade evidenciam o bom uso dos recursos naturais na bacia do rio Branco, mesmo que nela predominem as culturas da cana-de-açúcar e as pastagens. Duas culturas de sistema radicular profundo e ramificado (INFORZATO; ALVAREZ, 1957; RODRIGUEZ; CADIMAZ-VALLOS; 1991), que demandam pouco ou nenhum revolvimento frequente (anual) do solo, além da produção de espessa camada de matéria orgânica típicas desses cultivos (SOUZA et al., 2005; TABOADA et al., 2011). Conforme Greenwood e McKenzie (2001), o sistema radicular profundo auxilia na prevenção da compactação, pois gera macro poros que contribuem para o aumento de matéria orgânica, propiciando melhorias na estabilização da estrutura do solo e melhor infiltração da água das chuvas.

A bacia em estudo insere-se na classe de canal divagante, conforme o resultado do índice de sinuosidade (32,91%). O grau de sinuosidade dos canais pode interferir na quantidade de sedimentos transportados e depositados no decorrer de seu curso, pela declividade da bacia e sua estrutura geológica (SOUSA; PAULA, 2016). Dessa forma, presume-se que no rio Branco pode haver acúmulos de sedimentos, haja vista a estrutura divagante de seus canais, além da baixa velocidade de escoamento predominante. Conforme Santos et al. (2012), os índices de sinuosidade maiores expressam menor velocidade de escoamento, possuindo dificuldades para atingir o exutório, portanto pode-se supor que a bacia hidrográfica do rio Branco possui velocidade de escoamento regular a baixa, apresentando dificuldades para atingir seu exutório, favorecendo a formação de áreas alagadas (ALMEIDA et al., 2017), explicando as visualizações de campo.

As informações obtidas por meio das variáveis morfométricas são de grande importância para a gestão de bacias hidrográficas, pois fornecem subsídios e referenciais básicos para a adequação e direcionamento de ações de planejamento e manejo sustentável de seus recursos.

## **CONCLUSÕES**

A bacia hidrográfica do rio Branco possui formato alongado e o escoamento superficial não se concentra rapidamente, acarretando em baixa variação no curso d'água e baixa suscetibilidade a inundações. Possui densidade de drenagem regular, com sistema de drenagem ramificado, de 5ª ordem, demonstrando possibilitar múltiplos usos da água. O coeficiente de manutenção indicou que a bacia necessita de 1,15 km<sup>2</sup> a fim de manter desenvolvido cada quilômetro de canal de drenagem, representando uma área relativamente extensa, demonstrando as fragilidades da bacia.

A bacia possui altitude máxima de 503 metros e altitude mínima de 160 metros. A declividade média da bacia classificou-a como plana, sendo assim pode-se supor que a velocidade de escoamento é menor, contribuindo para maior infiltração de água no solo. Enquanto o índice de sinuosidade a enquadrava na categoria de bacia divagante, sugerindo, portanto, velocidade de escoamento regular e possíveis acúmulos de sedimentos.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT (Edital 041/2016).

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABUD, E. A.; LANI, J. L.; ARAÚJO, E. A.; AMARAL, E. F.; BARDALES, N. G.; FERNANDES FILHO, E. I. Caracterização morfométrica das sub-bacias no município de Xapuri: subsídios à gestão territorial na Amazônia Ocidental. *Revista Ambiente e Água*, v. 10, n. 2, p. 431-441, 2015.
- ALMEIDA, L. T.; ABREU, M. C.; FRAGA, M. S.; SILVA, D. D.; CECÍLIO, R. A. Aspectos morfométricos relacionados ao estudo de enchentes na Bacia do Rio Sapucaí, Minas Gerais. *Revista Nativa*, v.5, n.3, p.169-174, 2017.
- ARAI, F. K.; PEREIRA, S. B.; OLIVEIRA, S. C.; DAMÁLIA, L. S. Caracterização hidromorfométrica da bacia do Dourados localizada no centro-sul do Mato Grosso do Sul. *Revista Agrarian*, v.5, n.17, p. 270-280, 2012.
- ATAIDE, L. C. P.; RODRIGUES, R. S. S.; PESSOA, F. C. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tauá, nordeste paraense. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 11, n.1, p.130-138, 2017..

- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, v.30, n.2, p.241-248, 2006.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Edgard Blücher, 1981, 297 p.
- COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S. GARCIA, G. O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo, ES. *Irriga*, v. 16, n. 4, p. 369-381, 2011.
- DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos*. Rio de Janeiro, 1979. 83p.
- FRAGA, M. S.; FERREIRA, R. G.; SILVA, F. B.; VIEIRA, N. P. A.; SILVA, D. P.; BARROS, F. M.; MARTINS, I. S. B. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. *Revista Nativa*, v. 02, n. 04, p. 214-218, 2014.
- FRANCO, J. L.; SANTO, M. A. D. Contribuição da Morfometria Para o Estudo das Inundações na Sub-Bacia do Rio Luís Alves/SC. *Revista Mercator*, v. 14, n. 3, p. 151-167, 2015.
- GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; OLIVEIRA, H.; CARDOSO, E. L. Impactos da Agropecuária nos Planaltos sobre o Regime Hidrológico do Pantanal. *Embrapa Pantanal*, 2002. 5p.
- GLOBO, G1/MT. Governo decreta situação de emergência em Barra do Bugres (MT). *G1*, Mato Grosso, 24 mar. 2015. Disponível em <<http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2015/03/governo-decreta-situacao-de-emergencia-em-barra-do-bugres-mt.html>> Acesso em 05 mar. 2018.
- GLOBO, G1/MT. Rio Paraguai sobe em cidade de MT e deixa famílias praticamente isoladas. *G1*, Mato Grosso, 18 fev. 2017. Disponível em <<http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2017/02/rio-paraguai-sobe-em-cidade-de-mt-e-deixa-familias-praticamente-isoladas.html>> Acesso em 05 mar. 2018.
- GREENWOOD, K. L.; MCKENZIE, B. M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.41, p.1231-1250, 2001.
- GRIBBIN, J. E. *Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais*. 4 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014, 544 p.
- HAJAM, R. A.; HAMID, A.; DAR, N. A.; BHAT, S. U. Morphometric analysis of vishav drainage basin using geo-spatial technology (GST). *International Research Journal of Geology and Mining*, v. 3, n. 3, p. 136-146, 2013.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, v. 56, n. 3, p. 275, 1945.

INFORZATO, R.; ALVAREZ, R. Distribuição do sistema radicular da cana de açúcar var. Co. 290, em solo tipo terra-roxa-legítima. *Bragantia*, v. 16, n. 1, p. 1-13, 1957.

MACEDO, I. C. (org.). *Energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade*. São Paulo: Berlendis & Vertecchia: ÚNICA- União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo, 2005, 235 p.

MORETTO, V. Chuvas danificam estradas e alunos ficam sem aula em Barra do Bugres. *Prefeitura Municipal de Barra do Bugres*, Mato Grosso, 24 fev. 2014. Disponível em <<http://www.barradobugres.mt.gov.br/Noticias/Chuvas-danificam-estradas-e-alunos-ficam-sem-aula-em-barra-do-bugres-1462/>> Acesso em 05 mar. 2018.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. IBGE: Rio de Janeiro, 2ª ed., 1989, 421 p.

OLIVEIRA, P. T. S.; SOBRINHO, T. A.; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.8, p. 819–825, 2010.

PESSOA, S. P. M.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S. Mapeamento do uso e ocupação da floresta aluvial no rio Paraguai - Barra do Bugres/Mato Grosso. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 66, v. 6, p. 1295-1303, 2014.

PINTO, V. G.; LIMA, R. N. S.; SANTOS, R. C. P.; RIBEIRO, C. B. M. Influência do número de classes de vulnerabilidade na determinação da suscetibilidade morfométrica à inundação. *Revista Ambiente e Água*, v. 11, n. 3, Taubaté, 2016.

PISSARA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 297-305, 2004.

ROCHA, R. M.; LUCAS, A. A. T.; ALMEIDA, C. A. P.; MENEZES NETO, E. L.; AGUIAR NETTO, A. O. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, v. 9 n. 2, p. 276-287, 2014.

RODRIGUES, A. C. G.; CADIMA-ZEVALLOS, A. Efeito da intensidade de pastejo sobre o sistema radicular de pastagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 26, n. 3, p. 439-445, 1991.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SANTOS, G. V.; DIAS, H. C. T.; SILVA, A. P. S.; MACEDO, M. N. C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do Córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG. *Revista Árvore*, v.31, n.5, p.931-940, 2007.

SORIANO, B. M. A.; CLARKE, R. T.; CATELLA, A. C. Evolução da erosividade das chuvas na bacia do alto Taquari. Corumbá: *Embrapa Pantanal*, 2001. 18p.

SOUSA, F. R. C.; PAULA, D. P. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará–Brasil). *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 2, número especial, p. 555-564, 2016.

SOUZA, Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005.

STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

TABOADA, M. A.; RUBIO, G.; CHANETON, E. J. Grazing Impacts on Soil Physical, Chemical, and Ecological Properties in Forage Production Systems. In: HATIFIELD, J. L.; SAUER, T. J. (Org.). *Soil Management: Building a Stable Base for Agriculture*. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 2011. p. 301-320.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara*, n. 20, p. 137-156, 2007.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. *Revista Árvore*, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill, 1975, 245 p.

WANTZEN, K. M.; PINTO-SILVA, V. Uso de Substratos Artificiais para Avaliação do Impacto do Assoreamento sobre Macroinvertebrados Bentônicos em um Córrego de Cabeceira no Pantanal do Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 11, n.1, p. 99-107, 2006.

ZACCHI, R. C.; FARIA, M. M.; FERREIRA, E. S. Fatores morfométricos como condicionantes da ocorrência de enchentes na bacia do córrego Serafim, sub-bacia do rio Paraibuna, Juiz de Fora, MG. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, v. 6, n. 1, p. 151-160, 2012.

**ARTIGO 2: Relações entre uso e ocupação da terra na qualidade da água de uma bacia hidrográfica rural na transição entre os biomas Cerrado e Amazônia**  
[Revista Ambiente e Sociedade]

**Resumo**

O objetivo do estudo foi avaliar a qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Branco/MT por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA), do Índice de Estado Trófico baseado no fósforo (IET<sub>P</sub>) e do uso e ocupação da terra. A análise da qualidade da água foi realizada em 12 pontos distribuídos pela bacia, com coletas mensais durante doze meses, de outubro/2017 a setembro/2018. Os resultados indicaram que a bacia do rio Branco possui predominância de uso e ocupação da terra formado por florestas, seguido de áreas de pastagem e áreas agrícolas. O IQA indicou águas de qualidade boa a regular, em que as nascentes apresentaram melhores resultados. Já o IET<sub>P</sub> indicou águas eutróficas a mesotróficas, revelando correlação com áreas agrícolas e de vegetação, indicando elevação no nível trófico nestas áreas decorrentes do uso e ocupação da terra.

**Palavras-chave:** degradação ambiental; poluição; antrópica; agricultura; pastagem.

**Relations between land using and occupation in water quality of a rural hydrographic basin in the transition between the Cerrado and Amazon biomes**

**ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the water quality in the Branco hydrographic basin, in Mato Grosso, by means of the Water Quality Index (WQI), the trophic state index based on phosphorus (TSI<sub>P</sub>) and land using and occupation. The water quality analysis was performed in 12 points distributed throughout the basin, with monthly collections, during twelve months, from October/2017 to September/2018. The results indicated that the Branco river basin has predominance of land using and occupation formed by forests, followed by pasture areas and agricultural areas. The WQI indicated waters of good to regular quality, in which the water sources showed better results. The TSI<sub>P</sub> indicated eutrophic to mesotrophic waters, revealing correlation with agricultural and vegetation areas, indicating elevation in the trophic level in these areas resulting from land using and occupation.

**Keywords:** Ambiental degradation; pollution; anthropogenic; agriculture; pasture.

**INTRODUÇÃO**

A água é um elemento essencial, com diversos usos que demonstram a grandeza de sua importância, contudo esse bem tem sofrido deteriorações em sua qualidade. Conforme Alves et al. (2012), a degradação da qualidade da água pode ser causada, em grande escala, pela ação antrópica em ambientes aquáticos, como também por causas naturais, em menor escala. Fia et al. (2009) ressaltaram a crescente preocupação com a qualidade da água por conta do crescimento demográfico e aumento de atividades com potencial poluidor.

Os usos múltiplos e a ação antrópica nas bacias hidrográficas são as maiores causas das alterações da qualidade da água (ANDRIETTI et al., 2016). O lançamento de efluentes domésticos e industriais, ricos em matéria orgânica, nutrientes e substâncias tóxicas, como também o manejo incorreto do solo e das lavouras podem afetar a qualidade do ambiente para comunidades aquáticas e para a saúde humana (FIA et al., 2009). Andrietti et al. (2016) evidenciaram a contribuição das atividades de produção agrícola e pastagem para as modificações na qualidade da água, ocasionada pela retirada de florestas.

O processo produtivo do agronegócio causa diversas situações de risco em vários âmbitos, sejam eles o meio ambiente, a saúde, os alimentos e as águas (PIGNATI et al., 2014). Mato Grosso é destaque no agronegócio nacional, despontando como o maior produtor de grãos e outras commodities agrícolas, que tem contribuído para saldos positivos na economia nacional (MOREIRA et al., 2014). Dentre as diversas cidades mato-grossenses produtoras agrícolas, destacam-se os municípios de Barra do Bugres e Nova Olímpia como maiores produtoras de cana-de-açúcar, com aproximadamente 70 mil hectares de área plantada em 2012 (PIGNATI et al., 2014). A região também é destaque na pecuária bovina, segundo o IBGE (2014), o estado possui cerca de 40% de suas terras produtivas ocupadas pela pecuária. Por conta disso, a região se torna atrativa para as agroindústrias, estando presentes nas cidades de Barra do Bugres e Nova Olímpia agroindústrias sucroalcooleiras e frigoríficas.

Os processos de uso e ocupação da terra em bacias hidrográficas são, em grande parte, determinantes para a qualidade da água, sendo modificada pela retirada da cobertura vegetal, implementação da agropecuária e lançamento de efluentes (BARROS et al., 2011), acarretando no carreamento de matéria orgânica rica em nutrientes que podem ser superiores à sua capacidade depurativa, contribuindo para um processo de eutrofização e queda na qualidade da água (FIA et al., 2009). Dessa forma, faz-se necessário mecanismos que possibilitem o monitoramento e avaliação da qualidade da água, como meio de mensurar os impactos causados por meio da ação antrópica, e assim auxiliar a tomada de decisão na gestão de recursos hídricos.

Diversos índices de qualidade da água foram propostos para auxiliar no monitoramento e gerenciamento dos recursos hídricos e seus múltiplos usos, destacando-se o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET) como importantes instrumentos de avaliação das características da água, contribuindo

para a tomada de decisão quanto à gestão de recursos hídricos. O IQA é uma ferramenta da avaliação da qualidade da água, refletindo a contaminação por matéria orgânica, nutrientes e sólidos (FIA et al., 2015; ALVES et al., 2012). O IET<sub>P</sub> classifica diferentes graus de trofia nos corpos hídricos, avaliando a qualidade da água conforme o crescimento de nutrientes e seu resultado quanto ao aumento excessivo de algas e a infestação de macrófitas aquáticas (CETESB, 2013). De acordo com Bucci e Oliveira (2014), esses índices podem auxiliar na tomada de decisão sobre riscos de contaminação e no controle da eutrofização, que têm demonstrado ser uma preocupação mundial para os gestores de recursos hídricos.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Branco – MT por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA), do Índice de Estado Trófico baseado no fósforo (IET<sub>P</sub>) e do uso e ocupação da terra.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Área de estudo*

A bacia hidrográfica do rio Branco está localizada na região sudoeste de Mato Grosso, nos municípios de Barra do Bugres e Nova Olímpia, na transição entre os biomas Cerrado e Amazônia. Possui uma área de 1.236,51 km<sup>2</sup>, com perímetro de 332,84 km, cujo escoamento afluí para a margem esquerda do rio Paraguai, como pode ser observado na Figura 1. Em visitas de campo, verificou-se no interior da bacia a presença de agroindústrias, áreas agrícolas, além de parte da área urbana do município de Nova Olímpia e o Distrito de Nova Fernandópolis.

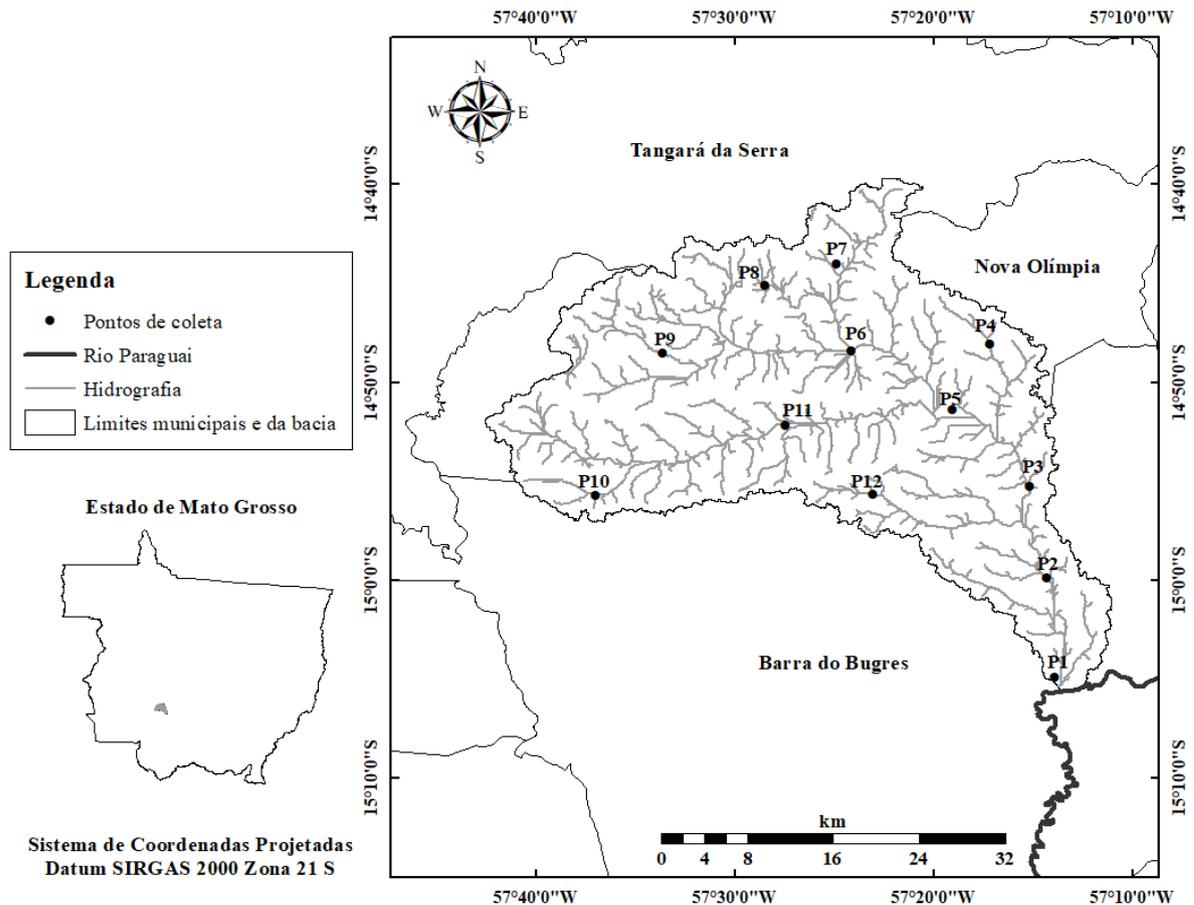


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Branco – MT.

A região apresenta um clima, conforme classificação de Köppen, do tipo quente e subúmido, com duas estações bem definidas, seca nos meses de maio a setembro e chuvosa nos meses de outubro a abril (DALLACORT et al., 2011). A temperatura média anual do estado varia entre 22 a 27,6° C, com regime de chuvas anual variando de 1.200 a 2.200 mm (RAMOS et al., 2017). A região possui relevo predominantemente plano, com ondulações leves onde ocorre uma variedade de solos, com predominância em areias quartzosas, latossolos e cambissolos (PESSOA et al., 2014).

#### *Uso e ocupação da terra*

Para determinação da distribuição do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Branco – MT foi utilizada imagens de satélite do tipo Landsat, referentes à órbita/ponto 227/71, data do ano de 2017, obtidas através do Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS. As imagens foram classificadas em software de SIG, em seguida utilizou-se o software ArcGis 10.3.1 para elaboração do mapa

temático. As classes definidas foram: água, área de agricultura, área de pastagem, área urbanizada e vegetação nativa.

A partir de cada ponto de coleta foi elaborada a microbacia correspondente, contendo as classificações de uso e ocupação da terra, utilizando a ferramenta watershed processing do software ArcGis 10.3.1.

#### *Amostragem de água e procedimentos de laboratório*

Para amostragem foram selecionados, a partir de análises em imagens de satélite e por meio de expedições de campo, 12 pontos de coleta, denominados P1 a P12 (Figura 1), compreendendo nascentes, foz e decorrer dos cursos d'água, com o intuito de avaliar a qualidade da água ao longo de toda a bacia hidrográfica.

As campanhas de amostragem foram realizadas mensalmente, durante doze meses consecutivos, entre outubro de 2017 a setembro de 2018, compreendendo dois dias de coleta, devido à extensão da bacia e por haver pontos de acesso via terrestre e via hidroviária. As coletas foram realizadas nos cursos d'água correntes, com frascos de polietileno de 1 L (2 frascos em cada ponto), ambientados com água do local, à uma profundidade aproximada de 20 cm. O mesmo procedimento foi realizado para análises microbiológicas utilizando frascos de 200 ml esterilizados, mantendo o cuidado e higienização em todos os processos a fim de não comprometer as análises posteriores.

Em campo, foi determinada a temperatura da água no momento da coleta por meio de um termômetro de mercúrio, ressalta-se que as coletas ocorreram no período da manhã. Os frascos com amostras foram refrigerados em caixas térmicas até análise em laboratório, conforme recomendado por CETESB (2011) e ANA (2011). No Laboratório de Qualidade de Água (LaQuA) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), no Campus "Deputado Estadual René Barbour" em Barra do Bugres/MT, determinou-se características físicas, químicas e microbiológicas, através das variáveis: oxigênio dissolvido (OD, oxímetro), demanda bioquímica de oxigênio (DBO, incubação 5 dias a 20° C), sólidos totais (ST, método gravimétrico), dureza (Du, titulação), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ , espectrofotometria), fosfato inorgânico (P, espectrofotometria), potencial hidrogeniônico (pH, phmetro), temperatura (Temp, termômetro), turbidez (Tu, turbidímetro), coliformes termotolerantes (C. Term., método dos tubos múltiplos). Todas as análises físico-químicas foram baseadas no Standard methods for the examination of water and wastewater (APHA, 2005). As análises

microbiológicas seguiram a Normativa 62 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2011), determinando-se valores de número mais provável (NMP) de colônias de bactérias presentes a cada 100 mL. Contudo, a metodologia utilizada possui limites máximos e mínimos em que é capaz de verificar a quantidade de bactérias, portanto, para elaboração de médias e do IQA desconsiderou-se os sinais de maior e menor, seguindo metodologia semelhante adotada por Bucci et al. (2014).

#### *Índice de Qualidade da Água (IQA)*

O IQA é utilizado para avaliação da qualidade da água bruta, emprega nove parâmetros, os quais possuem um peso estabelecido.

O cálculo do IQA foi realizado conforme a metodologia indicada pela CETESB (2013), por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a Equação 1, realizado através do software livre Qualigraf 1.17.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde,  $q_i$  é qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro;  $w_i$  é o peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade.

Os valores do IQA foram classificados em faixas para o Mato Grosso que são: 91-100 a água é considerada ótima, de 71-90 boa, de 51-70 razoável, de 26-50 ruim e de 0-25 péssima.

#### *Índice de Estado Trófico (IET<sub>P</sub>)*

O IET<sub>P</sub> classifica diferentes graus de trofia nos corpos hídricos. O IET<sub>P</sub> foi determinado a partir dos resultados de fósforo, conforme método para ambientes lóticos descrito por Lamparelli (2004), apresentado na Equação 2.

$$IET_P = 10 \times \left[ 6 - \left( \frac{0,42 - 0,36 \times \ln(P)}{\ln 2} \right) \right] - 20 \quad \text{Equação (2)}$$

Onde, P é o fósforo total expresso em µg/L; ln é o logaritmo natural.

O IET<sub>P</sub> determinado a partir do valor obtido no cálculo é classificado em estados de eutrofização, ultraoligotrófico (IET<sub>P</sub> ≤ 47), oligotrófico (47 < IET<sub>P</sub> = 52), mesotrófico (52 < IET<sub>P</sub> = 59), eutrófico (59 < IET<sub>P</sub> = 63), supereutrófico (63 < IET<sub>P</sub> = 67) e hipereutrófico (IET<sub>P</sub> > 67).

### *Análises estatísticas*

Os resultados das variáveis analisadas foram avaliados em uma variação espacial e temporal, e comparados com a resolução 357/2005 Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que aborda a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

A qualidade da água obtida pelos índices IQA e IET<sub>P</sub> foi correlacionada com a proporção das classes de agricultura, pastagem e vegetação nativa, a fim de verificar os efeitos dessas classes na qualidade da água. Verificou-se a normalidade dos dados, em seguida aplicou-se correlação de Spearman, com um nível de significância de 95%, através do software R Studio.

Foi aplicado teste de Scott-Knott, com 95% de significância, através do software ActionStat, com intuito de verificar diferenças entre a qualidade da água ao longo de toda bacia hidrográfica, a fim de certificar-se das diferenças estatísticas entre os pontos, como também entre os períodos de seca e de chuva, influenciados pelo uso e ocupação da terra.

Para as variáveis que houve falha no equipamento ou na análise, e para os pontos que ficaram com resultados ausentes em alguns meses devido a dificuldades de acesso, utilizou-se a média do período.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Uso e ocupação da terra*

A distribuição do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Branco está apresentada na Figura 2.

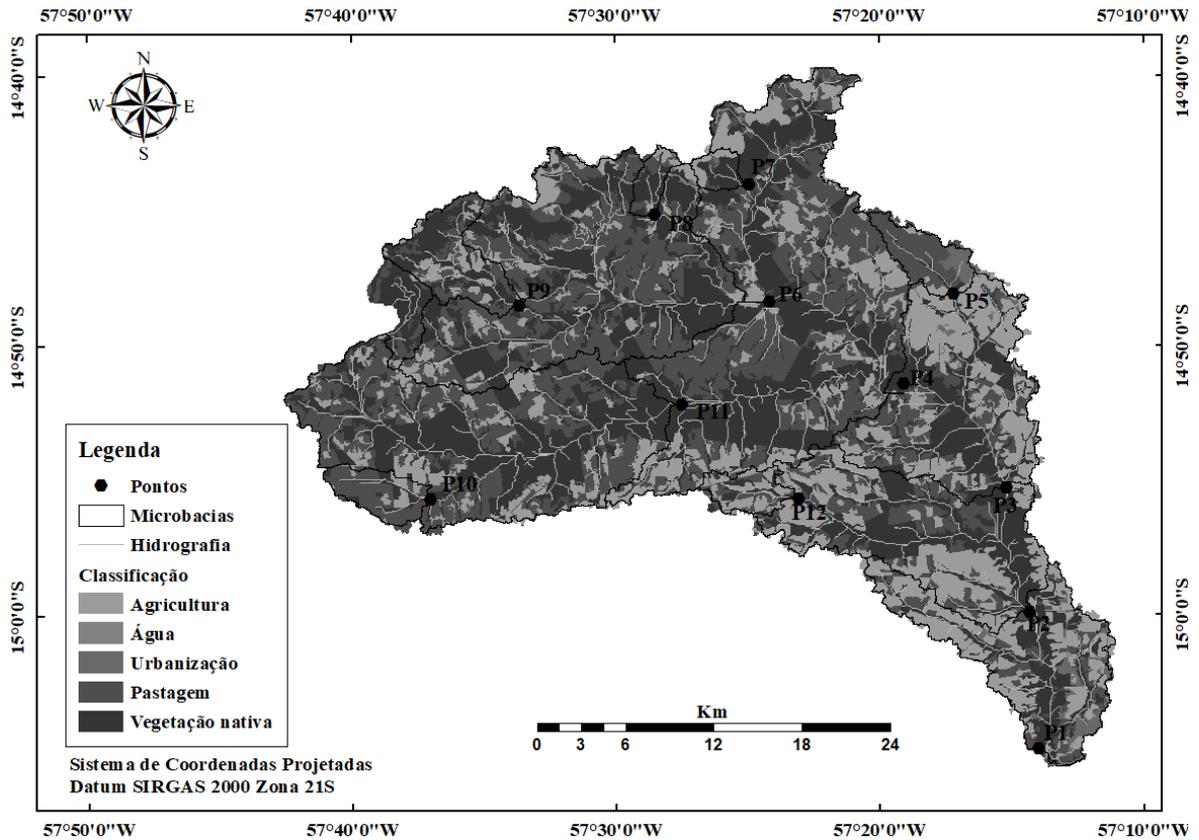


Figura 2: Classificação do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Branco e microbacias dos pontos analisados.

A classificação indicou 40,26% do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Branco/MT, caracterizada por vegetação nativa, englobando áreas de preservação permanente e de reserva legal, seguido de 34,40% de áreas destinadas a pastagens. A área agrícola ocupa 24,00% da área total da bacia. Para a área urbanizada, englobando pequenos vilarejos, instalações agrícolas e industriais, há uma ocupação de 1,18% do território total. A porcentagem de água encontrada foi pequena, de apenas 0,16% da área total da bacia.

Apesar de apresentar grande representatividade, foi possível observar que as áreas de florestas se encontram afetadas por ações antrópicas, com vegetação raleada, intervenções nas bordas e áreas de clareiras desmatadas próximo às margens dos cursos d'água, destinadas ao uso rural.

Na bacia do rio Branco/MT, o uso e ocupação da terra para fins econômicos é predominante da agropecuária, com destaque para o monocultivo de cana-de-açúcar decorrente da presença de duas usinas sucroalcooleiras na região. Verificou-se que estes usos são desenvolvidos muito próximos aos cursos d'água, os quais podem

influenciar a qualidade da água (ALBERTONI et al., 2017; PONTES et al., 2012; PINTO et al., 2012; BERKA et al., 2001).

Os valores correspondentes às classes de uso e ocupação da terra predominantes em cada microbacia dos pontos está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação do uso e cobertura da terra nas microbacias dos pontos analisados.

Pontos	Classes									
	Água		Agricultura		Pastagem		Urbanização		Vegetação nativa	
	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>
P1	0,16	1,91	23,83	285,86	34,47	413,48	1,13	13,56	40,40	484,55
P2	0,00	1,76	22,12	244,60	36,01	398,23	0,60	6,63	41,11	454,70
P3	0,18	1,76	19,72	189,78	37,98	365,48	0,67	6,43	41,11	398,72
P4	0,22	1,76	16,22	131,31	40,05	324,16	0,24	1,92	43,27	350,26
P5	0,00	0,00	9,07	1,85	69,05	14,08	15,84	3,23	6,03	1,23
P6	0,28	0,73	13,35	35,73	42,51	113,80	0,35	0,95	43,52	116,49
P7	0,00	0,00	31,68	2,37	9,09	0,68	2,67	0,20	56,55	4,23
P8	1,27	0,11	16,34	1,42	26,12	2,27	1,84	0,16	54,43	4,73
P9	0,00	0,00	21,21	7,80	32,12	11,81	0,05	0,02	46,61	17,14
P10	0,00	0,00	14,14	2,57	66,59	12,10	0,00	0,00	19,26	3,50
P11	0,00	0,00	14,72	33,29	41,06	92,88	0,03	0,07	44,19	99,94
P12	0,00	0,00	49,57	6,92	28,1	3,94	1,43	0,20	20,90	2,93
Bacia R.B.	0,16	1,99	24,00	296,81	34,40	425,31	1,18	14,58	40,26	497,81

Conforme a Tabela 1, pode-se observar que no ponto P8 há lagos, barragens e lagoas, possibilitando sua observação pelas imagens de satélite. O ponto que possui maior uso e ocupação da terra por atividades agrícolas é o ponto P12, com pouco menos da metade de sua área ocupada. Quanto a pastagens, houve predominância desta classe de uso e ocupação nos pontos P5, com 69,05%, e P10, com 66,59%, caracterizando os maiores valores encontrados na bacia do rio Branco/MT. O ponto P5 também possui maior área urbanizada dentre todos os pontos estudados, esse resultado se deu por localizar-se próximo a zona urbana do município de Nova Olímpia (MT). Quanto ao uso e ocupação da terra destinado a florestas e vegetação nativa destaca-se os pontos P7 e P8, por conterem mais da metade de sua área total reservada a florestas, no entanto esse valor elevado se deu pelos pontos localizarem-se próximo à Serra Tapirapuã, próximo a Tangará da Serra (MT), uma região de elevada declividade, em que se torna inviável a instalação de atividades econômicas como agricultura e pecuária.

### Variação sazonal e temporal das variáveis de qualidade da água

A estatística descritiva dos parâmetros analisados e os limites estabelecidos pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente para águas de Classe 1, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas e do teste estatístico.

Pontos	Períodos	Variáveis									
		OD	DBO	STD	Du (mg·L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P <sup>NS</sup>	pH	Temp. (°C)	Tu <sup>NS</sup> (UNT)	C. Term. <sup>NS</sup> NMP/100mL
P1	Seca	5,09b	0,93b	86,60c	32,00b	0,17c	0,13	6,84b	22,30b	90,50	453,40
	Chuva	5,59a	1,91a	58,00c	7,00b	0,46a	0,16	6,91b	27,00a	108,16	353,57
P2	Seca	5,39b	0,67b	69,00c	29,58b	0,16c	0,12	7,43a	21,80b	107,69	275,52
	Chuva	5,75a	1,61a	88,00c	7,31b	0,44a	0,16	6,71b	26,74a	68,97	465,45
P3	Seca	5,17b	0,89b	88,00c	29,98b	0,17c	0,12	7,28a	21,60b	91,69	263,32
	Chuva	5,71a	1,57a	94,86c	7,64b	0,46a	0,16	6,74b	27,02a	68,57	276,02
P4	Seca	4,86b	1,03b	60,20c	37,76b	0,20b	0,12	7,41a	22,80b	41,61	447,24
	Chuva	6,56a	1,28a	134,86b	6,33b	0,37a	0,12	7,32a	26,86a	231,61	276,86
P5	Seca	4,95b	0,94b	59,00c	30,01b	0,16c	0,12	7,31a	21,80b	94,52	345,32
	Chuva	5,86a	1,30a	91,29c	6,89b	0,50a	0,12	7,33a	26,21a	74,45	233,63
P6	Seca	5,02b	1,01b	45,20c	52,33b	0,14c	0,13	7,24a	21,00b	83,92	447,16
	Chuva	6,06a	1,45a	122,86b	8,00b	0,51a	0,13	7,37a	25,86a	80,25	375,14
P7	Seca	5,01b	0,96b	71,80c	236,64a	0,07c	0,16	7,59a	21,40b	13,77	303,60
	Chuva	6,27a	1,15b	65,14c	18,89b	0,09c	0,15	7,62a	25,33a	20,78	384,86
P8	Seca	5,06b	0,97b	39,20c	75,84b	0,09c	0,14	7,44a	20,80b	39,73	278,00
	Chuva	6,09a	1,64a	85,14c	11,67b	0,30b	0,14	7,44a	25,61a	123,79	273,91
P9	Seca	4,36b	0,80b	71,60c	202,51a	0,12c	0,17	7,39a	21,10b	40,58	79,80
	Chuva	6,13a	1,79a	222,43a	19,44b	0,51a	0,19	7,64a	25,86a	353,72	393,57
P10	Seca	4,76b	0,81b	45,20c	11,07b	0,09c	0,14	7,20a	21,70b	24,37	136,20
	Chuva	5,78a	1,48a	79,21c	4,58b	0,27b	0,11	7,08b	26,75a	33,88	228,96
P11	Seca	5,04b	0,78b	34,80c	25,07b	0,14c	0,14	7,01b	21,10b	71,44	541,40
	Chuva	5,83a	1,48a	68,71c	5,11b	0,45a	0,14	6,77b	25,93a	87,99	62,06
P12	Seca	4,45b	0,64b	37,60c	28,44b	0,10c	0,14	6,69b	24,50a	3,09	10,96
	Chuva	5,61a	1,51a	34,29c	5,67b	0,29b	0,14	6,36b	28,43a	9,31	73,97
Média		5,52	1,24	80,24	32,75	0,28	0,14	7,16	24,53	85,73	289,55
Máx.		6,56	1,91	222,43	236,64	0,51	0,19	7,64	28,43	353,72	541,40
Mín.		4,36	0,80	34,29	4,58	0,07	0,11	6,36	20,80	3,09	10,96
Parâm*		>6	<3	<500	-	<10	<0,1	6,0-9,0	-	<40	<200,00

\*CONAMA – Classe 1. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na vertical, não se diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 95% de significância. NS: não significativo.

O OD apresentou concentração média total e mínima abaixo do limite estabelecido pelos padrões pela Resolução 357/05 do CONAMA para águas de Classe 1, contudo a concentração máxima encontrada nos pontos está dentro dos limites. Entre os pontos verificou-se que apenas os pontos P4, P6, P7, P8 e P9, na estação chuvosa encontravam-se com concentrações de oxigênio dissolvido acima de 6 mg·L<sup>-1</sup>. Os pontos P7, P8 e P9 são nascentes, conforme Pinheiro et al. (2014), nascentes, geralmente, são caracterizadas por localizar-se em locais íngremes, e por conter fluxo maior de água corrente, gerando maior turbulência, o que pode contribuir para concentrações maiores de oxigênio dissolvido.

A baixa concentração de OD encontrada na maioria dos pontos estudados pode estar associada a processos de eutrofização, que diminuem a quantidade de oxigênio dissolvido na água (PINTO et al., 2012), cujo cálculo do IET, indicou predominância

de pontos com águas eutrofizadas, que impactam negativamente o ecossistema aquático, diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido no meio, causando a morte de peixes mais sensíveis. Outro fator importante é o lançamento de matéria orgânica em áreas agrícolas e urbanizadas, que contribuem para a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido como demonstrado por Blume et al. (2010). Notou-se que não houve diferença estatística significativa entre os períodos e entre os pontos estudados.

A  $DBO_{5,20}$  apresentou concentrações dentro dos limites indicados para rios de classe 1, em todos os pontos estudados. Portanto, toda a bacia do rio Branco/MT apresenta-se de acordo com as necessidades respiratórias da população microbiológica para a correta decomposição de matéria orgânica. Verificou-se que a presente variável possui diferença estatística significativa entre os períodos do ano em quase todos os pontos, com valores ligeiramente elevados no período chuvoso, com exceção do ponto P7, que demonstrou concentrações estatisticamente iguais em ambos períodos. Resultado diferente foi observado no estudo de Barros et al (2011) na sub-bacia do córrego André em Mirassol D'Oeste (MT), cujos valores de  $DBO$  foram maiores na estação seca, apresentando-se fora do limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, provavelmente associado a ações antrópicas, como lançamento de esgoto doméstico e proximidade da área urbana e de um tanque de piscicultura. Os valores baixos encontrados na bacia evidenciam a conservação da mata ciliar nos arredores, cuja carga de organismos aquáticos possibilita a decomposição da matéria orgânica presente.

A análise de sólidos totais na bacia do rio Branco apresentou média de  $80,24 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , em que todos os pontos analisados se apresentaram dentro do limite exigido para água de Classe 1. A análise estatística indicou que o ponto P9, no período de chuva, é significativamente diferente de todos os demais, apresentando maior concentração de sólidos. Esse ponto é caracterizado por ser uma nascente, com um curso d'água estreito, muito abaixo no nível da estrada, demonstrando sofrer processos erosivos, com grande quantidade de áreas destinadas a pastagens e atividades agrícolas, as quais podem colaborar para o aumento da quantidade de sólidos transportados, por meio de erosão e redução da vegetação natural (MENEZES et al., 2009). Os pontos P4 e P6, no período de chuva, foram diferentes dos demais, contudo iguais entre si. Estes pontos possuem maior uso e ocupação de pastagens, o que pode ter interferido na elevação dos valores de sólidos, por meio do pisoteio do

gado e por processos erosivos. O estudo de Pinto et al. (2012) em nascentes evidenciou maiores valores de sólidos em nascentes com pastagens, decorrente do avançado estágio erosivo.

A análise de dureza na água do rio Branco/MT apresentou concentração média de  $32,75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , com um máximo de  $236,64$  e mínimo de  $4,58 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Este parâmetro não possui limites estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA, contudo a Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde estabelece que para águas de abastecimento público a dureza deve ser inferior a  $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Sendo assim, em todos os pontos estudados, independente do período, a água encontra-se dentro das normas. As águas do rio Branco/MT podem ser classificadas nos pontos P7 e P9, na seca como duras ( $150$  a  $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), no ponto P8, na seca, como água moderadamente dura ( $61$  a  $150 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), e nos demais pontos, em ambos períodos, é classificada como água mole ( $0$  a  $60 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Em estudo realizado por Queiroz e Oliveira (2018) na comunidade quilombola Vão Grande (MT), verificaram águas classificadas como moles até águas moderadamente duras, dentro dos valores indicados pelo Ministério da Saúde.

Todos os resultados referentes ao nitrato estiveram em conformidade com os limites recomendados. O teste estatístico indicou o período chuvoso com maiores médias, com diferenças significativas entre as estações em quase todos os pontos, com exceção o ponto P7, que não apresentou diferença entre o período seco e chuvoso, o qual caracteriza-se como uma pequena nascente, onde a diferença sazonal não deve interferir em sua qualidade natural. O maior valor encontrado de nitrato na água foi no ponto P9, na estação chuvosa, o qual está localizado próximo a uma nascente na Serra Tapirapuã, com extensa área de vegetação nativa e pastagens, e uma porção significativa de área agrícola. Portanto, o aumento dos nutrientes, principalmente na estação chuvosa, pode estar relacionado com a influência de atividades antrópicas, através de erosão e lixiviação do solo dessas áreas, contribuindo para elevação de poluentes no rio Branco/MT (LUCAS et al., 2010). O estudo de Berka et al. (2001) na bacia hidrográfica do rio Sumas, localizada no estado de Washington (EUA) e na província Colúmbia Britânica (CAN), encontrou relação positiva entre o aumento de nitrato na água e a estação chuvosa em uma área com intensa atividade agrícola, relacionando os aumentos com os processos de escoamento e lixiviação do solo com insumos agrícolas. Enquanto os menores valores encontrados foram no ponto P7 (nascente), cuja localização está dentro de uma área

de pastagem, em que os animais a utilizam para a sua dessedentação. Contudo, pode-se associar a baixa concentração de nutrientes com o fato de ser uma nascente, na qual a poluição pode ainda não afetar de forma acentuada, mesmo com a presença constante de gado os arredores, além da renovação constante do manancial com água virgem proveniente do olho d'água (nascidoiro).

O fosfato inorgânico esteve em todos os pontos acima do limite permitido pela Resolução 357/05 do CONAMA, cujo teste estatístico não evidenciou diferenças entre os pontos e períodos estudados. Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Albertoni et al. (2017), em que todos os pontos analisados apresentaram valores acima do permitido pelo CONAMA, no canal São Gonçalo (RS), sugerindo uma relação entre maior concentração de fósforo com o ambiente de lixiviação. Os maiores valores foram encontrados no ponto P9, no qual predominam áreas agrícolas e de pastagem, em que é possível observar colorações esverdeadas na água, indicando presença de algas. O fósforo é um fator limitante da produtividade em zonas aquáticas, caracterizado por ser o principal causador da eutrofização artificial em rios e lagos. O acúmulo deste nutriente favorece o crescimento de algas e macrófitas aquáticas, que contribuem para o aumento da produção primária, levando a eutrofização (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013). O estudo de Wu et al. (2013) bacia do rio Yangtze, na China, demonstrou que em áreas sem replantio da vegetação obtiveram maiores concentrações de nutrientes, provavelmente relacionadas a poluição advinda do escoamento de insumos agrícolas e a descarga de esgoto, enquanto após o replantio houve uma diminuição nas concentrações, podendo inferir que a reabilitação da vegetação pode aliviar a contaminação da água.

O pH se manteve próximo da neutralidade, com valores em conformidade com os limites recomendados para águas de Classe 1, seguindo o padrão para águas doces, relatado por Bucci e Oliveira (2014), que destacam a neutralidade deste tipo de água. O estudo realizado por Barros et al. (2011), em Mirassol d'Oeste (MT) também apresentou pH próximo da neutralidade, em concordância com os limites do CONAMA. Contudo o estudo de Andrietti et al. (2016) no rio Caiabi, em Vera (MT), apresentou um pH de 5,18, indicando uma acidez moderada da água. Esses resultados revelam a variabilidade espacial dessa variável validando a importância do presente estudo para a bacia do rio Branco.

O teste estatístico para o pH indicou que os pontos P1, P11 e P12 são diferentes dos demais e iguais entre si. O mesmo foi observado nos pontos P2, P3, e

P10, no período chuvoso, sendo diferentes dos demais pontos e iguais entre si, apresentando médias menores. Este declínio pode estar associado com a influência da água da chuva, pois, conforme Esteves (1998), em ecossistemas aquáticos continentais as águas da chuva, normalmente, são ácidas, provocando a diminuição do pH nas águas dos rios. A diminuição do pH na estação chuvosa também foi observada no estudo de Bucci e Oliveira (2014), na represa João Penido em Juiz de Fora (MG), os autores associaram a diminuição aos eventos de chuvas ácidas, as interferências de plantas que influenciam no sistema de tamponamento do ecossistema, diminuindo o pH e aos lançamentos inadequados de esgotos no córrego. Todavia, na bacia do rio Branco, os lançamentos de esgotos, embora possam existir, não são significativos, reforçando que a diminuição do pH no período chuvoso pode ter associação com o regime pluviométrico e com a flora aquática, uma vez que algumas nascentes ocorrem em regiões de brejo, com vegetação típica destas áreas, tal como as palmeiras Buriti.

A temperatura da água é reflexo do regime climático natural, influenciando as comunidades aquáticas, as quais possuem exigências definidas de temperaturas máximas e mínimas. Sperling (1995) ainda destacou que a temperatura pode influenciar a respiração dos organismos, a produtividade primária e os processos de decomposição de matéria orgânica. O teste estatístico indicou diferenças significativas entre os períodos, com médias elevadas no período chuvoso na maioria dos pontos, com exceção o ponto P12, que apresentou médias elevadas o ano todo. A temperatura ambiente na bacia do rio Branco/MT variou entre 20,80 °C, na estação seca no ponto P8, e 28,43 °C, na estação chuvosa no ponto P12. Os menores valores de temperatura refletem as condições da vegetação, como observado em visita de campo, e seu conseqüente sombreamento nas margens dos cursos d'água, favorecendo a qualidade da água para a macro e microfauna (PINTO et al., 2012), enquanto os maiores valores podem relacionar-se à ausência de cobertura vegetal, tal como ocorre ponto P12, em que está numa área de monocultivo de cana-de-açúcar (Tabela 1), contendo uma extensa área alagada, ausente de florestas, que recebe incidência direto dos raios solares, possibilitando o aumento da temperatura. A relação entre temperatura e áreas de florestas e vegetação foi observada no estudo de Alves et al. (2012), no rio Arari na Ilha de Marajó (PA), em que as áreas inundáveis e de campos abertos apresentaram temperaturas mais altas que as demais.

A turbidez não apresentou diferença estatística significativa entre os pontos e períodos conforme o teste de Scott-Knott. A média foi de 85,73 UNT, portanto acima do limite para águas doces de Classe 1. Verificou-se que alguns pontos estiveram em concordância com a legislação, durante as estações do ano, sendo eles os pontos P7, com predomínio de áreas de florestas, P10, com predominância do uso e ocupação da terra para pastagens, e P12 com agricultura. Enquanto o ponto P8, com predominância de florestas, manteve-se dentro dos limites de turvação indicados pela Resolução CONAMA 357/05, apenas na estação seca. Os pontos P4, com mais áreas destinadas a pastagens e P9, com mais áreas de florestas, obtiveram médias muito próximas do limite, 41,61 e 40,58 UNT, respectivamente. Pode-se notar que áreas com predomínio de florestas e pastagens possuem baixo impacto nos resultados de turbidez. Bateni et al. (2013) destacaram os efeitos positivos de áreas de pastagens não-fragmentadas e densidade de bordas com a qualidade da água da bacia do rio Zayandehroud, no Irã. Contudo, resultados diferentes foram obtidos no estudo de Pinto et al. (2012) sobre nascentes em Inconfidentes (MG), os quais demonstraram que nascentes localizadas em áreas de pastagens possuem maior turbidez e coliformes, por conta da presença de gado que pisoteiam e defecam nos arredores, impactando a qualidade da água.

Andrietti et al. (2016) destacaram que, durante a estação seca, o abastecimento dos rios é proveniente do escoamento subsuperficial, gerando reduções nas quantidades de sólidos e moléculas poluentes transportadas aos corpos hídricos. Apesar do teste evidenciar igualdades, notou-se valores levemente maiores de turbidez na estação chuvosa. De acordo com Buzelli e Cunha-Santino (2013), o aumento da turbidez geralmente ocorre na estação chuvosa, pois há maior movimentação proveniente de sedimentos, da erosão das margens dos rios decorrente da ausência de vegetação, e também pela presença de galhos, folhas e detritos que são arrastados aos corpos hídricos.

A contaminação por coliformes termotolerantes foi verificada em todos os pontos estudados, superando o limite indicado pela Resolução 357/05 do CONAMA, de 200 NMP/100mL, na maioria dos pontos, com exceção para os pontos P9 e P10 no período seco, P11 no período chuvoso e P12 em ambos períodos. O teste indicou que não há diferença estatística significativa entre os pontos e períodos. Observou-se que, em alguns pontos, as concentrações de coliformes aumentaram na estação chuvosa. Este comportamento pode ser reflexo do escoamento superficial proveniente

das chuvas. De acordo com Barros et al. (2011), o aumento nas concentrações de coliformes está relacionado à contribuição de fezes de animais próximo às margens de corpos hídricos. O ponto que apresentou maior contaminação de coliformes termotolerantes foi o ponto P11, na estação seca, com 541,40 NMP/ml. Este ponto possui predominância do uso e ocupação da terra de florestas, seguido de áreas de pastagens, os quais podem ter contribuído para o valor elevado, por meio de fezes de animais silvestres e gado que foram deslocadas para o leito do rio. Enquanto o ponto com menor contaminação foi o ponto P12, apresentando-se dentro dos limites durante todo o ano.

### *Índice de Estado Trófico e índice de Qualidade da Água*

O Índice de Estado Trófico e o Índice de Qualidade da Água, estão apresentados na Tabela 3, seguidos de sua classificação para cada ponto.

Tabela 3: Resultados IET<sub>P</sub> e IQA em cada ponto avaliado na bacia hidrográfica do rio Branco.

Pontos	IET <sub>P</sub>				IQA			
	Seca	Classif	Chuva	Classif	Seca	Classif	Chuva	Classif
P1	59,15	Eutrófico	60,14	Eutrófico	61	Razoável	57	Razoável
P2	58,84	Mesotrófico	60,35	Eutrófico	57	Razoável	64	Razoável
P3	58,83	Mesotrófico	60,33	Eutrófico	63	Razoável	66	Razoável
P4	58,70	Mesotrófico	58,81	Mesotrófico	65	Razoável	60	Razoável
P5	58,88	Mesotrófico	58,81	Mesotrófico	61	Razoável	67	Razoável
P6	59,22	Eutrófico	59,34	Eutrófico	61	Razoável	65	Razoável
P7	60,14	Eutrófico	59,86	Eutrófico	68	Razoável	71	Boa
P8	59,58	Eutrófico	59,58	Eutrófico	66	Razoável	59	Razoável
P9	60,68	Eutrófico	61,12	Eutrófico	66	Razoável	56	Razoável
P10	59,45	Eutrófico	58,53	Mesotrófico	69	Razoável	71	Boa
P11	59,65	Eutrófico	59,66	Eutrófico	62	Razoável	66	Razoável
P12	59,62	Eutrófico	59,67	Eutrófico	77	Boa	75	Boa

Os resultados da correlação de Spearman com as classes de uso e ocupação da terra predominantes na bacia do rio Branco estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados do teste de correlação de Spearman

		Agricultura	p-valor	Pastagem	p-valor	Vegetação	p-valor
IQA	Seca	0,20	0,54	-0,30	0,34	-0,02	0,95
	Chuva	0,13	0,69	0,03	0,91	-0,15	0,64
IET	Seca	0,36	0,26	-0,54	0,07	<b>0,62</b>	<b>0,03</b>
	Chuva	<b>0,70</b>	<b>0,01</b>	<b>-0,59</b>	<b>0,04</b>	0,31	0,32

É importante ressaltar que esta avaliação considerou apenas a concentração de fósforo total, que reflete o potencial de eutrofização (causa). Para obter-se um

diagnóstico completo do índice de trofia de um corpo d'água é necessário considerar também as concentrações de clorofila *a*, refletindo o efeito do grau de trofia (LAMPARELLI, 2004).

Os dados do índice de estado trófico revelam um ambiente mesotrófico a eutrófico, indicativo de produtividade de nutrientes intermediária a alta, geralmente afetados por atividades antrópicas, com implicações na qualidade da água e seus múltiplos usos. Albertoni et al. (2017) verificaram predominância do estado mesotrófico e eutrófico nas águas do canal São Gonçalo, no estado do Rio Grande do Sul, entre as cidades do Rio Grande e Pelotas. Com base nesse resultado, os autores inferiram que a elevação de nutrientes se deve à lixiviação de insumos utilizados na cultura de arroz para o canal, atividade muito desenvolvida na região. Caso semelhante pode ter ocorrido na bacia do rio Branco, cujas atividades agrícolas são muito desenvolvidas, influenciando as concentrações de nutrientes por conta do uso intensivo de insumos agrícolas.

O teste de correlação Spearman indicou que o  $IET_P$  na chuva possui correlação positiva significativa com áreas com maior proporção de uso e ocupação da terra por agricultura, evidenciando que os processos de lixiviação de insumos agrícolas em decorrência de chuvas podem aumentar as concentrações de fósforo e eutrofizar as águas. Verificou-se também que áreas com maior proporção de vegetação tiveram correlação positiva significativa com o  $IET_P$  na seca, indicando que a vegetação pode estar contribuindo para o aumento do nível trófico na seca por meio da produtividade de nutrientes de plantas localizadas à beira do curso d'água, o qual diminui sua vazão na seca, tornando a quantidade produzida prejudicial. Enquanto as áreas de pastagens apresentaram significativa correlação negativa com o  $IET_P$  no período chuvoso, evidenciando que as áreas de pecuária, apesar de seu impacto ao meio ambiente, podem auxiliar na diminuição do estado trófico no período chuvoso na bacia do rio Branco. Bateni et al. (2013) obtiveram resultado semelhante, indicando que a qualidade da água foi significativamente correlacionada com as proporções e configuração das áreas de pastagem não-fragmentadas.

Os pontos localizados em nascentes (P5, P7, P8, P9, P10 e P12) obtiveram índices diferentes, em que apenas o ponto P5 possui índice mesotrófico durante todo ano, e o P10 caracterizou-se como mesotrófico apenas na estação chuvosa, enquanto os demais pontos de nascentes demonstraram estado eutrófico de suas águas durante todo o ano. Estas áreas possuem vegetação em seus arredores, contudo,

supõe-se que as atividades circunvizinhas possam ter interferido, elevando as concentrações de fósforo, por meio da lixiviação de insumos agrícolas, podendo indicar que as nascentes podem estar degradadas. Resultado semelhante foi observado no estudo de Fia et al. (2015) em que foram encontradas altas concentrações de fósforo (0,02 e 2,82 mg·L<sup>-1</sup>) na nascente do Ribeirão Vermelho, em Lavras (MG), justificado pela interferência antrópica.

O IQA encontrado nos pontos evidenciaram uma qualidade da água de boa a razoável na bacia do rio Branco/MT, variando com o período do ano. Em estudo realizado por Barros et al. (2011), encontraram IQA de 58 a 34 no período de cheia, e 37 a 56 no período de seca do córrego André em Mirassol D'Oeste (MT), classificando a água como ruim a razoável, devido ao aporte de sedimentos e matéria orgânica. Já o estudo realizado por Andrietti et al. (2016) apresentou água de boa qualidade, no período seco e chuvoso, do rio Caiabi em Vera (MT), decorrente da presença de mata ciliar em toda sua extensão e cobertura vegetal. Apesar da bacia do rio Branco conter grandes extensões de áreas ocupadas pela vegetação nativa, predominou o IQA razoável, podendo estar relacionado ao transporte de sedimentos em áreas de pastagens e lixiviação de insumos agrícolas.

O teste de correlação de Spearman indicou que para a bacia do rio Branco o IQA não possui correlação significativa com as classes de uso e ocupação da terra, em ambos os períodos do ano.

A classificação de qualidade de água razoável foi mais observada em ambos períodos, apenas os pontos P7 e P10, no período chuvoso, e P12, em ambos períodos, apresentaram IQA de classificação boa. Estes pontos são nascentes, o que pode ter contribuído para o bom resultado do IQA. Em estudo realizado por Pinto et al. (2012), as nascentes de Inconfidentes (MG), com perturbação (presença de vegetação ciliar em área menor à prevista na Lei nº 4.771/65), apresentaram qualidade ótima, conforme o IQA. Isso ocorreu por conter em seu entorno maior raio de cobertura vegetal do que as demais nascentes, caracterizadas por áreas de agricultura e pecuária.

O IQA representa uma ferramenta imprescindível para o monitoramento e controle da qualidade da água, sendo indispensável para o manejo e planejamento de bacias hidrográficas, de modo a contribuir para a adequação de possíveis usos dos recursos hídricos e a investigar a qualidade ambiental dos recursos hídricos em função das interferências antrópicas.

## CONCLUSÕES

O uso e ocupação na bacia do rio Branco/MT é predominante em vegetação nativa, área de pastagem seguida de área agrícola. A água do rio Branco esteve em conformidade com a Resolução 357/2005 do CONAMA, nas variáveis de DBO, ST e nitrato.

A variável de fosfato manteve-se acima do limite permitido em todos os pontos, indicando a poluição e produtividade de nutriente em toda a bacia. As variáveis de OD, DBO, nitrato e temperatura apresentaram diferença estatística significativa entre as estações, com médias ligeiramente elevadas no período chuvoso.

O estado trófico da bacia do rio Branco/MT é de um ambiente mesotrófico a eutrófico, com produtividade intermediária a alta de nutrientes, comumente indicados por interferências antrópicas que podem gerar implicações nos possíveis usos da água. O uso e ocupação da terra agrícola na estação chuvosa e de vegetação na estação seca apresentaram correlação positiva significativa com o IET, indicando que estes usos e ocupações influenciam o aumento do nível do estado trófico na bacia do rio Branco. O IQA indicou qualidade da água razoável a boa, cujo o uso e ocupação da terra não possui correlação significativa.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT (Edital 041/2016). Agradecemos o apoio da equipe do Laboratório de Qualidade de Água da Universidade do Estado de Mato Grosso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C.; TRINDADE, C. R.; FURLANETTO, L. M. Water quality of the São Gonçalo channel, urban and agricultural water supply in southern Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 22, n. 2, 2017.

ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazônica**, v. 42, n. 1, p. 115 – 124, 2012.

ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil). Portal da qualidade das águas. Indicadores de qualidade. **Índice de qualidade das águas (IQA)**. 2018. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 01 mar. 2018.

ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G.; ALMEIDA, F. T.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R. M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 1 p. 162-175, 2016.

American Public Health Association - APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. Washington DC: APHA, 2005.

BARROS, R. V. G.; SOUZA, H. M. L.; SOUZA, C. A. Determinação do índice de qualidade da água (IQA) na sub-bacia do Córrego André em Mirassol D' oeste, Mato Grosso. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 138 -153, 2011.

BATENI, F.; FAKHERAN, S.; SOFFIANIAN, A. Assessment of land cover changes & water quality changes in the Zayandehroud River Basin between 1997–2008. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, p. 10511–10519, 2013.

BERKA, C.; SCHREIER, H.; HALL, H. Linking water quality with agricultural intensification in a rural watershed. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 127, p. 389–401, 2001.

BLUME, K.K.; MACEDO, J.C.; MENEGUZZI, A.; SILVA, L.B.; QUEVEDO, D.M.; RODRIGUES, M.A.S. Water quality assessment of the Sinos river, southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.70, n.4, p.1185-1193, 2010.

BUCCI, M. H. S.; OLIVEIRA, L. F. C. Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Revista Ambiente e Água**, v. 9 n. 1, p. 130 -148, 2014.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n.1, p. 186-205, 2013.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**. CETESB São Paulo: CETESB, 2013. 370 p.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; ANA, Agência Nacional de Águas. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). **Resolução CONAMA nº 357, 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.

ESTEVEZ F. de A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FIA, R.; MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; RAMIREZ, O. P. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 4, n. 1, p. 132-141, 2009.

FIA, R.; TADEU, H. C.; MENEZES, J. P. C.; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L. F. C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, p. 267 – 275, 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas temáticos: uso e da terra**, 2016. Disponível em <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/uso\\_da\\_terra/unidades\\_federacao/mt\\_uso.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/uso_da_terra/unidades_federacao/mt_uso.pdf)> Acesso em 26 fev. 2018.

LAMPARELI, M. C. (2004). **Graus de trofia em corpos de água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 207 f. Tese (Doutorado em Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LUCAS, A. A. T.; FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, S. N. Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 937–943, 2010.

MENEZES, M. D.; CURI, N.; MARQUES, J. J.; MELLO, C. R.; ARAÚJO, A. R. Levantamento pedológico e sistema de informações geográficas na avaliação do uso das terras em sub-bacia hidrográfica de Minas Gerais. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1544-1553, 2009.

MOREIRA, J. C.; PERES, F.; SIMÕES, A. C.; PIGNATI, W. A.; DORES, E. C.; VIEIRA, S. N.; STRÜSSMANN, C.; MOTT, T. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1557-1568, 2012.

Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instrução Normativa Nº 62**, de 29 de Dezembro de 2011. Brasil: DOU, 2011.

PESSOA, S. P. M.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S. Mapeamento do uso e ocupação da floresta aluvial no rio Paraguai - Barra do Bugres/Mato Grosso. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 66, v. 6, p. 1295-1303, 2014.

PIGNATI, W.; OLIVEIRA, N. P.; SILVA, A. M. C. Vigilância aos agrotóxicos: quantificação do uso e previsão de impactos na saúde-trabalho-ambiente para os municípios brasileiros. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 12, p. 4669-4678, 2014.

PINHEIRO, A.; SCHOEN, C.; SCHULTZ, J.; HEINZ, K. G. H.; PINHEIRO, I. G.; DESCHAMPS, F. C. Relação entre o uso do solo e a qualidade da água em bacia hidrográfica rural no bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19 n. 3, 127-139, 2014.

PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N.; BALIEIRO, K. R. C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Revista Cerne**, v. 18, n. 3, p. 495-505, 2012.

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo – Contagem. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 183-194, 2012.

QUEIROZ, T. M.; OLIVEIRA, L. C. P. Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 173-180, 2018.

RAMOS, H. C.; DALLACORT, R.; NEVES, S. M. A. S.; DALCHIAVON, F. C.; SANTI, A.; VIEIRA, F. F. Precipitação e temperatura do ar para o estado de Mato Grosso utilizando krigagem ordinária. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, n. 1, p. 211-233, 2017.

RStudio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA.

SPERLING, M. von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG/DESA, 1995. v. 1, 246 p.

WU, J.; CHENG, S.; LI, Z.; GUO, W.; ZHONG, F.; YIN, D. Case study on rehabilitation of a polluted urban water body in Yangtze River Basin. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, p. 7038–7045, 2013.

### **ARTIGO 3: Qualidade da água da bacia do rio Branco para irrigação no sudoeste mato-grossense: região de expansão do agronegócio**

[Revista AgriAmbi]

#### **Resumo**

O estudo teve como objetivo caracterizar e avaliar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Branco por meio de diretrizes de uso na irrigação, considerando aspectos de salinidade, sodicidade, toxicidade e risco de redução de infiltração. As coletas de água foram realizadas mensalmente, de outubro de 2017 a setembro de 2018, em doze pontos distribuídos ao longo da bacia. Foram analisadas variáveis físico-químicas e microbiológicas: temperatura, potencial hidrogeniônico, sólidos totais, turbidez, condutividade elétrica, sódio, potássio, cálcio, magnésio, bicarbonatos, cloretos, coliformes totais e termotolerantes. Os resultados revelaram águas em conformidade para uso na irrigação, com restrição de uso para as variáveis de turbidez, potencial hidrogeniônico e coliformes termotolerantes. A classificação do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos indicou todos os pontos com águas de risco nulo de salinidade e risco baixo de sodicidade. A classificação da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, constatou ausência de restrição de uso quanto à salinidade e toxicidade, contudo todos os pontos analisados apresentaram grau de restrição severa quanto ao risco de redução da infiltração.

**Palavras-chave:** RAS; salinidade; sodicidade; risco de infiltração; toxicidade

#### **Abstract**

This study aimed to characterize and evaluate the water quality of Rio Branco river basin through irrigation use guidelines, considering aspects of salinity, sodicity, toxicity and risk of infiltration reduction. The water collections were carried out monthly, from October 2017 to September 2018, in twelve spots distributed along the basin. Physicochemical and microbiological variables were analyzed: temperature, hydrogenation potential, total solids, turbidity, electrical conductivity, sodium, potassium, calcium, magnesium, bicarbonates, chlorides, total coliforms and thermotolerants. The results showed water in accordance for use in irrigation, with use restriction to the variables of turbidity, hydrogenation potential and thermotolerant coliforms. The classification of United States Salinity Laboratory indicated all spots with water of zero risk of salinity and low risk of sodicity. The Food and Agriculture Organization of the United Nations classification found no restriction on salinity and toxicity, but all spots analyzed showed a severe restriction regarding to the risk of reduction of infiltration.

**Key words:** RAS; salinity; sodicity; risk of infiltration; toxicity.

#### **INTRODUÇÃO**

No Brasil são diversificados os usos múltiplos dos recursos hídricos, cuja intensidade de uso está associada com o desenvolvimento agrícola, social e industrial (TUNDISI, 2014). No país, a maior demanda de água, em porcentagem do volume total consumido, é a irrigação com cerca de 70% (ROCHA et al., 2011). O estado de Mato Grosso é destaque no agronegócio brasileiro, com forte representação no PIB e

nas exportações do país, com maior expressividade na agricultura, principalmente na produção de grãos (MARINHO et al., 2016).

A agricultura irrigada depende de dois aspectos muito importantes: a quantidade e a qualidade da água disponível. Contudo, o aspecto da qualidade da água por vezes é desprezado, pois no passado os corpos hídricos eram abundantes e em boas condições de qualidade. Portanto, a qualidade da água para uso na irrigação deve ser determinada como um critério para o estabelecimento dos seus possíveis usos, a fim de manter a segurança da população consumidora, dos cultivos e do solo (MUNIZ et al., 2011).

A mesorregião sudoeste de Mato Grosso possui águas que não são indicadas para irrigação, pois proporcionam riscos de sodicidade, toxicidade e alteração da capacidade de infiltração de água no solo, como o caso de mananciais superficiais que atendem as comunidades Baixius e Morro Redondo, no município de Barra do Bugres, e as áreas de contribuição dos rios Sepotuba, Juba e do ribeirão Tarumã, localizados no Assentamento Antônio Conselheiro, nos municípios de Barra do Bugres, Nova Olímpia e Tangará da Serra (QUEIROZ et al., 2018; SILVA, 2016).

A bacia do rio Branco está localizada no estado de Mato Grosso, nos municípios de Barra do Bugres e Nova Olímpia. Ambas cidades possuem usinas sucroalcooleiras que impulsionaram o monocultivo de cana-de-açúcar na região, ocupando extensas áreas na bacia, estando presentes também grandes áreas de pastagens. As áreas destinadas ao cultivo de cana-de-açúcar e outras culturas possuem potencial de melhorias através do uso da água do rio Branco para irrigação, promovendo melhoria nas produtividades de calmos e de açúcar, elevação da qualidade do produto e a independência de chuvas, como comprovado nos estudos de Gava et al. (2011), Oliveira et al. (2011) e Dalri et al. (2008). Quanto as áreas destinadas a pastagens podem ser substituídas por cultivos anuais, como feijão e milho, e também ser beneficiado por meio do uso da água do rio Branco para irrigação.

A irrigação possui benefícios incontestáveis, contudo sua utilização pode causar impactos negativos ao meio ambiente, à qualidade do solo e da água. Portanto, para a sua correta implementação é indispensável a avaliação da qualidade da água, contemplando características físicas, químicas e biológicas capazes de definir e adequarem sua utilização (SILVA et al., 2014). Sendo assim, reconhece-se que atualmente é imprescindível a análise da qualidade da água destinada à irrigação, principalmente em regiões com baixo índice pluviométrico, distribuição irregular de

chuvas durante o ano e intensa evapotranspiração (SILVA et al., 2011; SOUSA et al., 2014).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar e avaliar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Branco por meio de diretrizes de uso na irrigação, considerando aspectos de salinidade, sodicidade, toxicidade e risco de infiltração.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Branco/MT, localizada nos municípios de Barra do Bugres e Nova Olímpia no estado de Mato Grosso, como pode ser observado na Figura 1. Localizada à margem direita do Rio Paraguai, a bacia se expande da Serra de Tapirapuã à depressão do Rio Paraguai (CASARIN et al., 2017), estando presente em áreas de expansão do agronegócio.

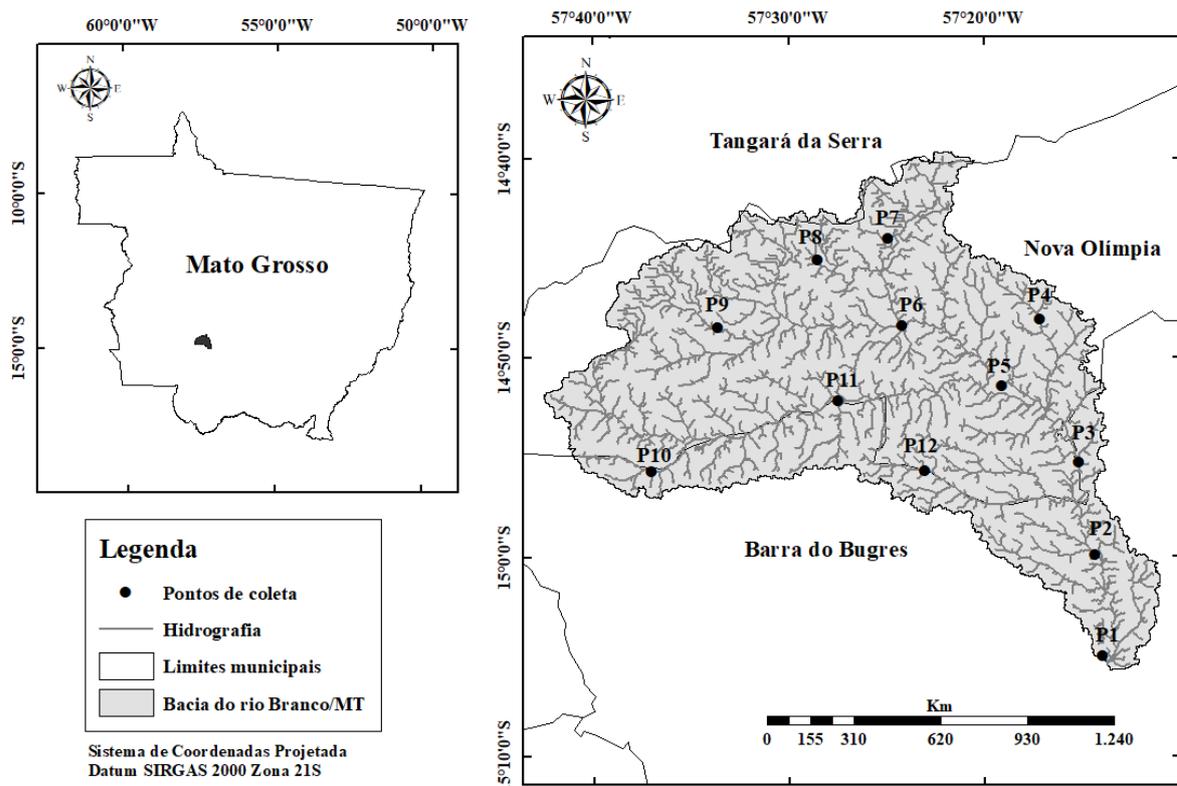


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Branco/MT e dos pontos de coleta.

A região possui clima classificado como Aw (Köppen), tropical úmido megatérmico, também chamado de quente subúmido, contendo duas estações definidas, a estação seca, compreendendo os meses de maio a setembro, e a estação

chuvosa, compreende os meses de outubro a abril (DALLACORT et al., 2011). A precipitação média anual normal do estado varia entre 1.200 mm e 2.200 mm, com temperatura média anual variando entre 22 e 27,6 °C (RAMOS et al., 2017).

#### *Coleta e Análises físico-químicas*

As amostras foram coletadas em 12 pontos distribuídos na bacia, incluindo nascentes, foz e decorrer dos cursos d'água principais (Figura 1), durante 12 meses. Para a coleta utilizou-se garrafa de polietileno de 1 litro, previamente ambientada por meio da tríplice lavagem, imersa a 20 cm em cursos d'água correntes. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Qualidade de Água (LaQuA) da Universidade do Estado de Mato Grosso, campus de Barra do Bugres, para a realização das análises físicas, químicas e biológicas, como proposto por Almeida (2010). Analisou-se: temperatura (Temp.), medido com termômetro de mercúrio no momento da coleta; potencial hidrogeniônico (pH), por meio do equipamento multiparâmetro Hanna HI9811-5; condutividade elétrica (CE) através do condutivímetro Digimed DM-31; turbidez (Tu), pelo turbidímetro Hanna HI93102; sólidos totais (ST), conforme o método gravimétrico; cloretos (Cl), cálcio (Ca), magnésio (Mg), bicarbonatos (Bi) através do método titulométrico; sódio (Na) e potássio (K) através da espectrofotometria de emissão em chama; coliformes totais (Colif. T.) e coliformes fecais (Colif. F.), pelo método dos tubos múltiplos. Todos os equipamentos utilizados foram devidamente calibrados antes da realização da análise, conforme orientação do fabricante. As metodologias de análises físico-químicas seguiram as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), enquanto as análises microbiológicas seguiram as recomendações da Normativa 62 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (BRASIL, 2011).

#### *Análise dos resultados*

Os resultados das análises laboratoriais foram avaliados pelo teste de Scott-Knott, com 95% de significância, através do software Action Stat, a fim de verificar as diferenças entre pontos e entre estações.

Foi determinada a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) por meio da Equação 1, no qual obtém-se um índice que indica a proporção relativa em que se encontra o

sódio em relação com o cálcio e magnésio, que competem por lugares de intercâmbio no solo, podendo ocasionar perda de sua estrutura e permeabilidade (ALMEIDA, 2010).

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que: RAS é a relação de adsorção de sódio em  $(\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1})^{1/2}$ , Na é a concentração de sódio em  $\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ , Ca é a concentração de cálcio em  $\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ , e Mg a concentração de magnésio em  $\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ .

Dentre os diversos modelos de classificação de água para irrigação destacam-se duas: a classificação do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (USSL), segundo Richards (1993) e a classificação da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), segundo Ayers e Westcot (1987). Os resultados obtidos foram analisados observando a variabilidade espacial e temporal.

A classificação do USSL divide em quatro classes de salinidade quanto à condutividade elétrica (C1 a C4), e quatro classes quanto à sodicidade pelo cálculo da RAS (S1 a S4), conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Classificação do USSL de água para irrigação.

<b>Salinidade</b>		
<b>Classes</b>		<b>Valor CE (<math>\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}</math>)</b>
C0	Nulo	> 250
C1	Baixa	$\leq 250$
C2	Média	251 a 750
C3	Alta	751 a 2250
C4	Muito alta	2251 a 5000
<b>Sodicidade</b>		
<b>Classes</b>		<b>Valor RAS</b>
S1	Baixa	$\leq 10$
S2	Média	11 a 18
S3	Alta	19 a 26
S4	Muito alta	$\geq 27$

Fonte: Richards (1954).

A classificação da FAO baseia-se na salinidade conforme valores de condutividade elétrica, a qual considera a quantidade total de sais dissolvidos na água (Quadro 2), o risco de redução da infiltração conforme valores de condutividade elétrica e a relação de absorção de sódio (RAS) e toxicidade conforme valores de sódio, boro e cloro, classificando o uso da água em nenhuma restrição, ligeira a moderada restrição, e restrição severa conforme o tipo de irrigação. Para o presente estudo utilizou-se apenas as concentrações de sódio e cloro para determinação do risco de toxicidade.

Quadro 2: Classificação da FAO de águas para irrigação.

Problema potencial	Unidade	Grau de restrição de uso		
		Nenhum	Ligeiro a moderado	Severo
<b>Salinidade</b>				
CE	dS·m <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7 – 0,3	> 3,0
<b>Infiltração</b>				
RAS= 0-3 e CE=	dS·m <sup>-1</sup>	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
RAS= 3-6 e CE=	dS·m <sup>-1</sup>	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
RAS= 6-12 e CE=	dS·m <sup>-1</sup>	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
RAS= 12-20 e CE=	dS·m <sup>-1</sup>	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
RAS= 20-40 e CE=	dS·m <sup>-1</sup>	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
<b>Toxicidade</b>				
<b>Sódio</b>				
Irrigação por superfície	meq·L <sup>-1</sup>	< 3	3 – 9	> 9
Irrigação por aspersão	meq·L <sup>-1</sup>	< 3	> 3	
<b>Cloro</b>				
Irrigação por superfície	meq·L <sup>-1</sup>	< 4	4,0 – 10,0	> 10
Irrigação por aspersão	meq·L <sup>-1</sup>	< 3	> 3	

Fonte: Ayers e Westcot (1987).

Foi gerado o diagrama de Piper através do software QualiGraf, para verificação da classificação e comparação quanto aos íons dominantes na água da bacia do rio Branco. Para tanto, foram utilizadas as concentrações de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, bicarbonatos e carbonatos, contudo a concentração de carbonatos na água é nula.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físico-químicas estão apresentados na Tabela 1. Para temperatura da água foi possível observar que houve diferenças estatísticas significativas entre os períodos do ano, com exceção o ponto P12, demonstrando que a temperatura varia conforme as estações do ano.

Tabela 1: Resultados parciais das análises físico-químicas.

Pontos	Período s	Tem. °C	pH -	CE dS·m <sup>-1</sup>	Variáveis								
					Tu <sup>NS</sup> UNT	STD (mg·L <sup>-1</sup> )	Cl	Ca	Mg	Bi	Na	K	RAS (mmol <sub>c</sub> ·L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>
P1	Seca	22,30b	6,84b	0,02d	90,50	86,60c	0,09a	0,14b	0,50b	0,11d	0,05c	0,03a	0,08b
	Chuva	27,00a	6,91b	0,03d	108,16	58,00c	0,09a	0,06b	0,13b	0,16c	0,01d	0,01c	0,02c
P2	Seca	21,80b	7,43a	0,02d	107,69	69,00c	0,09a	0,20b	0,39b	0,09d	0,04c	0,02b	0,07b
	Chuva	26,74a	6,71b	0,03c	68,97	88,00c	0,09a	0,09b	0,09b	0,17c	0,00d	0,00c	0,01c
P3	Seca	21,60b	7,28a	0,02d	91,69	88,00c	0,10a	0,23b	0,37b	0,10d	0,04c	0,03b	0,06b
	Chuva	27,02a	6,74b	0,04c	68,57	94,86c	0,13a	0,09b	0,09b	0,20c	0,01d	0,01c	0,04b
P4	Seca	22,80b	7,41a	0,04c	41,61	60,20c	0,11a	0,36b	0,39b	0,15c	0,15a	0,02b	0,24a
	Chuva	26,86a	7,32a	0,04c	231,61	134,86b	0,10a	0,07b	0,12b	0,17c	0,01d	0,00c	0,05b
P5	Seca	21,80b	7,31a	0,02d	94,52	59,00c	0,07b	0,21b	0,39b	0,12d	0,03c	0,02b	0,05b
	Chuva	26,21a	7,33a	0,03d	74,45	91,29c	0,06b	0,05b	0,11b	0,14c	0,00d	0,01c	0,02c
P6	Seca	21,00b	7,24a	0,03d	83,92	45,20c	0,07b	0,35b	0,70b	0,18c	0,03c	0,02b	0,04b
	Chuva	25,86a	7,37a	0,03c	80,25	122,86b	0,06b	0,08b	0,12b	0,19c	0,01d	0,01c	0,02c
P7	Seca	21,40b	7,59a	0,08b	13,77	71,80c	0,07b	2,46a	2,27a	0,50a	0,11b	0,01c	0,06b
	Chuva	25,33a	7,62a	0,04c	20,78	65,14c	0,06b	0,27b	0,17b	0,38b	0,01d	0,00c	0,01c
P8	Seca	20,80b	7,44a	0,03c	39,73	39,20c	0,07b	0,69b	0,83b	0,20c	0,03c	0,01c	0,03c

	Chuva	25,61a	7,44a	0,04c	123,79	85,14c	0,07b	0,12b	0,13b	0,28c	0,01d	0,01c	0,02c
P9	Seca	21,10b	7,39a	0,09a	40,58	71,60c	0,07b	1,98a	2,07a	0,55a	0,07c	0,04a	0,05b
	Chuva	25,86a	7,64a	0,07b	353,72	222,43a	0,06b	0,25b	0,25b	0,41b	0,01d	0,01c	0,02c
P10	Seca	21,70b	7,20a	0,01d	24,37	45,20c	0,07b	0,39b	0,19b	0,06d	0,02d	0,01c	0,05b
	Chuva	26,75a	7,08b	0,01d	33,88	79,21c	0,07b	0,11b	0,10b	0,07d	0,00d	0,00c	0,01c
P11	Seca	21,10b	7,01b	0,01d	71,44	34,80c	0,07b	0,14b	0,37b	0,07d	0,02d	0,01c	0,05b
	Chuva	25,93a	6,77b	0,02d	87,99	68,71c	0,07b	0,06b	0,04b	0,09d	0,00d	0,01c	0,02c
P12	Seca	24,50a	6,69b	0,01d	3,09	37,60c	0,07b	0,15b	0,42b	0,09d	0,01d	0,01c	0,03c
	Chuva	28,43a	6,36b	0,02d	9,31	34,29c	0,07b	0,06b	0,07b	0,08d	0,00d	0,00c	0,02c
Média		24,53	7,16	0,03	85,73	80,24	0,08	0,36	0,43	0,19	0,03	0,01	0,04
Máx.		28,43	7,64	0,09	353,72	222,43	0,13	2,46	2,27	0,55	0,15	0,04	0,24
Mín.		20,80	6,36	0,01	3,09	34,29	0,06	0,06	0,07	0,06	0,00	0,00	0,01

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na vertical, não se diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 95% de significância. NS: não significativo.

A temperatura para irrigação não possui valor definido como limite máximo ou mínimo, contudo Almeida (2010) ressaltou a importância da variação da temperatura nas variáveis físico-químicas, as quais podem afetar a qualidade da água de irrigação, provocando a solubilidade de sais na água, como sua atuação no solo e planta. Deve-se atentar também para aumentos na temperatura da água de irrigação, pois podem provocar aumento na demanda por irrigação e aumento na evapotranspiração das plantas (WRUBLACK et al., 2013). A temperatura manteve-se numa média de 24,53 °C, com máxima de 28,43 °C e mínima de 20,80 °C. Em geral, a água do rio Branco/MT, quanto à temperatura, é apta para ser utilizada na irrigação. Durante o período chuvoso houve um aumento da temperatura, em comparação com período seco, o que pode estar associado ao período chuvoso ocorrer durante o verão na região, estação em que são registradas altas temperaturas.

Conforme Ayers e Westcot (1985), o pH da água para irrigação deve estar entre 6,5 a 8,4. De acordo com esta indicação, apenas o ponto P12, na estação chuvosa, apresentou abaixo do limite indicado. O estudo de Borges et al. (2015), em Goianópolis (GO), também apresentou alguns pontos de coleta com pH da água de irrigação de tomates abaixo do limite indicado. Enquanto o estudo de Silva et al. (2014) encontrou pH próximo do limite na água utilizada para irrigação do milho em Goiânia (GO). Os estudos citados indicam que a água do rio Branco se assemelha a outras fontes já utilizadas para irrigação, demonstrando sua possibilidade de uso para este fim. O teste estatístico também indicou que os pontos P1, P11 e P12, possuem diferenças estatísticas significativas com os demais pontos e semelhanças entre si. Verificou-se diferença significativa entre os períodos do ano para os pontos P2, P3 e P10, indicando que a estação pode interferir no pH da água nestes pontos. Valores de pH entre 6,0 a 9,0 indicam a neutralidade de águas, proporcionando melhores

condições de sobrevivência de organismos aquáticos, sendo que mudanças neste limiar são capazes de interferir nos processos físicos, químicos da água e tornar um risco aos processos biológicos (WRUBLACK et al., 2013). Sendo assim, as águas do rio Branco/MT apresentam-se próximo da neutralidade.

A condutividade elétrica em todos os pontos estudados foi muito baixa, com uma média de  $0,03 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Conforme Ayers e Westcot (1985), águas com condutividade elétrica entre 0 e  $0,70 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  não causam nenhum problema de salinidade. Sendo assim, pode-se compreender que quanto à condutividade elétrica a água da bacia do rio Branco/MT pode ser utilizada para irrigação sem causar problemas de salinidade. Os maiores valores de CE foram observados no ponto P9, nas estações seca ( $0,09 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ), apresentando-se significativamente diferente dos demais, e chuvosa ( $0,07 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ), indicando diferença significativa, juntamente com o ponto P7, na seca. Os pontos acima citados, juntamente com os pontos P2, P3 e P6, apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os períodos do ano. De acordo com Borges et al. (2015), as características do uso e cobertura da terra, como a remoção de vegetação e os processos erosivos causados pelo crescimento desordenado da agricultura, podem favorecer o transporte de sedimentos, como solos (íons e poluentes), por meio do escoamento superficial, e conseqüentemente, o assoreamento de rios, provocando o aumento dos valores de condutividade elétrica.

A turbidez na água da bacia do rio Branco/MT apresentou valores variados, sendo que o maior valor de turbidez foi observado no ponto P9, no período de chuvas, com 353,72 UNT, enquanto o menor valor foi observado no ponto P12, no período de seca, com 3,09 UNT, contudo não apresentaram diferenças significativas entre os períodos e entre os pontos. O ponto P12 localiza-se próximo a uma nascente, portanto infere-se que há menos intervenção antrópica e maior área de vegetação, que pode ter contribuído para obtenção de menores valores de turbidez. Alguns pontos apresentaram valores de turbidez acima do estabelecido pela CONAMA na Resolução 357/2005, para águas de Classe 2, as quais são indicadas para irrigação, de 100 UNT, sendo eles os pontos P2 (seca), P1, P4, P8 e P9 (chuva). Observou-se que durante o período de chuva houve um acréscimo nos valores de turbidez, este pode estar associado a ação da chuva que contribui para o escoamento e processos de erosão do solo. Resultado semelhante foi observado no estudo de Wrublack et al. (2013), o qual obtiveram valores superiores de turbidez ao permitido no período de chuvas nas águas de diversos rios, no município de Salto dos Lontras (PR).

As concentrações de sólidos totais apresentaram o mesmo padrão observado na variável de turbidez, em que houve variabilidade, cujo maior valor também foi observado no ponto P9, na estação chuvosa ( $222,43 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), apresentando diferença estatística significativa entre os demais pontos, enquanto o menor valor foi observado no ponto P12, na estação seca ( $34,29 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Diferenças estatísticas significativas também foram observadas nos pontos P4 e P6, durante o período chuvoso, em que apresentaram-se diferentes dos demais e iguais entre si. Conseqüentemente, os pontos acima citados indicaram diferença significativa entre os períodos estudados, demonstrando que os períodos do ano podem interferir na quantidade de sólidos totais na água. Assim como a turbidez, os aumentos na concentração de sólidos na água, conforme Franco e Hernandez (2009), provavelmente estão associados ao cultivo de pastagens degradadas próximo aos cursos d'água, provocando transporte e deposição de materiais sólidos e detritos orgânicos pelo pisoteamento do gado, e o escoamento superficial, ocasionado geralmente pelas chuvas.

Os valores de sólidos podem relacionar-se com os riscos de danos de entupimento do sistema de irrigação. Por conta disso é importante considerar este parâmetro ao avaliar a qualidade de águas para irrigação (NAKAYAMA; BUCKS, 1986). De acordo com os resultados de sólidos totais, a água da bacia do rio Branco/MT, possui baixo risco de dano aos sistemas de irrigação, pois apresentou em todos os pontos concentrações inferiores a  $2000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , limite considerado de alto dano a sistemas de irrigação, conforme Nakayama & Bucks (1986).

Em relação aos resultados de cloretos, a concentração média apresentou uma média de  $0,08 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , em que o maior valor foi encontrado no ponto P3, no período chuvoso, com  $0,13 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Verificou-se que houve diferença estatística significativa entre os pontos estudados, indicando que os pontos P1, P2, P3 e P4 são diferentes dos demais durante todo o ano, quanto à concentração de cloretos na água. O íon de cloro em excesso na água de irrigação gera a clorose foliar nas partes mais iluminadas, podendo gerar necrose na borda das folhas (ALMEIDA, 2010). Além disso o teor de cloro na água pode indicar contaminação por esgoto doméstico, conforme Lucas et al. (2010), no entanto, na bacia em estudo, não identificaram pontos de lançamento de esgoto, demonstrando-se coerente com as baixas concentrações encontradas. Todos os valores observados nos períodos demonstraram-se abaixo do limite de restrição indicado por Ayers e Westcot (1999), sendo assim, a água da bacia do rio Branco não possui restrições em relação à toxicidade para o uso na agricultura.

Alguns sais em alta concentração na água podem alcançar o limite de solubilidade e precipitar, retirando alguns componentes do solo, alterando suas proporções iniciais, como ocorre com as concentrações de alguns sais de cálcio, que, em elevada concentração, ocasiona aumento na proporção de sódio na água e no solo (ALMEIDA, 2010). As concentrações de cálcio apresentaram pouca variação entre os pontos, cujos pontos P9 e P7, na seca, demonstraram diferenças estatísticas significativas dentre os pontos estudados, em que a maior concentração foi observada no ponto P7, na estação seca, com  $2,46 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Todos os valores obtidos apresentaram-se abaixo do limite de 0 a  $20 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , segundo Ayers e Westcot (1985), podendo ser utilizado para irrigação sem que haja prejuízos ao solo.

A alta concentração de magnésio na água pode ocasionar a sua precipitação nas tubulações de sistemas de irrigação (MOURA et al., 2011). O resultado da concentração do magnésio na água do rio Branco apresentou valores dentro dos limites considerados normais ( $0$  a  $5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) para água de irrigação, de acordo com Ayers e Westcot (1985), podendo ser utilizada sem ocasionar danos aos sistemas de irrigação. Observou-se que as variáveis de cálcio e magnésio mantiveram concentrações baixas durante todo o ano. O estudo de Franco e Hernandez (2009) também obteve concentrações de cálcio e magnésio abaixo do limite indicado para irrigação nas águas do córrego Coqueiro (SP) e segundo os autores os níveis de concentração de ambas variáveis na água estão relacionados ao tipo de solo, o argissolo vermelho. A bacia em estudo, também possui solos do tipo argissolo vermelho, contudo em pequena área, podendo relacionar-se às baixas concentrações observadas.

No teste estatístico aplicado as concentrações de magnésio foi observado o mesmo padrão verificado na variável de cálcio, em que apenas os pontos P9 e P7, na seca, apresentaram ser significativamente diferentes dos demais pontos, quanto as concentrações de magnésio. O maior valor também foi observado no ponto P7, na seca, apresentando a concentração de  $2,27 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . A diferença observada para as concentrações de cálcio e magnésio nos pontos P9 e P7 pode estar associada a sua localização próxima à Serra Tapirapuã, que possui formação de rochas basálticas, a qual possui em sua composição o cálcio e magnésio, que podem contribuir para a elevação na concentração.

A variável bicarbonatos apresentou diferença estatística significativa entre os pontos, em que os pontos P4, P6, P8, P10, P11 e P12 não apresentaram diferença

significativa entre os períodos estudados, demonstrando que as estações, nestes pontos, não interferem nas concentrações de bicarbonatos na água, na bacia do rio Branco. O ponto que apresentou maior concentração de bicarbonatos foi o P9 (0,55  $\text{mmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$ ), seguido do ponto P7 (0,50  $\text{mmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$ ), ambos no período seco, apresentando diferenças estatísticas significativas dentre os demais pontos, e semelhantes entre si. Todos os pontos estudados apresentaram valores de bicarbonatos abaixo de 1,5  $\text{mmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$ , indicando água sem nenhuma restrição de uso para a irrigação, segundo Ayers e Westcot (1999).

O sódio é uma importante variável na avaliação da qualidade da água para irrigação, pois possui grande influência nos processos de salinização do solo. Observou-se que, os pontos P4 e P7, no período de seca, apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si e entre os demais pontos, apresentando valores mais elevados que os demais. O estudo de Lobato et al. (2008) encontrou diferença estatística significativa entre o período seco e chuvoso nas concentrações de sódio do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, em Acaraú (CE), no qual os valores se diferiram por conta da diminuição do nível de água. Caso semelhante pode ter ocorrido no presente estudo, cujos pontos citados estão localizados em nascentes, nas quais o baixo nível de água na seca pode ter contribuído para a elevação da concentração e sua consequente diferenciação dentre os demais pontos. Todos os valores obtidos apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução 357/2005 da CONAMA de 3  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , para águas destinadas à irrigação.

O potássio na água de irrigação pode contribuir ligeiramente para a salinidade, contudo este elemento, normalmente, está presente em proporções relativamente baixas na água (SILVA et al., 2011). O íon potássio apresentou concentrações baixas, em concordância com o exposto na literatura, dentro dos limites indicados para água de irrigação, conforme Ayers & Westcot (1985). O teste estatístico indicou diferenças significativas entre os períodos na maioria dos pontos estudados, em que apenas o ponto P1, na seca, se difere de todos os demais pontos.

A RAS, em todos os pontos estudados, apresentou valores muito baixos, indicando que a água da bacia do rio Branco pode ser utilizada na irrigação sem que haja a degradação do solo, redução da permeabilidade e de sua estrutura, devido à troca de íons de cálcio e magnésio pela predominância de íons de sódio. Thebaldi et al. (2013) encontraram valores superiores de RAS apenas no ponto de lançamento de efluente agroindustrial no Córrego Jurubatuba (GO), enquanto os demais pontos

apresentaram RAS abaixo de uma unidade, indicando que o efluente lançado foi diluído pelo córrego, diminuindo a concentração de sódio à jusante do lançamento. Sendo assim, os valores baixos encontrados no presente estudo pode ser um indicativo de baixa interferência de efluentes na bacia.

A metodologia empregada nas análises microbiológicas fornece os valores em Número Mais Provável (NMP), fazendo com que em alguns pontos não fosse possível fazer a quantificação exata dos coliformes totais e termotolerantes. Por esse motivo, não foi apresentada estatística descritiva dos mesmos. Os resultados podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados das análises microbiológicas em NMP/100mL.

Pontos	Estação	Colif. Totais (NMP/100mL)		Colif. Termotolerantes (NMP/100mL)	
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
P1	Seca	>1100,00	35,00	>1100,00	15,00
	Chuva	>1100,00	20,00	>1100,00	<3,00
P2	Seca	>1100,00	38,00	>1100,00	7,40
	Chuva	>1100,00	460,00	1100,00	240,00
P3	Seca	>1100,00	36,00	>1100,00	3,60
	Chuva	>1100,00	<3,0	1100,00	<3,00
P4	Seca	>1100,00	11,00	>1100,00	7,20
	Chuva	>1100,00	290,00	>1100,00	21,00
P5	Seca	>1100,00	36,00	>1100,00	7,40
	Chuva	>1100,00	36,00	>1100,00	7,40
P6	Seca	>1100,00	160,00	>1100,00	3,60
	Chuva	>1100,00	15,00	>1100,00	16,00
P7	Seca	>1100,00	36,00	>1100,00	23,00
	Chuva	>1100,00	16,00	>1100,00	16,00
P8	Seca	>1100,00	460,00	1100,00	27,00
	Chuva	>1100,00	15,00	>1100,00	7,40
P9	Seca	1100,00	36,00	290,00	16,00
	Chuva	>1100,00	29,00	>1100,00	15,00
P10	Seca	1100,00	120,00	460,00	20,00
	Chuva	>1100,00	6,20	>1100,00	6,20
P11	Seca	>1100,00	460,00	>1100,00	20,00
	Chuva	>1100,00	3,60	210,00	<3,00
P12	Seca	>1100,00	11,00	36,00	<3,00
	Chuva	>1100,00	9,40	290,00	7,40

Os resultados de coliformes totais apresentaram concentrações elevadas em todos os pontos, indicando que a bacia do rio Branco possui elevada carga de poluição microbiológica. Apenas os pontos P9 e P10, na seca, apresentaram valor máximo diferente dos demais, enquanto o P3 apresentou valor mínimo abaixo de 3 NMP/100 mL no período chuvoso. Observou-se que os valores mínimos tiveram uma queda no período chuvoso.

Os resultados de coliformes termotolerantes estiveram acima do limite estabelecido pela Resolução 357/2005 da CONAMA, para águas de classe 2

(1.000NMP/100 mL), na maioria dos pontos, em que apenas o ponto P12 esteve em conformidade durante todo o ano. Verificou-se que houve um aumento da concentração de coliformes no período chuvoso, o que pode estar associado à extensa área rural na bacia, e à presença de áreas de pastagens, em que o escoamento superficial da chuva pode carrear os resíduos para os rios, elevando a concentração de coliformes (WRUBLACK et al., 2013).

A contaminação por coliformes na água de irrigação é um fator importante a ser observado, pois pode influenciar a qualidade dos produtos, principalmente aqueles consumidos crus, podendo gerar a veiculação de patógenos. Deve-se atentar sobre estas variáveis afim de manter a segurança dos alimentos e saúde dos consumidores.

Portanto, de acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA, a água do rio Branco não é indicada para uso na irrigação de hortaliças consumidas cruas e frutas desenvolvidas rente ao solo que sejam ingeridas cruas sem remoção da película. Contudo, as águas do ponto P12 podem ser utilizadas para irrigação de demais hortaliças e plantas frutíferas. Quanto aos cultivos de culturas arbóreas, cerealíferas, forrageiras, plantas fibrosas e de grãos (ALMEIDA, 2010), tais como soja, milho, e feijão, podem ser irrigados com as águas do rio Branco, pois estão em conformidade para este uso quanto à concentração de coliformes.

#### *Classificação do Laboratório de Salinidade dos EUA, Richards (1993)*

A classificação da água do rio Branco em relação à salinidade e sodicidade, apresentou em todos os pontos sodicidade baixa ( $S_1$ ), não se diferenciando entre os períodos do ano. Quanto à salinidade, todos os pontos apresentaram risco nulo ( $C_0$ ), com risco baixo de salinidade. Estes resultados indicam que a água da bacia hidrográfica do rio Branco pode ser utilizada na irrigação, na maior parte de cultivos, em quase todos os tipos de solos, com pequena probabilidade que desenvolva salinidade ou alcance níveis perigosos de sódio trocável (ALMEIDA, 2010).

O estudo de Lobato et al. (2008) demonstrou diferentes classificações para os períodos, com variação das classes  $C_1S_1$  (baixo risco de salinidade e sodicidade) e  $C_2S_1$  (médio risco de salinidade e baixo risco de sodicidade) no período chuvoso, e apenas  $C_2S_1$  no período de seca, sendo que esta variação, conforme os autores, se deve ao regime irregular de chuvas, característico da região. A bacia em estudo também está localizada em região com regime de chuvas irregular, contudo

apresentou a mesma classificação para ambos períodos do ano, indicando que estes não influenciam nos riscos de salinidade e sodicidade do uso da água para irrigação.

#### *Classificação da FAO, Ayers e Westcot (1987)*

Quanto ao risco de salinidade, verificou-se conforme os valores de condutividade elétrica e sólidos totais a ausência de restrições de uso da água da bacia do rio Branco para irrigação. O estudo de Franco e Hernandez (2009), na microbacia do Coqueiro (SP), também verificou ausência de restrições de uso da água para irrigação, pois assim como o presente estudo, também obtiveram valores baixos de sólidos e condutividade elétrica.

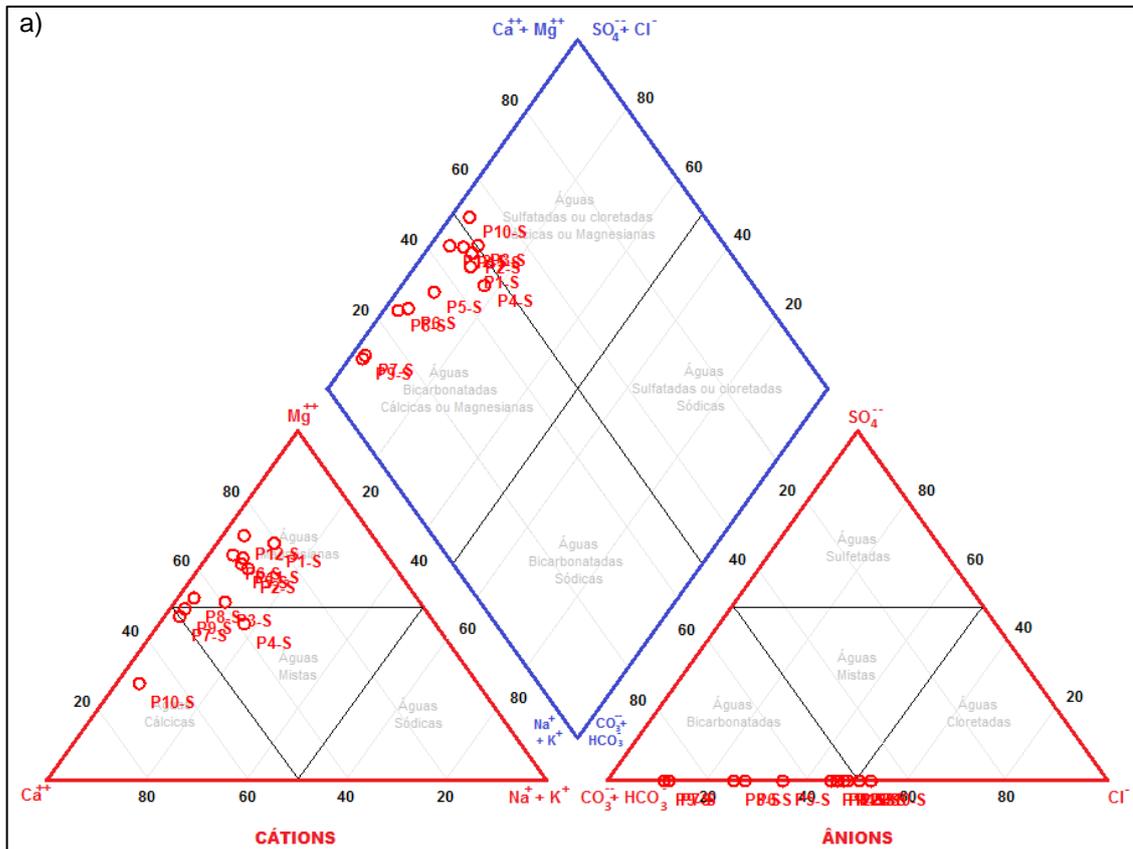
O risco de redução da infiltração indicou restrição severa do uso da água do rio Branco para irrigação em todos os pontos analisados. Este resultado se deu pelos baixos valores observados na condutividade elétrica. Ayers e Westcot (1985) destacam que o risco de redução da infiltração depende não apenas da qualidade da água, como também da estrutura do solo, do seu grau de compactação e de suas características químicas e orgânicas. Resultado semelhante foi observado no estudo de Thebaldi et al. (2013), em que a água do Córrego Jurubatuba (GO) apresentou restrição severa de redução da infiltração, com exceção o ponto com lançamento de efluentes agroindustriais que apresentou nenhuma restrição de uso. Os resultados do estudo citado também apresentaram restrições devido aos baixos valores de condutividade elétrica, confirmando as observações de campo, em que a bacia do rio Branco não sofre interferência severas de efluentes.

Com relação à toxicidade pelos íons cloreto e sódio, verificou-se que não há nenhuma restrição de uso da água da bacia do rio Branco para irrigação por superfície e aspersão, haja vista as baixas concentrações destes elementos na água. Resultados semelhantes foram observados no estudo de Lobato et al. (2008), em que a água do Distrito Irrigado Baixo Acaraú (CE) não apresentou limitações de uso para irrigação conforme os íons de sódio e cloreto, apresentando também baixas concentrações. Apesar da citação retratar área distinta, demonstra a possibilidade real da instalação de sistemas de irrigação com uso das águas superficiais do rio Branco.

#### *Diagrama de Piper*

O diagrama de Piper está apresentado na Figura 2, pela qual é possível observar que houve predominância da classe magnesiana bicarbonatada,

representando 54,17% dos pontos, incluindo períodos de seca e chuva, seguido da classe cálcica bicarbonatada com 20,83% dos pontos. A classe mista bicarbonatada concentrou 16,67% dos pontos, enquanto magnésiana cloretada e cálcica cloretada concentrou 4,17% dos pontos em cada.



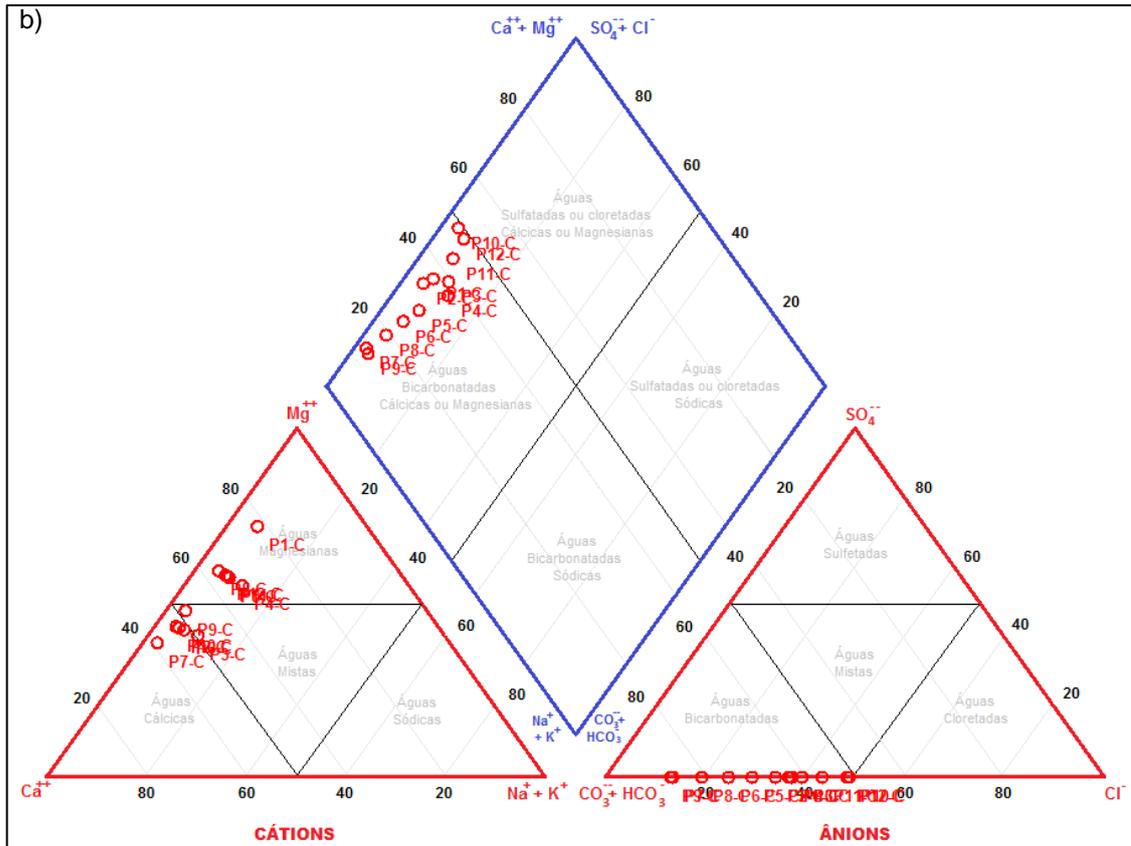


Figura 2: Diagrama de Piper da bacia hidrográfica do rio Branco. a) Período seco; b) Período chuvoso.

Verificou-se que os pontos P2, P3, P4, P6 e P10 apresentaram classes diferentes para os períodos, indicando variação da classificação durante o ano, conforme o diagrama de Piper. Resultado semelhante foi observado no estudo de Lobato et al. (2008), que sugere que tal variação se deve ao fato que no período chuvoso o escoamento superficial promove a lavagem dos solos, carreando sais para os corpos hídricos, contribuindo para uma mudança nas concentrações. A variação sazonal observada em alguns pontos no presente estudo pode ter a mesma relação, cujo o escoamento contribui para as alterações nas características da água do rio Branco.

## CONCLUSÕES

1. As águas da bacia do rio Branco estão em conformidade com valores indicados para irrigação, com restrição de seu uso para variáveis de pH e turbidez, em alguns pontos, o que não configura impedimento de seu uso, porém requer acompanhamento técnico.

2. A água do rio Branco possui alta carga de poluição microbiológica, com coliformes termotolerantes, variando de acordo com o período do ano, indicando que seu uso em alimentos consumidos crus pode gerar a contaminação.
3. Apenas as variáveis de temperatura, sódio e potássio apresentaram variação sazonal significativa na maioria dos pontos.
4. A classificação do Laboratório de Salinidade dos EUA, indicou todos os pontos dentro da classe de risco nulo de salinidade e risco baixo de sodicidade. Quanto à classificação da FAO, constatou-se que não há restrição de uso quanto a sua salinidade e toxicidade pelos íons sódio e cloretos, contudo todos os pontos analisados apresentaram grau de restrição severa do uso da água para irrigação quanto ao risco de redução da infiltração.
5. O diagrama de Piper revelou predominância de águas magnesianas bicarbonatadas, com variação sazonal na classificação em alguns pontos.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT (Edital 041/2016). Agradecemos o apoio da equipe do Laboratório de Qualidade de Água da Universidade do Estado de Mato Grosso.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água na irrigação**. Embrapa Mandioca e Fruticultura: Cruz das Almas, 2010.
- AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999.
- BARROSO, A. A. F.; GOMES, G. E.; LIMA, A. E. O.; PALÁCIO, H. E.; LIMA, C. A. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 588–593, 2011.
- BORGES, S. A.; CUNHA, A. H. N.; COSTA E SILVA, S. M.; VIEIRA, J. A.; NASCIMENTO, A. R. Qualidade da água de irrigação na cultura do tomate de mesa no município de Goianópolis-GO. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 2, p. 74-82, 2015.

- CASARIN, R.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Caracterização fisiográfica e qualidade da água da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara-MT, Brasil. In: Encontro de Geógrafos da América Latina, 12, **Anais**. Montevideau/Uruguai, 2017.
- DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.
- DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C. J. B.; DUENHAS, L. H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2008.
- Equipe Estatcamp (2014). Software Action. Estatcamp- Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos - SP, Brasil.
- FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p.772–780, 2009.
- LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; CRISOSTOMOS, L. A. Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 01, p. 167-172, 2008.
- MARINHO, H. M. A.; CÂNDIDO, L. M.; CÂNDIDO, S. A.; DALTRO, O.; JAUDI, L. M. R.; CAMARGO, E. J.; YOSHIDA, P. S. Análise econômica da evolução do agronegócio em Mato Grosso no período de 1990 a 2010. **Revista Faipe**, v. 6, n. 1, 2016.
- MOURA, R. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; LEITE, M. A.; FRANCO, R. A. M.; FEITOSA, D. G.; MACHADO, L. F. Qualidade da água para uso em irrigação na microbacia do córrego do Cinturão Verde, município de Ilha Solteira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 1, p. 68–74, 2011.
- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickles irrigation for crop production**. Phoenix: Agricultural Research Service, U.S. Water Conservation Laboratory, 1986. 383 p
- QUEIROZ, T. M.; MELO, M. T.; FERREIRA, F. S. Qualidade da água para irrigação na comunidade quilombola Vão Grande, município de Barra do Bugres/MT. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2613-2620, 2018.
- RAMOS, H. C.; DALLACORT, R.; NEVES, S. M. A. S.; DALCHIAVON, F. C.; SANTI, A.; VIEIRA, F. F. Precipitação e temperatura do ar para o estado de Mato Grosso utilizando krigagem ordinária. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, n. 1, p. 211-233, 2017.
- RICHARDS, L. A. **Diagnóstico y recuperación de suelos salinos y sódicos**. Personal de Laboratorio de Salinidad de EE.UU. 6. ed. México: Editorial LIMUSA, 1993. 176p.
- ROCHA, G. A.; ASSIS, N. M. M. V.; MANCINI, R. M. O. M.; MELO, T. S.; BUCHIANERI, V.; BARBOSA, W. E. S. **Recursos hídricos**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2011.

SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade da água na irrigação. **Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.7, n. 3, p. 01-15, 2011.

SILVA, L. R.; CUNHA, A. H. N.; SILVA, S. M. C.; SOUZA, J. M. F. Avaliação de parâmetros físico-químicos da água de irrigação utilizada em um pivô central em Goiânia – GO. **Global Science and Technology**, v. 7, n. 3, p. 96–102, 2014.

SILVA, T. V. **Uso da terra e qualidade da água no assentamento Antônio Conselheiro, Mato Grosso**. 2016. 73f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, 2016.

SOUZA, T. P.; SOUSA NETO, E. P.; SILVEIRA, L. R. S.; SANTOS FILHO, E. F.; SILVA, J. N.; LINHARES, P. C. A.; COELHO, D. C. Análise da qualidade da água de irrigação em função de sua condutividade elétrica (concentração total de sais solúveis). **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 3, p. 82-88, 2014.

THEBALDI, M. S.; DANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.; ROCHA, M. S.; AVELINO NETO, S. Qualidade da água para irrigação de um córrego após receber efluente tratado de abate bovino. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 109-120, 2013.

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

WRUBBLACK, S. C.; MERCANTE, E.; BOAS, M. A. V. Mapping of use and occupation of the soil and irrigation water quality in the city of Salto do Lontra-Paraná, Brazil. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 5, p. 1024-1037, 2013.

## **ARTIGO 4: Avaliação da qualidade da água do baixo rio Branco/MT a jusante de uma agroindústria**

[Revista Ambiente e Água]

### **Resumo**

O crescimento demográfico e a industrialização têm gerado fortes pressões sobre os ecossistemas, sobretudo aos recursos hídricos. O lançamento de efluentes agroindustriais são caracterizados por alta carga de contaminação, com capacidade de alterar a qualidade dos corpos d'água. A bacia do rio Branco possui, no seu curso final, um frigorífico de abate de bovinos que utiliza o curso d'água para captação e lançamento de seus efluentes. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água do baixo rio Branco que recebe efluente agroindustrial. Foram coletadas amostras durante doze meses, no período seco e chuvoso, em seis pontos no córrego, localizados a montante e jusante do ponto de lançamento do efluente. Realizou-se análises físicas, químicas e microbiológicas, sendo elas: temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato, sódio, potássio, cloretos, dureza, cálcio, magnésio, bicarbonatos, coliformes totais e coliformes fecais. Os resultados foram comparados com a Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, e avaliados por meio do índice de qualidade da água (IQA), índice de estado trófico (IET<sub>P</sub>) e o índice de balneabilidade. O ponto de lançamento de efluente apresentou concentrações elevadas em todas as variáveis, entretanto os demais pontos apresentaram valores semelhantes, indicando que os efluentes não alteram significativamente a qualidade da água do rio Branco à jusante do lançamento. O IQA indicou água de qualidade razoável. O nível trófico variou de mesotrófico a eutrófico. O índice de balneabilidade indicou adequação com uso de recreação de contato primário.

**Palavras-chave:** lançamento de efluentes; frigorífico; ambiental.

### **Abstract**

Population growth and industrialization have generated strong pressures on ecosystems, especially regarding to water resources. The launch of agroindustrial effluents are characterized by high contamination load, with capacity to change the quality of water bodies. The Branco river basin has, in its final course, a slaughterhouse for cattle, which uses the watercourse to capture and launch its effluents. So, the present study aimed to evaluate the water quality of the lower Branco river receiving agroindustrial effluent. Samples were collected during twelve months in the dry and rainy season at six spots in the stream, located upstream and downstream of the effluent launching point. Physical, chemical and microbiological analyzes were performed: temperature, pH, electrical conductivity, turbidity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, nitrate, phosphate, sodium, potassium, chlorides, hardness, calcium, magnesium, bicarbonates, total coliforms and fecal coliforms. The results were compared with Resolution 357/05 of the National Environmental Council, and evaluated through the water quality index (IQA), trophic state index (IETP) and the bathing index. The effluent launch spot had high concentrations in all variables, however the other spots presented similar values, indicating that effluents did not significantly change the water quality of Branco river, downstream of the launch. IQA indicated water of reasonable quality. The trophic level ranged from mesotrophic to eutrophic. The bathing index indicated adequacy with use of primary contact recreation.

**Keywords:** effluent discharge; refrigerator; environmental.

## INTRODUÇÃO

Os ecossistemas naturais possuem a capacidade de demonstrar os efeitos causados pelas atividades antrópicas. Nos últimos anos, esses efeitos tornaram-se ainda mais visíveis nos ecossistemas aquáticos, devido, em grande parte, ao crescimento demográfico e à industrialização. As atividades econômicas contribuem fortemente para o desenvolvimento regional e nacional, contudo causam impactos socioambientais negativos que impactam os agrupamentos humanos e suas interações com a natureza, dificuldades encontradas devido aos danos ambientais (MEDEIROS et al., 2016).

O estado de Mato Grosso se destaca no cenário do agronegócio, impulsionando também a expansão de agroindústrias no estado. Essa rápida expansão econômica tem gerado implicações antrópicas preocupantes sobre os ecossistemas, através do desmatamento, queimadas, poluição e contaminação de recursos hídricos (FAVA, 2012). O lançamento de efluentes agroindustriais, ricos em matéria orgânica e nutrientes, podem alterar a qualidade do ambiente, prejudicando as comunidades aquáticas, e podendo causar prejuízos à saúde humana (FIA et al., 2009).

De acordo com Muller et al. (2016), as principais fontes poluidoras do setor agroindustrial são os laticínios, frigoríficos e curtumes, pois além de seus vários poluentes, também contribuem para a dispersão de diversos micro-organismos. Os efluentes frigoríficos são caracterizados por conter alta carga de matéria orgânica, sólidos sedimentáveis suspensos e micro-organismos (CIKOSKI et al., 2008).

A Resolução número 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2011) dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, a fim de minimizar os impactos causados aos corpos hídricos. A mesma resolução ainda destaca que o lançamento de efluentes em corpos d'água não podem ser capazes de alterar as características qualitativas de sua respectiva classe, determinada na Resolução 357 de 2005 do CONAMA, sendo assim, o corpo hídrico não pode ter sua qualidade afetada pela presença dos efluentes.

A bacia hidrográfica do rio Branco, localizada em Barra do Bugres no sudoeste de Mato Grosso, possui área de 1.236,51 km<sup>2</sup>, com perímetro de 332,84 km, a qual aflui para o rio Paraguai, em sua margem direita. A cerca de 6 km à montante de sua foz há uma instalação agroindustrial de abate bovino, que possui outorga para a captação da água do rio e o lançamento de seus efluentes (MATO GROSSO, 2016).

As características da água são um importante indicador da qualidade do ambiente (CAMPOS et al., 2017), podendo refletir os impactos das ações antrópicas. Sendo assim, o descarte de resíduos agroindustriais pode alterar as características dos recursos naturais. Dessa forma, o monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos para verificar e dimensionar as alterações causadas pelo lançamento de efluentes. Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água do rio Branco no trecho que recebe efluente agroindustrial.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Área de estudo*

A área de estudo compreende um curso d'água da bacia hidrográfica do rio Branco, afluente da margem direita do rio Paraguai, conforme apresentado na Figura 1, localizado no município de Barra do Bugres, no estado de Mato Grosso, nas coordenadas UTM 472972 e 475891 E, 8331918 e 8333940 N.

O município de Barra do Bugres apresenta um clima tropical quente e subúmido, com duas estações definidas, uma seca entre os meses de maio a setembro, e outra chuvosa, entre os meses outubro a abril (DALLACORT et al., 2011). A temperatura da região varia entre 24<sup>o</sup> e 36<sup>o</sup> C, com precipitação anual variando entre 1500 a 1800 mm (PESSOA et al., 2014).

A bacia do rio Branco possui em seu interior e arredores extensas áreas destinadas a lavouras, principalmente de cana-de-açúcar e a pastagens (PESSOA et al., 2014). O município de Barra do Bugres possui enorme potencial agroindustrial no setor de frigoríficos e usinas de açúcar e álcool devido à proximidade com as matérias primas. Possui duas agroindústrias, sendo elas uma sucroalcooleira e outra frigorífica de abate de bovinos. Uma agroindústria de abate de bovinos está localizada próximo ao rio Branco, a qual possui outorga para a captação da água (P3) e lançamento de seus efluentes (P2) (Figura 1).

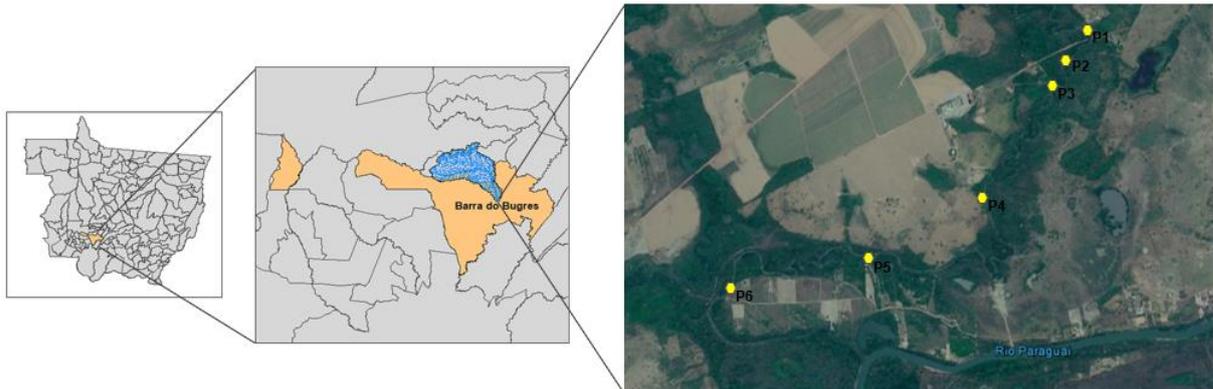


Figura 1: Pontos de coleta no córrego do rio Branco.

### *Amostragem da água*

A avaliação da qualidade da água foi realizada em seis pontos no córrego, denominados de P1 a P6, cujo P2 está localizado na saída de efluentes da agroindústria de abate bovino. O ponto P1 é caracterizado como controle, pois se encontra cerca de 500 m acima do lançamento. Enquanto que o ponto P3 está localizado a 200 m abaixo do lançamento, local em que a agroindústria possui bombas de sucção de água. Os pontos P4, P5 e P6 encontram-se com cerca de 2000 m de distância entre si. As coordenadas de cada um dos pontos estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Coordenadas geográficas dos pontos de coleta.

Pontos	Coordenadas
P1	x: 475.858; y: 8.333.828
P2	x: 475.640; y: 8.333.531
P3	x: 475.567; y: 8.333.408
P4	x: 474.979; y: 8.332.514
P5	x: 474.140; y: 8.332.061
P6	x: 472.977; y: 8.331.815

As campanhas de coletas foram realizadas mensalmente, por doze meses, entre outubro de 2017 a setembro de 2018, priorizando a realização por volta do dia 15 de cada mês. As coletas foram realizadas em pontos com água corrente, utilizando-se 2 garrafas de polietileno de 1 L por ponto e um frasco de 200 ml esterilizado para as análises microbiológicas, sendo ambientadas previamente com água do local. As amostras foram mantidas em caixas térmicas com gelo, a fim de manter conservada suas características, durante o transporte até o Laboratório de Qualidade de Água (LaQuA), da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, no campus de Barra do Bugres.

### *Avaliação da qualidade da água*

Foram avaliadas as variáveis físico-químicas de temperatura (T), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), turbidez (Tu), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais (ST), nitrato (N), fosfato (P), sódio (Na), potássio (K), cloretos (Cl), dureza (Du), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), conforme as indicações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Quanto às variáveis microbiológicas, avaliou-se a concentração de coliformes totais (C.T.) e coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* (E. coli), seguindo as recomendações da Normativa 62 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2011), que fornece a concentração de bactérias em Número Mais Provável (NMP) a cada 100 mL de amostra. Contudo, essa metodologia possui limites de detecção, fornecendo valores mínimos e máximos, portanto para a elaboração de médias sazonais e uso de teste estatístico, foram desconsiderados os sinais de maior e menor. As metodologias empregadas em cada variável estudada estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Variáveis e suas respectivas metodologias.

Variáveis	Metodologia	Variáveis	Metodologia
T	In locu com termômetro de mercúrio	Na	Espectrofotômetro de chama
pH	pHmetro (Hanna HI9811-5)	K	Espectrofotômetro de chama
CE	Condutivímetro (Digimed DM-31)	Cl	Titulação
Tu	Turbidímetro (Hanna HI93102)	Du	Titulação
OD	Oxímetro (Hanna HI9146-04)	Ca	Titulação
DBO	Incubação 5 dias 20°C	Mg	Titulação
STD	Método gravimétrico	$\text{HCO}_3^-$	Titulação
N	Espectrofotômetro UV-Visível?	C.T.	Método tubos múltiplos
P	Espectrofotômetro UV-Visível?	C.F.	Método tubos múltiplos

### *Índices de qualidade da água*

A partir dos resultados das análises laboratoriais, calculou-se os índices de qualidade da água, sendo eles o Índice de Qualidade da Água (IQA), o Índice de Estado Trófico baseado em fósforo ( $\text{IET}_P$ ) e o Índice de Balneabilidade.

O IQA é utilizado para avaliação da qualidade da água bruta, utilizando-se de nove parâmetros, os quais possuem um peso definido.

O cálculo do IQA foi realizado conforme a metodologia indicada pela CETESB (2013), por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a Equação 1, realizado através do software livre Qualigraf 1.17

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde,  $q_i$  é qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro;  $w_i$  é o peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade.

Os valores do IQA foram classificados em faixas para o Mato Grosso que são: 91-100 a água é considerada ótima, de 71-90 boa, de 51-70 razoável, de 26-50 ruim e de 0-25 péssima.

O  $IET_P$  foi determinado a partir dos resultados de fósforo, conforme método para ambientes lóticos descrito por Lamparelli (2004), apresentado na Equação 2.

$$IET_P = 10 \times \left[ 6 - \left( \frac{0,42 - 0,36 \times \ln(P)}{\ln 2} \right) \right] - 20 \quad \text{Equação (2)}$$

Onde,  $P$  é o fósforo total expresso em  $\mu\text{g/L}$ ;  $\ln$  é o logaritmo natural.

O  $IET_P$  determinado a partir do valor obtido no cálculo é classificado em classes de estado trófico, em ultraoligotrófico ( $IET_P \leq 47$ ), oligotrófico ( $47 < IET_P = 52$ ), mesotrófico ( $52 < IET_P = 59$ ), eutrófico ( $59 < IET_P = 63$ ), supereutrófico ( $63 < IET_P = 67$ ) e hipereutrófico ( $IET_P > 67$ ).

O Índice de balneabilidade avalia a qualidade dos corpos hídricos para recreação de contato primário e seus critérios e limites estão definidos na Resolução 274/2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), baseado nas densidades de coliformes fecais e *Escherichia coli*, divididos em, excelente (máximo 250 coliformes fecais ou 200 *Escherichia coli* por 100 ml), muito boa (máximo 500 coliformes fecais ou 400 *Escherichia coli*) e satisfatória (máximo 1.000 coliformes fecais ou 800 *Escherichia coli*). Valores superiores a 2.500 coliformes fecais ou 2000 *Escherichia coli* são águas consideradas impróprias para balneabilidade de contato primário.

#### Análise dos resultados

Os resultados das variáveis físico-químicas e microbiológicas foram comparados com a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para águas de Classe I, com intuito de certificar se o lançamento de efluentes está comprometendo a qualidade da água com valores acima do permitido. Posteriormente, os resultados foram avaliados pelo teste de Scott-Knott, com 95% de

significância, através do software ActionStat, a fim de verificar as diferenças em escala temporal e espacial. Os equipamentos e análises que apresentaram falhas em alguns meses tiveram os dados substituídos pela média do período correspondente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados parciais das análises físico-químicas estão apresentados na Tabela 1. A temperatura apresentou diferença estatística significativa entre os períodos, representando uma variação sazonal em todos os pontos, indicando que, no período chuvoso, há elevação da temperatura da água, provavelmente relacionado à estação do ano, o verão, em que são registradas maiores temperaturas do ar. O lançamento de efluentes do frigorífico não apresentou diferenças significativas entre os demais pontos, indicando que o mesmo pode ser lançado em baixas temperaturas, as quais não influenciam as características naturais dos corpos hídricos.

Tabela 1: Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas.

Variáveis	Períodos	Pontos						Média	Parâm.
		P1	P2	P3	P4	P5	P6		
T * (°C)	Seca	22,00b	22,75b	22,13b	22,13b	22,00b	21,75b	25,34	-
	Chuva	27,29a	27,21a	27,07a	27,00a	27,29a	27,50a		
pH <sup>NS</sup>	Seca	7,12	7,52	6,87	6,84	6,80	6,76	7,00	6,0-9,0
	Chuva	7,02	6,98	7,03	6,91	6,90	6,74		
CE * ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	Seca	21,16b	555,19a	26,92b	23,78b	23,73b	23,14b	68,90	-
	Chuva	25,12b	25,28b	25,47b	25,59b	25,94b	25,43b		
T <sub>U</sub> <sup>NS</sup> (UNT)	Seca	71,03	246,07	82,95	92,40	110,37	95,33	129,87	<40,0
	Chuva	129,50	136,53	119,87	132,70	127,69	126,80		
STD * ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Seca	72,80b	394,80a	82,20b	86,60b	83,60b	91,40b	95,59	<500,0
	Chuva	63,57b	69,57b	71,86b	58,00b	75,57b	64,33b		
OD * ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Seca	5,10a	1,80b	5,25a	5,09a	5,09a	4,78a	4,92	>6,0
	Chuva	5,38a	5,29a	5,51a	5,59a	5,15a	4,99a		
DBO * ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Seca	0,59b	1,29b	0,95b	0,96b	1,30b	1,05b	1,36	<3,0
	Chuva	1,30b	2,22a	1,99a	1,91a	1,60a	1,41b		
N * ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Seca	0,17b	0,63a	0,17b	0,17b	0,17b	0,18b	0,38	<10,0
	Chuva	0,44a	0,49a	0,45a	0,46a	0,46a	0,48a		
P <sup>NS</sup> ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Seca	0,14	0,17	0,13	0,13	0,12	0,12	0,14	<0,10
	Chuva	0,17	0,18	0,16	0,16	0,15	0,12		
Na * ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Seca	0,91b	27,99a	1,64b	1,12b	1,87b	1,26b	2,70	-
	Chuva	0,10b	0,15b	0,13b	0,13b	0,12b	0,08b		
K * ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Seca	1,04b	17,74a	1,44b	1,20b	1,78b	1,39b	2,02	-
	Chuva	0,24b	0,32b	0,30b	0,29b	0,27b	0,18b		
Cl * ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Seca	2,92b	38,61a	3,05b	3,27b	3,10b	3,40b	5,75	<250,0
	Chuva	3,09b	5,48b	3,15b	3,19b	3,15b	2,82b		
Du * ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Seca	27,62b	88,70a	34,16b	32,00b	29,96b	30,23b	22,72	-
	Chuva	8,51c	7,40c	7,40c	7,00c	7,33c	8,30c		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> * ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Seca	5,87b	79,81a	6,55b	6,05b	5,59b	6,14b	12,91	-
	Chuva	8,80b	12,05b	9,00b	9,56b	11,48b	7,79b		
Ca * ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Seca	3,96b	10,13a	3,27b	2,83b	3,76b	2,79b	2,92	-
	Chuva	1,56b	2,60b	1,27b	1,54b	1,76b	1,48b		

Mg * (mg·L <sup>-1</sup> )	Seca	5,95b	15,42a	6,32b	6,06b	5,00b	5,66b	4,19	-
	Chuva	1,66b	1,60b	1,25b	1,58b	1,22b	1,65b		
C.T. <sup>NS</sup> (NMP/100mL)	Seca	674,40	669,40	670,20	674,20	670,40	535,00	513,57	-
	Chuva	289,77	407,39	430,14	496,43	394,94	113,33		
E. coli <sup>NS</sup> (NMP/100mL)	Seca	278,84	534,48	193,92	453,40	451,60	284,40	311,98	<200,0
	Chuva	142,06	86,43	393,80	353,57	239,71	199,07		

\*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na horizontal, não se diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 95% de significância. NS: não significativo. Parâm.: Parâmetro de referência baseado em valores indicados para águas de Classe I conforme Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

O pH não apresentou diferença estatística significativa entre os pontos e períodos, com uma média de 7,0, apresentando neutralidade das águas, estando em conformidade com a Resolução 357 do CONAMA. Resultado semelhante foi observado no estudo de Muller et al. (2015) nas águas do rio Taquari (RS), cujo lançamento de efluentes agroindustriais não influenciaram as concentrações do pH, não apresentando diferenças estatísticas significativas, podendo ser explicado pela correção de pH realizada antes do lançamento. Situação semelhante pode estar ocorrendo no baixo rio Branco, cujos efluentes podem ter passado por processo de tratamento antes do lançamento, corrigindo o pH gerando a ausência de alteração observada. Mesmo ausente de diferenças estatísticas, o ponto P2 apresentou o maior valor de pH, podendo indicar que mesmo com o possível tratamento, o pH teve leve aumento no período seco no ponto de lançamento, podendo ser decorrente do lançamento de efluentes.

A condutividade elétrica apresentou diferenças estatísticas significativas, cujo ponto P2, no período seco, apresentou maior valor, sendo diferente dos demais pontos. Esta diferença pode estar associada ao lançamento de efluentes frigoríficos que, conforme Cikoski (2008), são ricos em sólidos, com teores significativos de sais, que por sua vez contribuem para a elevação da condutividade elétrica no período seco, em que há menor vazão, diminuindo sua capacidade de depuração. A Resolução 357 do CONAMA não dispõe de limites máximos de condutividade elétrica na água, contudo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) estabelece o valor de 100  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  como não prejudicial à saúde, assim o valor médio obtido no baixo rio Branco está adequado ao uso, contudo as águas do ponto P2 devem ser evitadas no período seco, quando os valores de condutividade se elevam, provavelmente devido à diminuição da vazão do rio, diminuindo seu potencial diluidor.

A turbidez excedeu o limite permitido para águas de Classe 1, extrapolando o valor máximo permitido de 100 UNT para as Classes 2 e 3 também, apresentando valores constantes em todos os pontos durante o ano, os quais não apresentaram

diferenças estatísticas significativas. Valores elevados de turbidez podem indicar a presença de partículas, que podem abrigar micro-organismos patogênicos, além de diminuir a penetração de luz solar na coluna d'água, prejudicando o desenvolvimento de organismos fotossintéticos, como algas, plantas submersas e fitoplânctons (QUEIROZ; OLIVEIRA, 2018). Observou-se que, no período chuvoso, houve aumento na turbidez em todos os pontos, exceto o P2, que apresentou o maior valor de turbidez no período seco, provavelmente associado ao lançamento de efluentes ricos em matéria orgânica e sólidos aos corpos hídricos com baixa vazão, aumentando sua proporção, contribuindo para aumentos na turbidez. De acordo com Andrietti et al. (2016), a elevação da concentração no período chuvoso é reflexo da ação de escoamento superficial, de áreas agrícolas e de pastagens, por conta da precipitação.

O comportamento de sólidos totais é semelhante ao de turbidez, refletindo a condição local, o qual em excesso causa prejuízos às comunidades aquáticas, reduz a luminosidade, dificulta a fotossíntese e contribui para a sedimentação, intensificando processos de decomposição (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013). A concentração de sólidos totais na água do baixo rio Branco esteve abaixo do valor máximo permitido para águas de Classe 1 em todos os pontos, durante todo o ano, apresentando diferença estatística significativa, cujo ponto P2 no período seco apresentou-se diferente dos demais, com maior concentração de  $394,80 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . O período chuvoso apresentou concentrações menores, provavelmente associada à precipitação, pois conforme Thebaldi et al. (2011), neste período há maior diluição dos efluentes devido ao aumento da vazão do corpo hídrico.

A concentração de oxigênio dissolvido é um dos indicadores mais importantes da qualidade da água, haja vista que um bom nível de oxigênio dissolvido é essencial para a respiração aeróbia dos organismos aquáticos (MULLER et al., 2015). O oxigênio dissolvido apresentou valor abaixo do limite indicado pela Resolução 357 do CONAMA para águas de Classe 1 em todos os pontos estudados durante todo o ano, contudo os pontos P1, P3, P4 e P5, durante todo o ano, e o ponto P2, no período chuvoso, podem ser classificados na Classe 2, enquanto o ponto P6, em ambos períodos, enquadra-se na Classe 3. Para o ponto P2, no período seco, houve concentração inferior ao indicado para águas de Classe 4. O teste estatístico indicou que o ponto P2, no período seco, se difere dos demais, com o menor valor observado, indicando que neste local há menor concentração de oxigênio dissolvido. A baixa concentração de oxigênio é um indicativo dos efeitos da contaminação das águas por

despejos orgânicos (BUCCI et al., 2014), pois durante a estabilização da matéria orgânica as bactérias utilizam oxigênio em seu processo respiratório, reduzindo sua concentração em esgotos (THEBALDI et al., 2011). Haja vista, no período seco, o ponto P2 ter apresentado menor OD em comparação ao ponto P1, pode-se afirmar que houve um aumento da matéria orgânica neste local, possivelmente causado pelo lançamento de efluentes, sendo capaz de reduzir drasticamente a concentração de oxigênio dissolvido na água, prejudicando a biota aquática.

A demanda bioquímica de oxigênio apresentou valores baixos, dentro dos limites indicados pelo CONAMA, os quais o teste estatístico indicou diferenças estatísticas significativas, no qual os pontos P2, P3, P4 e P5, no período chuvoso, apresentaram diferentes dos demais e iguais entre si, com médias superiores. A partir deste resultado, pode-se inferir que, para estes pontos, a estação do ano influencia na decomposição de matéria orgânica pelas bactérias aeróbias, alterando as concentrações de DBO. Em estudo realizado por Cikoski et al. (2008), em Francisco Beltrão (PR), também encontraram valores dentro do permitido para a DBO das águas após receberem efluente de um frigorífico de aves. Estes bons resultados estão associados aos tratamentos executados na indústria antes do lançamento.

O nitrato apresentou maior concentração no período chuvoso, sendo estatisticamente diferente do período seco em quase todos os pontos, exceto o ponto P2, em que não houve diferença significativa entre os períodos, apresentando as maiores médias. Segundo Medeiros et al. (2016), altas concentrações de nitrato na água de abastecimento podem causar efeitos adversos à saúde, como nitrosaminas e nitrosamidas que possuem potenciais carcinogênicos. Todos os pontos apresentaram baixas concentrações, em conformidade com o valor exigido pelo CONAMA. Fia et al. (2015) em um estudo no Ribeirão Vermelho (MG) também encontraram maiores teores de nitratos no período chuvoso, devido aos aportes exógenos de atividades humanas com emissão de resíduos, a lixiviação de insumos agropecuários e a deposição atmosférica intensificada neste período. A mesma relação pode ter ocorrido no baixo rio Branco, com a ação das chuvas, em que o escoamento superficial pode ter contribuído para maior aporte de nutrientes nas águas, além da ação do lançamento de efluentes ricos em matéria orgânica e nutrientes.

Resultado semelhante foi observado para as concentrações de fosfato, o qual apresentou leve aumento no período chuvoso, podendo associar-se aos mesmos

fatores mencionados, como também ao maior aporte de sólidos provenientes dos efluentes, influenciando a concentração deste elemento na água, como observado por Fia et al. (2015). O ponto P2 apresentou elevação de cerca de 20% na concentração de fosfato no período seco, provavelmente associado à menor vazão do rio, diminuindo a capacidade de depuração. O fosfato não apresentou diferença estatística significativa entre pontos e períodos, contudo esteve acima do limite permitido para águas de Classe 1 em todos os pontos durante todo o ano, enquadrando-se na Classe 3 os pontos P5 e P6 durante todo o ano, e P1, P3 e P4, apenas no período seco. Estes pontos no período chuvoso, e o ponto P2, em ambos períodos, apresentaram valores superiores ao indicado para águas de Classe 4.

A concentração de sódio apresentou concentração elevada no ponto P2 no período seco, que se apresentou diferente estatisticamente dos demais. Ao longo do curso d'água, a concentração foi diminuindo, demonstrando a depuração deste elemento ao longo do espaço. No período chuvoso, não apresentou diferença estatística significativa, indicando que nesse período a capacidade de diluição do rio é aumentada, sendo capaz de diluir altas concentrações de sódio. O potássio apresentou padrão semelhante às concentrações de sódio, cujo ponto P2 na seca apresentou maior concentração, diferindo-se dos demais, com concentrações diminuindo ao longo do curso d'água. Enquanto para o período chuvoso não houve diferenças, demonstrando que a elevação da vazão contribui positivamente para as características qualitativas das águas.

Os cloretos apresentaram valores dentro dos limites indicados pela Resolução 357/2005 do CONAMA, em todos os pontos durante todo o ano. Conforme Queiroz e Oliveira (2018), águas naturais possuem cloretos, advindos do solo e de depósitos e rochas minerais, como também de esgotos e água de irrigação. O teste indicou diferença estatística significativa no ponto P2 na seca, com maior concentração, associado aos lançamentos de efluentes. Enquanto os demais pontos variaram de 2,82 a 5,48 mg·L<sup>-1</sup>, os quais podem associar-se à formação do solo e rochas minerais presentes em partes montanhosas, como também à água de irrigação, haja vista a região possuir extensas áreas de cultivo de cana-de-açúcar que utiliza irrigação com vinhaça.

Conforme o teste estatístico, a dureza foi a variável com maiores diferenças estatísticas, apresentando variação sazonal, cujo período chuvoso possui menores concentrações, enquanto no período seco, o ponto P2 demonstrou-se diferente de

todos os demais. Vasanthavigar et al. (2012) ao estudarem águas subterrâneas no sul da Índia, região de grande crescimento industrial e agrícola, verificaram aumento nas concentrações da dureza permanente, alterações na adsorção de sódio, carbonato de cálcio residual e na permeabilidade, cujas alterações provavelmente decorrem das atividades industriais. O mesmo ocorreu no presente estudo, em que as atividades agroindustriais alteram a dureza no ponto de descarte, diminuindo no decorrer do curso d'água. Os bicarbonatos apresentaram diferença estatística significativa apenas para o ponto P2, na seca, com a maior concentração, enquanto os demais apresentaram-se iguais estatisticamente, ausente de variação sazonal.

As concentrações de cálcio e magnésio apresentaram padrão semelhante, cujo ponto P2 na seca apresentou diferença estatística significativa, enquanto os demais apresentaram-se semelhantes, contudo verificou-se que as concentrações, no período seco, foram superiores, provavelmente associada a melhor capacidade de diluição no período chuvoso, acarretando em menores concentrações. Em estudo realizado por Queiroz e Oliveira (2018) na comunidade Vão Grande em Barra do Bugres (MT), verificou-se que o cálcio oscilou entre 0,80 e 9,62 mg·L<sup>-1</sup> e o magnésio entre 0,31 e 4,57 mg·L<sup>-1</sup>, valores semelhantes aos observados no presente estudo, excluindo-se o ponto de descarte de efluente, demonstrando coerência, haja vista ser área de estudo próxima.

Os coliformes totais apresentaram valores maiores no período seco, provavelmente associado à menor vazão dos rios, verificou-se também que não houve diferença estatística significativa. Quanto aos coliformes termotolerantes *E. coli*, observou-se padrão semelhante, cujo ponto P2, no período seco, apresentou a maior concentração de coliformes termotolerantes, associado provavelmente aos dejetos de gado no processamento industrial, como também ao esgoto da agroindústria. Buzelli e Cunha-Santino (2013) encontraram para o Reservatório de Barra Bonita concentração média de 50 UFC/100 ml, no período seco, e 3800 UFC/100 ml, no período chuvoso, cuja principal fonte de coliformes foi despejo de esgoto sem tratamento prévio, principalmente doméstico. O baixo rio Branco possui casas de pesqueiros em seu decorrer, os quais podem lançar inadequadamente seus esgotos para o rio, contribuindo para o aumento, como também os esgotos da agroindústria como já mencionado. As concentrações de coliformes fecais *E. coli* estiveram em conformidade com a Resolução 357/2005 do CONAMA para águas de Classe 1

apenas para os pontos P1, P2 e P6, no período chuvoso, e P3 no período seco, enquanto os demais pontos enquadram-se na Classe 2.

O município de Barra do Bugres está localizado em uma região de expansão do agronegócio, com ampliação de áreas destinadas a agricultura e pecuária (PESSOA et al., 2014). Os resultados apresentados ilustram a situação atual do frigorífico. A tendência é que aumente o número de cabeças abatidas por dia, alterando o regime de lançamento de efluentes, portanto é necessário o monitoramento, a fim de acompanhar as mudanças e as respostas do ambiente frente a estas alterações antrópicas.

### *Índices de qualidade da água*

O Índice de Qualidade da Água e o Índice de Estado Trófico estão apresentados na Tabela 2, com a classificação para cada ponto em ambos períodos.

Tabela 2: Índice de Qualidade da Água e o Índice de Estado Trófico no baixo rio Branco/MT.

Pontos	IQA				IET <sub>P</sub>			
	Seca	Classif.	Chuva	Classif.	Seca	Classif.	Chuva	Classif.
P1	64	Razoável	59	Razoável	59,42	Eutrófico	60,62	Eutrófico
P2	40	Ruim	56	Razoável	60,64	Eutrófico	60,90	Eutrófico
P3	65	Razoável	56	Razoável	59,21	Eutrófico	60,43	Eutrófico
P4	61	Razoável	57	Razoável	59,15	Eutrófico	60,14	Eutrófico
P5	55	Razoável	57	Razoável	58,96	Mesotrófico	59,86	Eutrófico
P6	61	Razoável	57	Razoável	58,85	Mesotrófico	58,99	Mesotrófico

O IQA apresentou classificação predominantemente razoável, em que apenas o ponto P2 apresentou águas de classe ruim. Bucci et al. (2014) em estudo na represa Dr. João Penido (MG) obtiveram águas classificadas como ruim devido as baixas concentrações de oxigênio dissolvido e pH e altas concentrações de nitrato. Processo similar pode ter ocorrido no presente estudo, devido aos lançamentos de efluentes, contribuindo para a queda na classificação da qualidade da água. Verifica-se que no período chuvoso não houve alteração da classificação, provavelmente associado à maior capacidade de diluição neste período, propiciando melhor qualidade da água.

No geral, verificou-se pelos valores do IET que o nível trófico do rio encontra-se muito desenvolvido, variando de classificação eutrófico a mesotrófico, com redução da transparência da água, possivelmente associado a atividades antrópicas, alterando a qualidade da água e seus possíveis usos. O estudo de Andrietti et al. (2016) no rio Caiabi (MT) encontrou valores de IET muito baixos, classificados como

ultraoligotrófico, a boa classificação esteve associada às características do rio, como o turbilhonamento, baixo tempo de residência e transporte contínuo de organismos. Diferentemente do estudo citado, o baixo rio Branco possui menor velocidade de escoamento, com baixo turbilhonamento e maior tempo de concentração, o que pode estar associado ao relevo plano do local, estas características podem ter contribuído para a elevação do nível trófico.

A maioria dos pontos apresentou mesma classificação de nível trófico durante todo o ano, em que apenas o ponto P5 apresentou diferença, cujo período chuvoso obteve uma classificação inferior, em que pode ter relação com os insumos agrícolas devido ao escoamento superficial causado pela precipitação. Buzelli e Cunha-Santino (2013) em estudos no reservatório de Barra Bonita obtiveram nível trófico hipereutrófico, relacionado à extensa área agrícola próxima causando a fertilização do corpo hídrico. Em ambos períodos verificou-se que o nível trófico teve uma melhoria no decorrer do curso d'água, com melhor classificação próximo a foz do rio, indicando a capacidade de depuração do rio ao longo do seu percurso.

O baixo rio Branco possui diversos pesqueiros e casas, os quais eventualmente podem utilizar a água do rio para fins de recreação, tornando importante definir o índice de balneabilidade a fim de evitar problemas de saúde pública, como gastroenterite, hepatite A, cólera, dermatoses, dentre outras, como também monitorar a deterioração da qualidade da água (CAMPOS; CUNHA, 2015). De acordo com os resultados microbiológicos, pode-se estabelecer o índice de balneabilidade, classificando a água de satisfatório a excelente. No período seco, apenas o ponto P3 foi classificado como excelente, os pontos P1 e P6 foram classificados como muito boa, e os pontos P2, P4 e P5 foram classificados como satisfatório para balneabilidade. No período chuvoso houve melhores classificações, cujos pontos P1, P2 e P6 apresentaram classificação excelente, enquanto os demais foram classificados como muito boa. Sendo assim, o baixo rio Branco encontra-se adequado para a recreação de contato primário, mesmo com o lançamento de efluentes, contudo deve-se observar e monitorar as águas no período seco, quando a concentração de coliforme fecal do tipo E. coli aumenta, podendo causar prejuízos à saúde.

## **CONCLUSÃO**

A água do baixo rio Branco não apresentou características qualitativas em conformidade com a Resolução 357/05 do CONAMA em águas de Classe 1, em que as variáveis que limitaram a qualidade foram turbidez, OD, fosfato e coliformes fecais.

Os resultados indicam que o ponto P2 apresentou valores elevados em quase todas as variáveis, no período seco. Há variação sazonal na qualidade da água para algumas variáveis, cujo período chuvoso, em geral, houve melhoria da qualidade da água.

Os índices indicaram uma qualidade da água classificada como razoável, em que apenas o ponto P2, no período seco, apresentou águas de qualidade ruim, afetadas pelo lançamento de efluentes. O nível trófico variou de mesotrófico a eutrófico, com melhores níveis tróficos próximo a foz. O índice de balneabilidade indicou que as águas estão adequadas para o uso de recreação de contato primário.

O estudo esclarece que a qualidade da água do baixo rio Branco é afetada pelo lançamento de efluente agroindustrial, pois altera de forma local algumas características da água, contudo não apresenta uma fonte de contaminação ambiental, uma vez que sua interação é diluída em um curto espaço. A agroindústria deve tentar minimizar a carga orgânica liberada e monitorar o efluente a fim de minimizar o impacto ambiental.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT (Edital 041/2016). Agradecemos o apoio da equipe do Laboratório de Qualidade de Água da Universidade do Estado de Mato Grosso.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G.; ALMEIDA, F. T.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R. M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 1 p. 162-175, 2016.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. Washington DC: APHA, 2005.

BUCCI, M. H. S.; OLIVEIRA, L. F. C. Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Revista Ambiente e Água**, v. 9 n. 1, p. 130 -148, 2014.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n.1, p. 186-205, 2013.

CAMPOS, J. S.; CUNHA, H. F. A. Análise comparativa de parâmetros de balneabilidade em Fazendinha, Macapá-AP. **Biota Amazônica**, v. 5, n. 4, p. 110-118, 2015.

CAMPOS, R. F. F.; BORGA, T.; VASQUEZ, E. M. Análisis de la interacción de un efluente industrial con el Índice de Calidad del Agua del Río Pessegueirinho, Curitiba, Santa Catarina, Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 21, n. 2, p.179-185, 2017.

CIKOSKI, A.; ROTTA, M.; BECEGATO, V.; MACHADO, W. C. P.; ONOFRE, S. B. Caracterização de efluentes gerados no processo agroindustrial – Caso da indústria frigorífica. **Revista Geoambiente on-line**, n. 11, p. 92-102, 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). **Resolução CONAMA nº 357, 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.

FAVA, R. C. A. **Caracterização quali-quantitativa da bacia hidrográfica do rio dos Bugres – MT visando o planejamento e gestão dos recursos hídricos**. (2012) 146f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

FIA, R.; MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; RAMIREZ, O. P. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 4, n. 1, p. 132-141, 2009.

MATO GROSSO. **Diário Oficial do Estado nº 26719 de 17 de Fevereiro de 2016**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA, pg. 9.

MEDEIROS, A. C.; LIMA, M. O.; GUIMARÃES, R. M. Avaliação da qualidade da água de consumo por comunidades ribeirinhas em áreas de exposição a poluentes urbanos e industriais nos municípios de Abaetetuba e Barcarena no estado do Pará, Brasil. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 3, p. 695-708, 2016.

Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instrução Normativa Nº 62**, de 29 de dezembro de 2011. Brasil: DOU, 2011.

MULLER, T.; GRANADA, C. E.; SPEROTTO, R. A. Qualidade da água de três locais com potenciais fontes de contaminação no Rio Taquari, RS. **Revista Ambiente e Água**, vol. 11, n. 1, p. 76-84, 2016.

PESSOA, S. P. M.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S. Mapeamento do uso e ocupação da floresta aluvial no rio Paraguai - Barra do Bugres/Mato Grosso. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 66, v. 6, p. 1295-1303, 2014.

QUEIROZ, T. M.; OLIVEIRA, L. C. P. Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 173-180, 2018.

THEBALDI, M. S.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.; ROCHA, M. S.; AVELINO NETO, S. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 302–309, 2011.

VASANTHAVIGAR, M.; SRINIVASAMOORTHY, K.; PRASANNA, M. V. Evaluation of groundwater suitability for domestic, irrigational, and industrial purposes: a case study from Thirumanimuttar river basin, Tamilnadu, India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 1, p. 405-420, 2012.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa revelou qualidade da água da bacia do rio Branco alterada em algumas variáveis, relacionada, possivelmente, ao uso e ocupação da terra na bacia, caracterizado por atividades agropecuárias. Os índices demonstraram-se úteis para a determinação e classificação de características qualitativas da água, apresentando-se um instrumento de auxílio para gestores e tomadores de decisão quanto ao gerenciamento dos recursos hídricos.

Vale ressaltar algumas limitações encontradas na execução desse estudo, como a ausência de alguns dados em meses de cheia na região, que impediram o acesso ao rio. Como também a ausência da análise de clorofila a para a determinação do índice de estado trófico, devido a falta de materiais e equipamentos para a realização da mesma. Durante as coletas encontrou-se diversas dificuldades de acesso e travessia, transformando cada uma em um desafio, que tornou a conclusão desta pesquisa ainda mais prazerosa e satisfatória.

A partir das informações apresentadas recomenda-se que estudos de avaliação da qualidade da água desta bacia, quanto de outras, se mantenham, a fim de certificar dos corretos usos dos recursos hídricos, visando à manutenção de suas características qualitativas, como quantitativas.

O presente estudo evidencia a importância do monitoramento da qualidade da água para a verificação dos impactos causados pelas ações antrópicas, e seus possíveis usos, demonstrando sua necessidade para o planejamento e gestão adequados dos recursos hídricos, a fim de manter a sustentabilidade de todo o ambiente.

## APÊNDICE 1: Relatório fotográfico

### 1.1 PONTOS DE COLETA

**P1 (474.979; 8.332.514):** Local de acesso a barco, com águas de baixa correnteza e pesqueiros próximo.



**P2 (474.322; 8.341.860):** Localizado no meio de um canavial, rio largo, com correnteza mediana. Clareira aberta na mata, com indícios da presença de pessoas (pescadores), como lixos e churrasqueiras. No período chuvoso inundações tornam impossível adentrar (imagens no tópico 2, Inundações).





**P3 (472.787; 8.350.329):** Localizado em meio ao canavial. Clareira aberta na mata, com o solo bastante afetado pelas cheias, com processos erosivos. Sem sinais de pescadores. No período chuvoso inundações tornam impossível adentrar (imagens no tópico 2, Inundações).





**P4 (469.179; 8.363.586):** Entre o canal, muito próximo a área urbana de Nova Olímpia. Há uma estrada, contendo uma manilha para o escoamento da água. Sinais de pescadores, com restos de churrasqueiras e lixo. Coleta ocorre em trecho com maior correnteza, em que não há interferência da manilha.



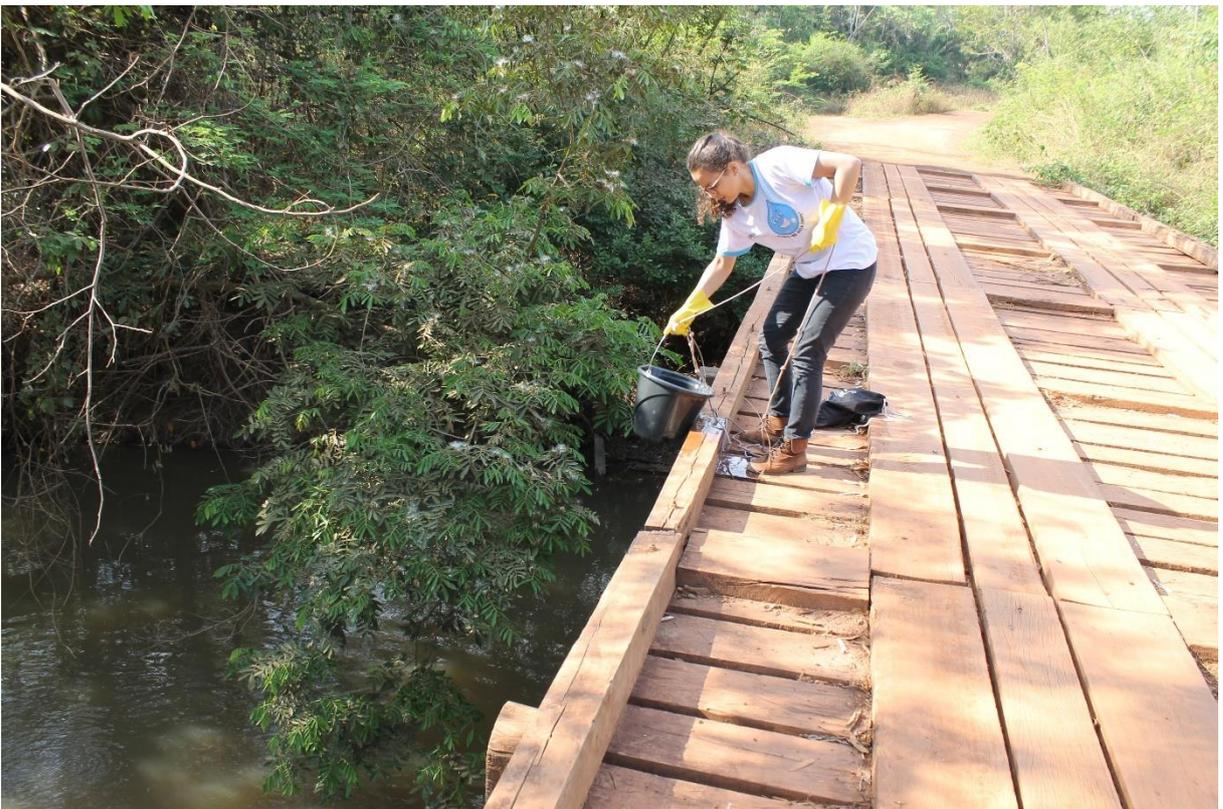
**P5 (465.753; 8.357.471):** Localizado em meio a uma área de vasta vegetação nativa, próximo de área destinada a agricultura. Com correnteza mediana, tem indícios de pescadores, com churrasqueira, latas de cerveja. Coleta realizada na ponte, com uso de balde e corda.





**P6 (456.626; 8.363.020):** Localizado em meio a vegetação, próximo a área de agricultura. Água possui pouca correnteza. Coleta realizada na ponte, com uso de balde e corda.



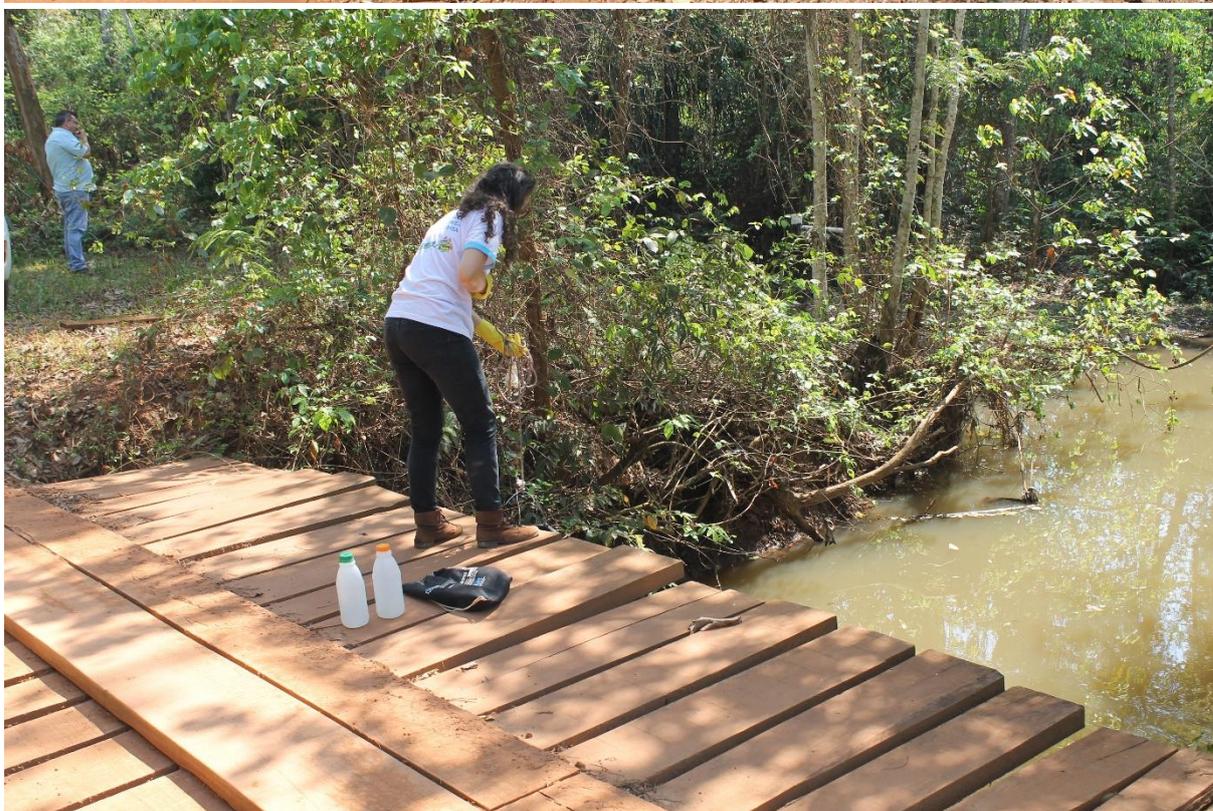


**P7 (455.291; 8.371.066):** Ponto localizado ao lado de pastos, com vegetação raleada, beira do rio pisoteada pelo gado, que utiliza o local para dessedentação. Local próximo a uma nascente, com muitas pedras, cujo no período crítico de estiagem o córrego quase seca, mantendo as águas paradas. Há uma casa próxima, em que os moradores relataram utilizar a água da nascente para o consumo humano.





**P8 (448.863; 8.369.029):** Ponto localizado em meio a pasto, cujo abaixo do ponto de coleta o gado adentra a vegetação, que já está raleada, causando o pisoteio no arredores do curso d'água, a fim de sua dessedentação.



**P9 (439.640; 8.362.775):** Localizado próximo de pastos, o córrego possui baixa vazão, com vegetação mais densas. De um lado do rio a água fica muito rasa, passando por pedras, onde possui maior correnteza, local em que a coleta é realizada.





**P10 (433634; 8349492):** Localizado próximo de área urbanizada, o distrito de Nova Fernandópolis. O córrego tem sinais de banhistas, com trampolim e sacos para contenção da água, formando uma área de água parada.



**P11 (450.688; 8.356.008):** Ponto de coleta na ponte, com uso de balde, a mesma encontra-se com muitas falhas, e quebrados. O local há presença constante de pescadores, que jogam lixo nos arredores, sinais de churrasqueiras, e cevam a água, formando camadas sobre a água.





**P12 (458.646; 8.349.575):** Localizado em um canal, em Barra do Bugres. O córrego passa por uma estrada, por meio de duas manilhas, cujo um dos lados a água alaga, formando uma extensa área alagada com água parada, o outro lado a água deságua em maior velocidade por um córrego estreito.





## 1.2 INUNDAÇÕES

**Janeiro/2018: P2**



**P3**



**Fevereiro/2018:** O alagamento nos pontos citados acima continuaram, contudo os mesmos não foram registrados neste mês.

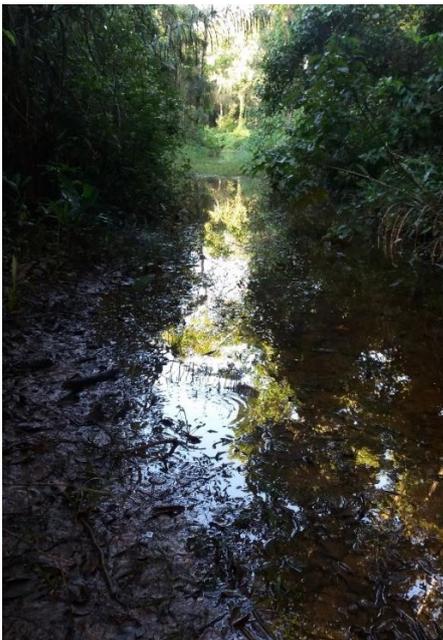
**Março/2018: P2**



**P3**



**Abril/2018: P2**

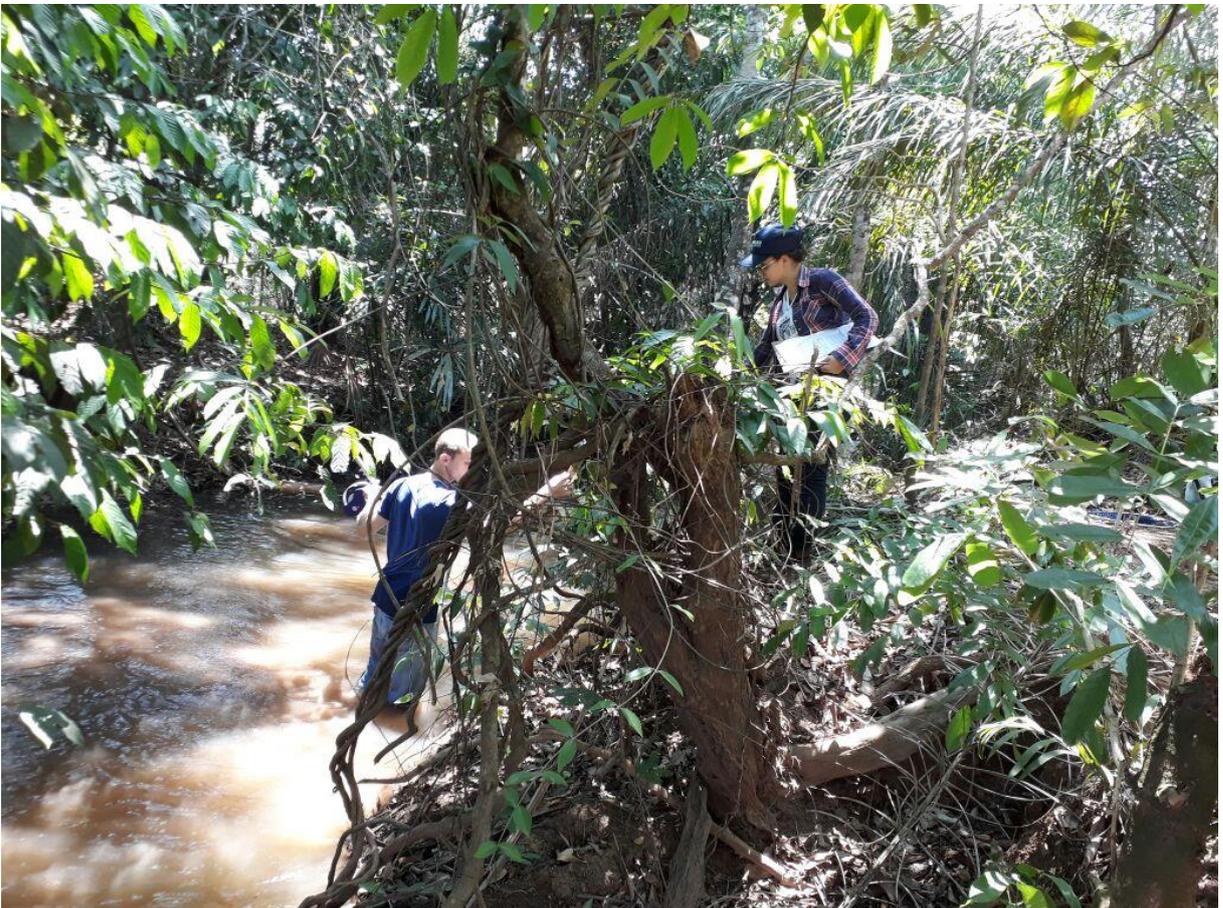


P3



### 1.3 CAMPO E MEDIÇÃO DE VAZÃO









## 1.4 LANÇAMENTOS DE EFLUENTES

22 de maio de 2018



21 de junho de 2018



09 de julho de 2018





13 de agosto de 2018





## 1.5 DESAFIOS

**21 de junho de 2018:** Queda de uma árvore impedindo a travessia, em que atravessamos por via terrestre, carregando os itens a mão até outro lado.



**09 de julho de 2018:** Árvore continuava impedindo, em que para atravessar tivemos que passar por baixo. Mais à frente uma nova árvore caiu, impedindo a passagem, para tanto teve que cortar com machado uma pequena passagem.











**I Encontro e Workshop do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola (13 a 15 de junho 2018):** Apresentação em pôster do trabalho intitulado “Qualidade Ambiental do Recurso Hídrico do Rio Branco/MT”.

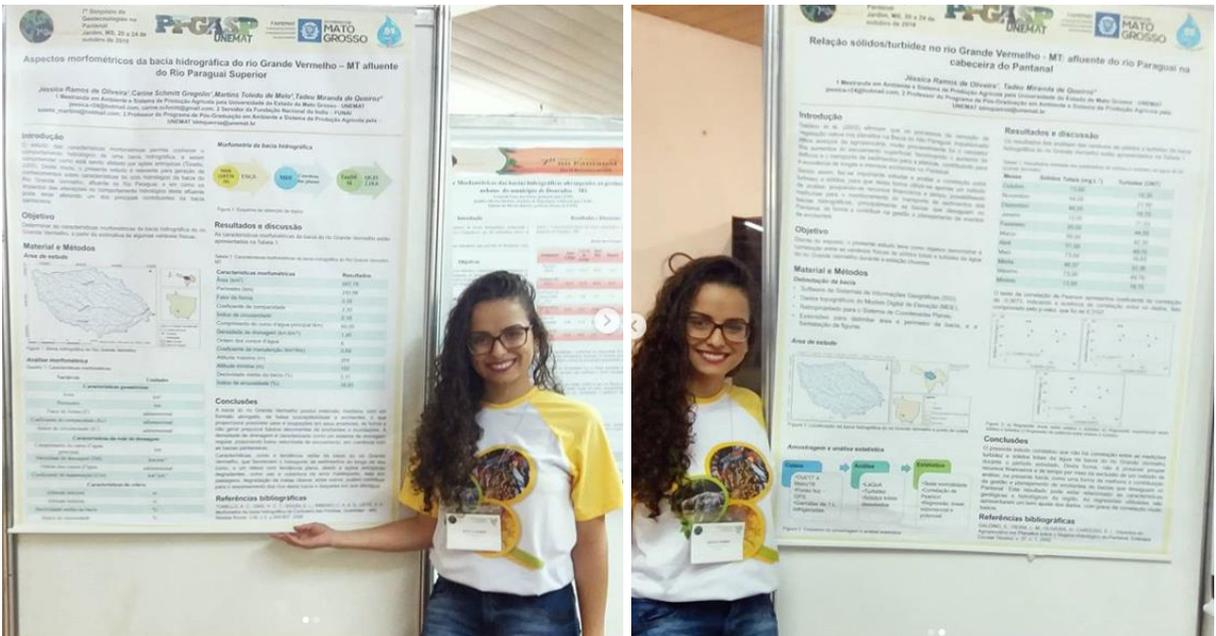


**IX Seminário Regional de Extensão Universitária da Região Centro – Oeste – SEREX (20 a 22 de agosto de 2018):** Apresentação oral do artigo intitulado “Caracterização microbiológica da água de poços artesianos em escolas do Assentamento Antônio Conselheiro – MT” e apresentação em pôster do artigo intitulado “PROGRAMA DE EXTENSÃO “BB Água Limpa”: Uma abordagem sobre a qualidade da água na Aldeia Haliti-Paresí na terra indígena Rio Formoso, Tangará Da Serra/MT”.





**7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal – GeoPantanal (20 a 24 de outubro de 2018):** Apresentação em pôster dos artigos intitulados “Aspectos morfométricos da bacia hidrográfica do rio Grande Vermelho MT afluente do Rio Paraguai Superior” e “Relação sólidos/turbidez no rio Grande Vermelho - MT: afluente do rio Paraguai na cabeceira do Pantanal”.



**Aspectos morfométricos da bacia hidrográfica do rio Grande Vermelho - MT afluente do Rio Paraguai Superior**

*Juliana Ramos de Oliveira, Cassia Schmitt Gregório, Marlene Toledo de Melo, Taisa Mariani de Oliveira*  
 1. Universidade do Estado de Mato Grosso para Desenvolvimento da Região do Rio Grande - UNEMAT, Instituto de Geografia, Av. Brasil, 29, s/n, Caixa Postal 78060-900, Mato Grosso, Brasil.  
 2. Instituto de Física de Física de Universidade de São Paulo - USP, Av. Trabalhador São-carlosense, 400, São Carlos, SP, Brasil.  
 3. Instituto de Física de Física de Universidade de São Paulo - USP, Av. Trabalhador São-carlosense, 400, São Carlos, SP, Brasil.

**Introdução**  
 O objetivo do trabalho é analisar morfométricamente a bacia hidrográfica do rio Grande Vermelho, afluente do rio Paraguai Superior, visando compreender as características físicas que influenciam o escoamento superficial e a sedimentação na cabeceira do Pantanal.

**Objetivo**  
 Determinar os parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Grande Vermelho e avaliar sua influência no escoamento superficial e na sedimentação na cabeceira do Pantanal.

**Materiais e Métodos**  
 A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Grande Vermelho, localizada no município de São José do Rio Preto, Mato Grosso do Sul. Os dados foram obtidos através de imagens de satélite e planimetria.

**Resultados e discussão**  
 Os resultados mostram que a bacia hidrográfica do rio Grande Vermelho possui características morfométricas que favorecem o escoamento superficial e a sedimentação na cabeceira do Pantanal.

**Conclusões**  
 A análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Grande Vermelho revelou que a topografia acidentada e a alta densidade de drenagem contribuem para o aumento do escoamento superficial e a sedimentação na cabeceira do Pantanal.

**Referências Bibliográficas**  
 OLIVEIRA, J. R. de; GREGÓRIO, C. S.; TOLEDO, M. T. de; MARIANI, T. M. de. Aspectos morfométricos da bacia hidrográfica do rio Grande Vermelho, afluente do rio Paraguai Superior. In: Anais do 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal - GeoPantanal, 2018, São Carlos, SP.

**Relação sólidos/turbidez no rio Grande Vermelho - MT: afluente do rio Paraguai na cabeceira do Pantanal**

*Juliana Ramos de Oliveira, Taisa Mariani de Oliveira*  
 1. Universidade do Estado de Mato Grosso para Desenvolvimento da Região do Rio Grande - UNEMAT, Instituto de Geografia, Av. Brasil, 29, s/n, Caixa Postal 78060-900, Mato Grosso, Brasil.  
 2. Instituto de Física de Física de Universidade de São Paulo - USP, Av. Trabalhador São-carlosense, 400, São Carlos, SP, Brasil.

**Introdução**  
 O objetivo do trabalho é analisar a relação entre a concentração de sólidos em suspensão e a turbidez no rio Grande Vermelho, afluente do rio Paraguai Superior, visando compreender as características físicas que influenciam o escoamento superficial e a sedimentação na cabeceira do Pantanal.

**Objetivo**  
 Determinar a relação entre a concentração de sólidos em suspensão e a turbidez no rio Grande Vermelho e avaliar sua influência no escoamento superficial e na sedimentação na cabeceira do Pantanal.

**Materiais e Métodos**  
 A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Grande Vermelho, localizada no município de São José do Rio Preto, Mato Grosso do Sul. Os dados foram obtidos através de imagens de satélite e planimetria.

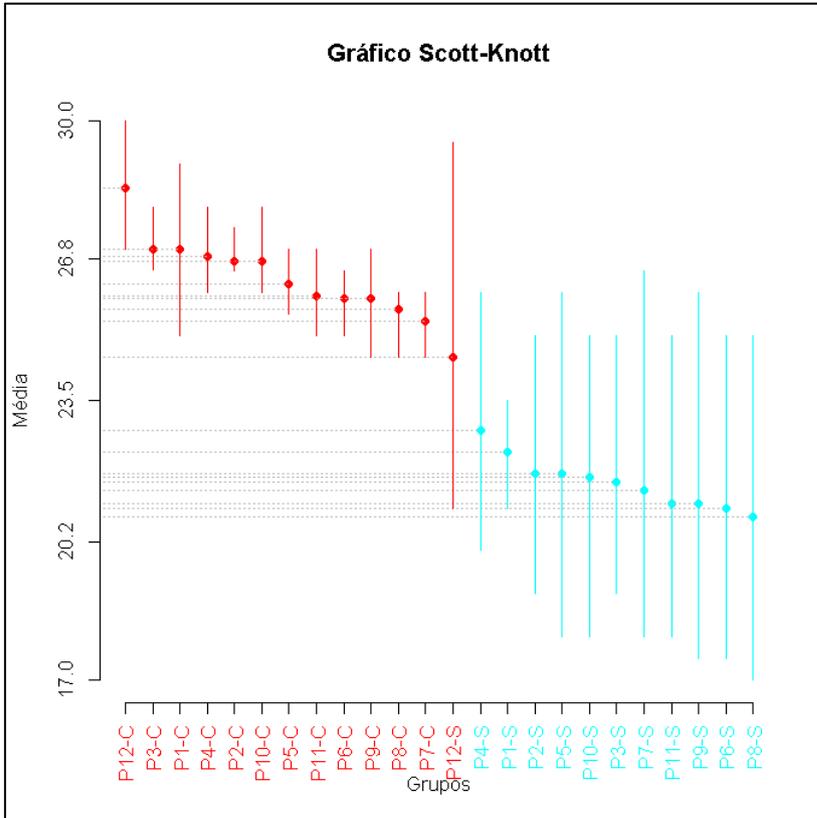
**Resultados e discussão**  
 Os resultados mostram que a concentração de sólidos em suspensão e a turbidez no rio Grande Vermelho estão diretamente relacionadas, indicando que a sedimentação na cabeceira do Pantanal é influenciada por esses fatores.

**Conclusões**  
 A análise da relação entre a concentração de sólidos em suspensão e a turbidez no rio Grande Vermelho revelou que a topografia acidentada e a alta densidade de drenagem contribuem para o aumento do escoamento superficial e a sedimentação na cabeceira do Pantanal.

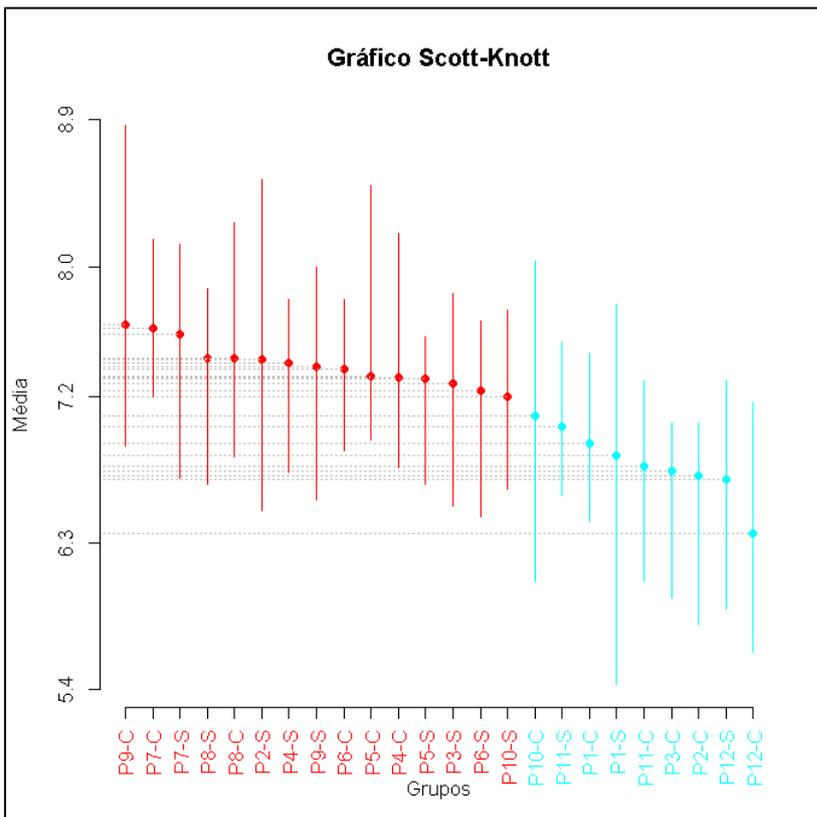
**Referências Bibliográficas**  
 OLIVEIRA, J. R. de; MARIANI, T. M. de. Relação sólidos/turbidez no rio Grande Vermelho - MT: afluente do rio Paraguai na cabeceira do Pantanal. In: Anais do 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal - GeoPantanal, 2018, São Carlos, SP.

**APÊNDICE 2: Análise de agrupamento de Scott-Knott com 95% de confiança para os pontos dos Artigos 2 e 3**

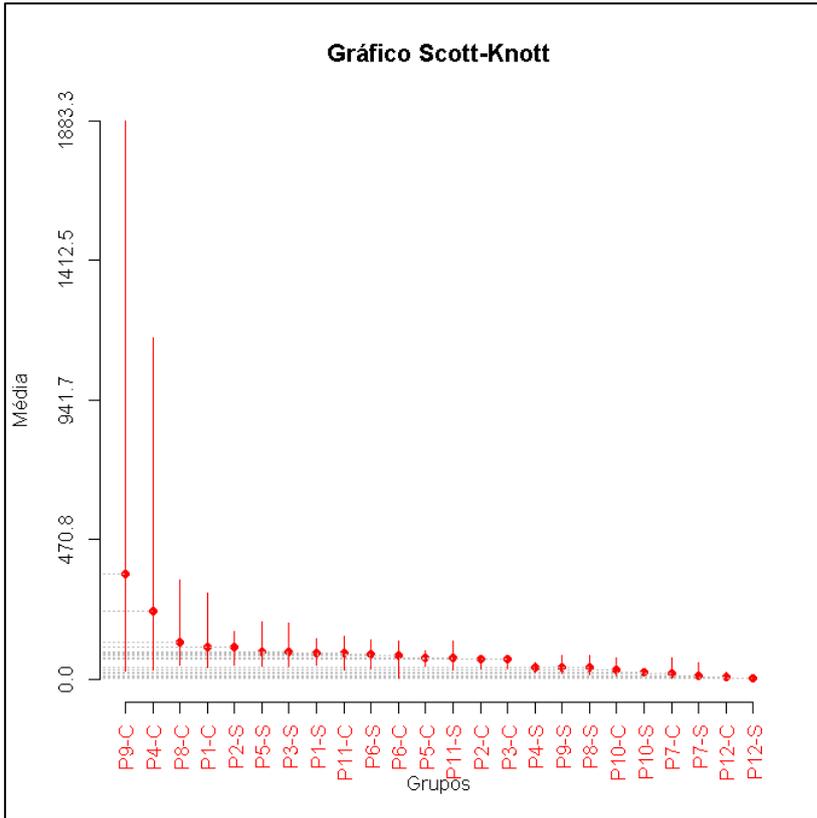
**Temperatura (°C)**



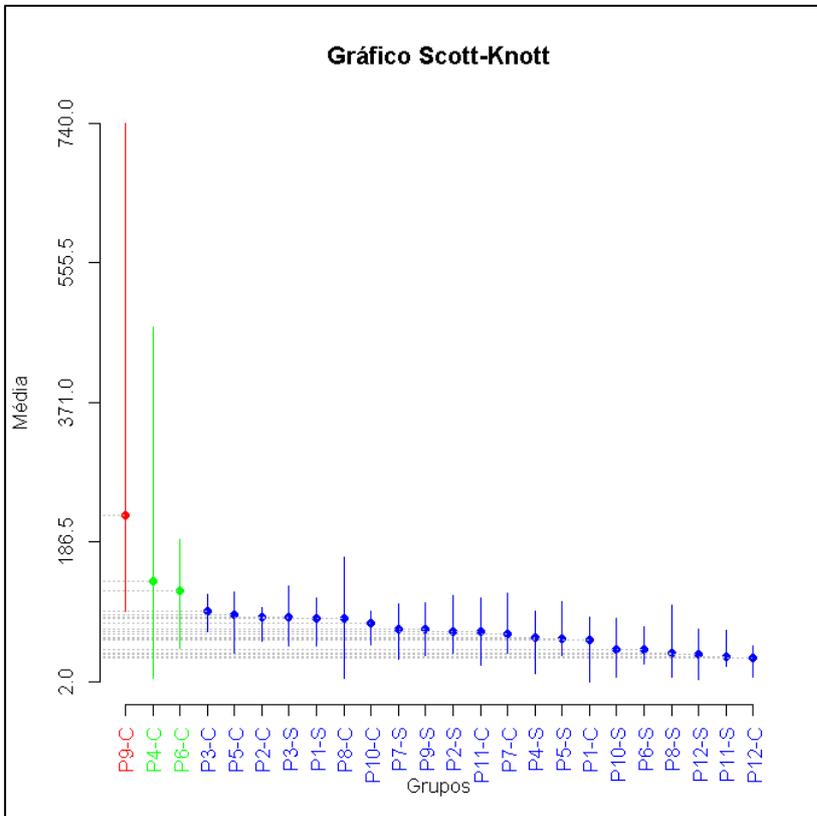
**pH**



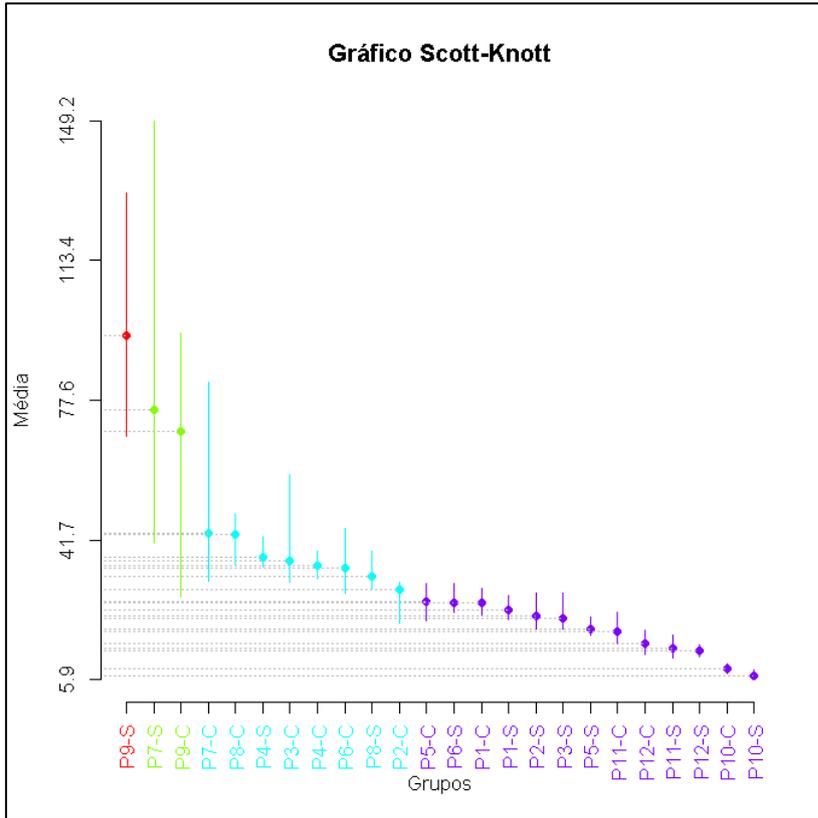
**Turbidez (UNT)**



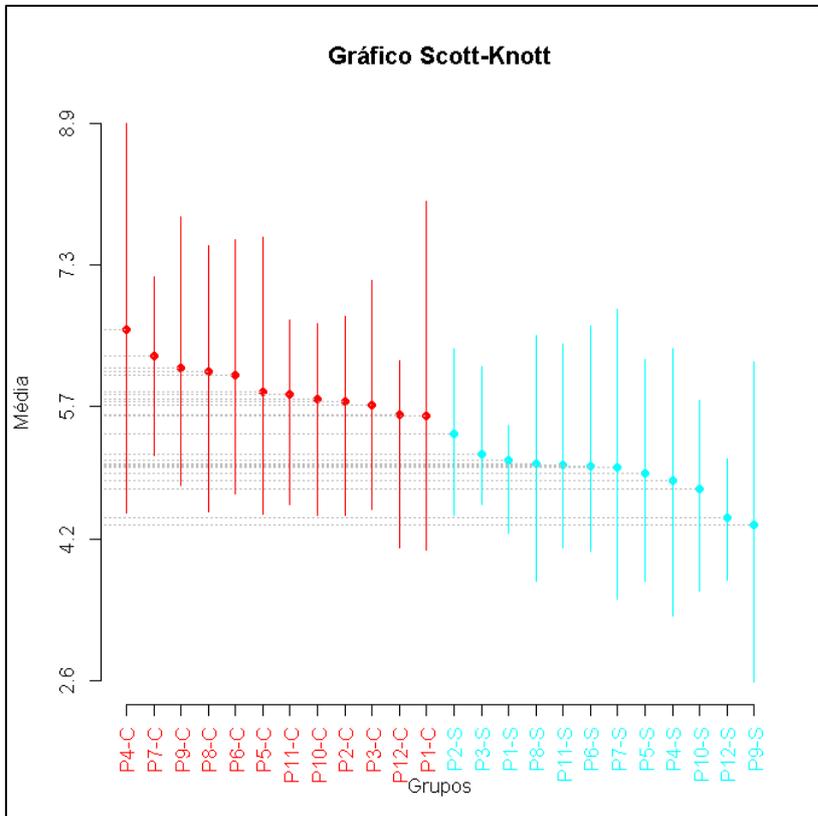
**Sólidos Totais (mg-L<sup>-1</sup>)**



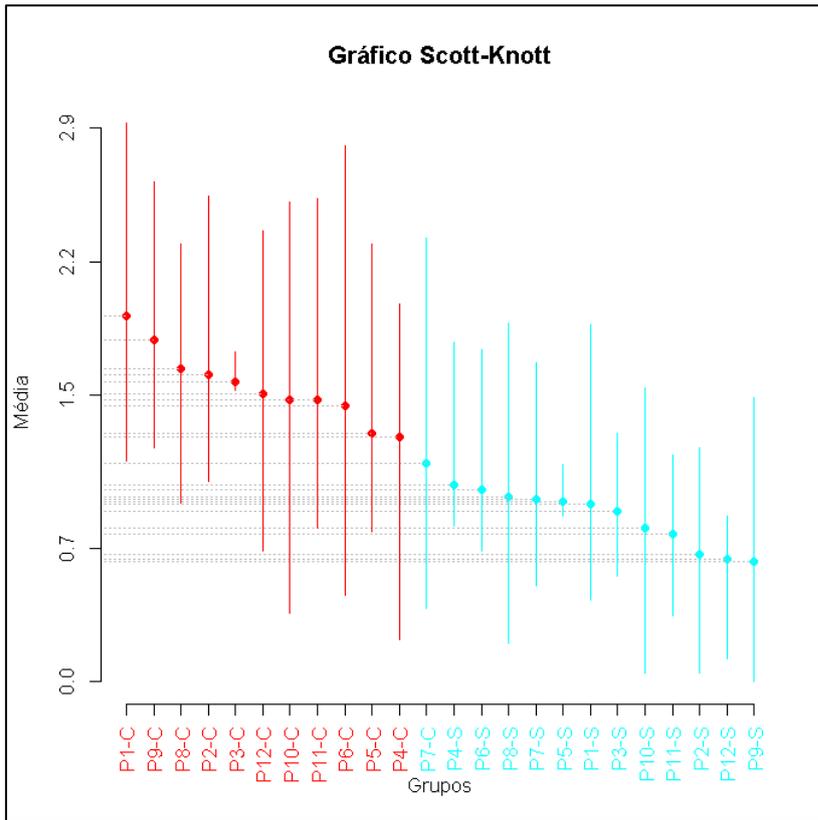
**Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )**



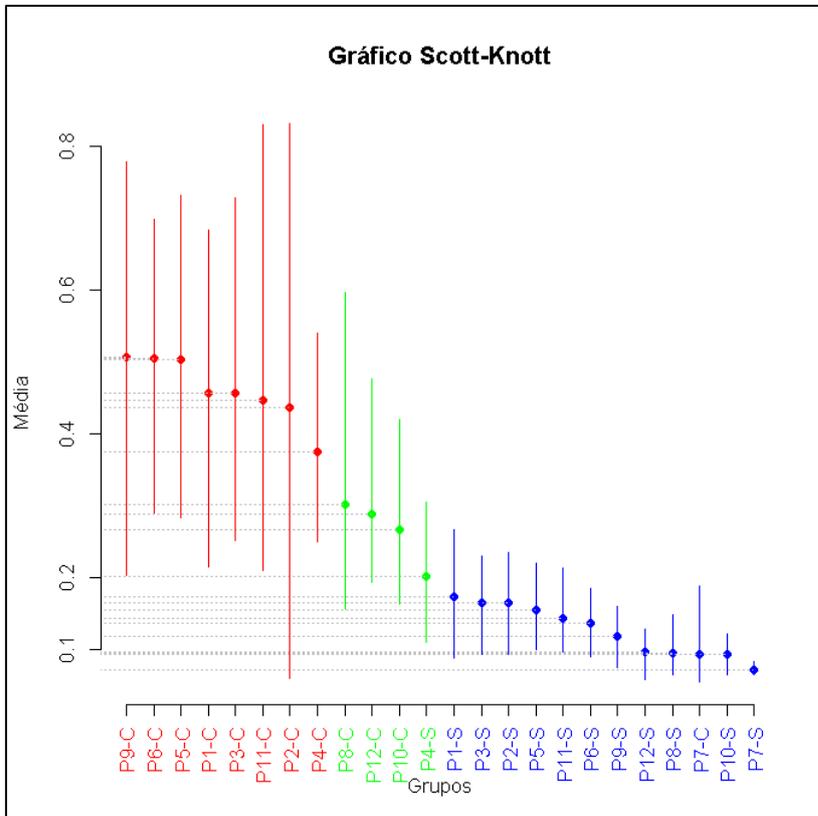
**Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )**



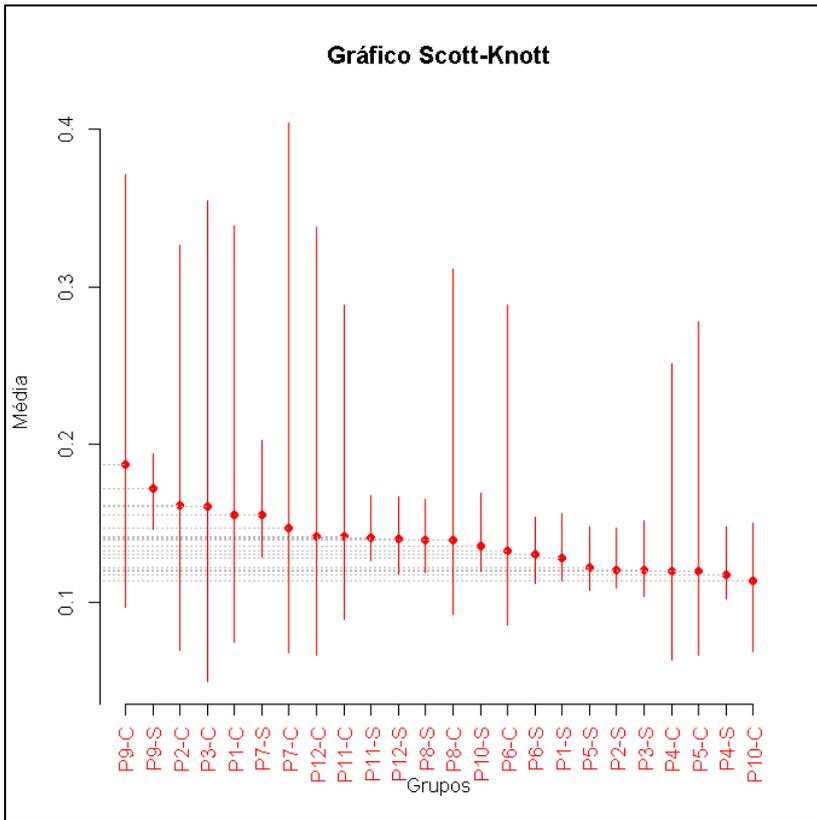
### Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg-L<sup>-1</sup>)



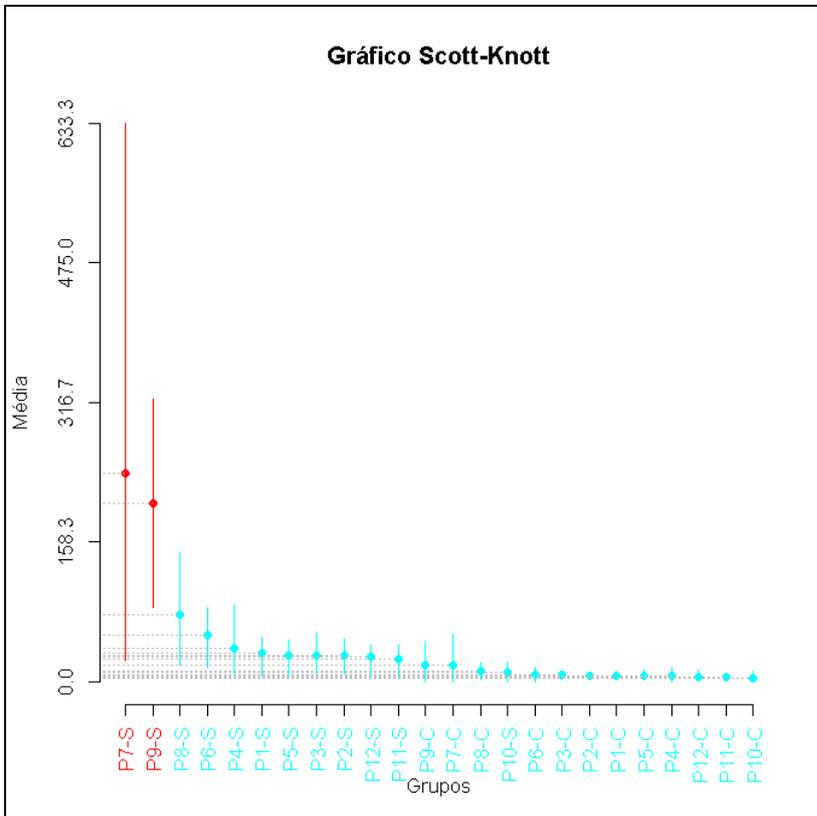
### Nitrato (mg-L<sup>-1</sup>)



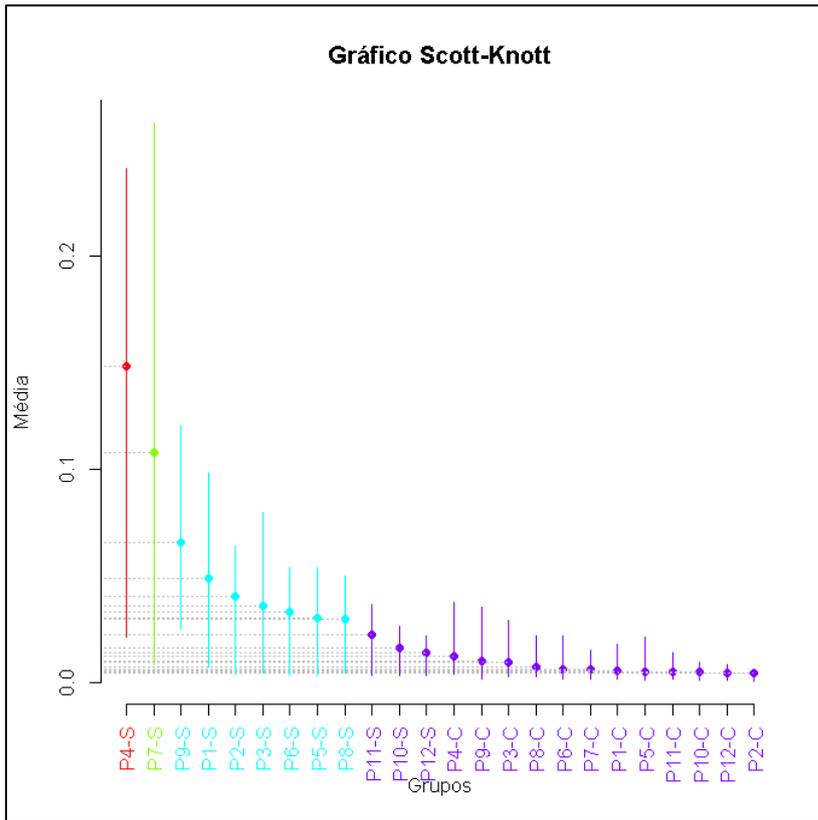
**Fosfato (mg·L<sup>-1</sup>)**



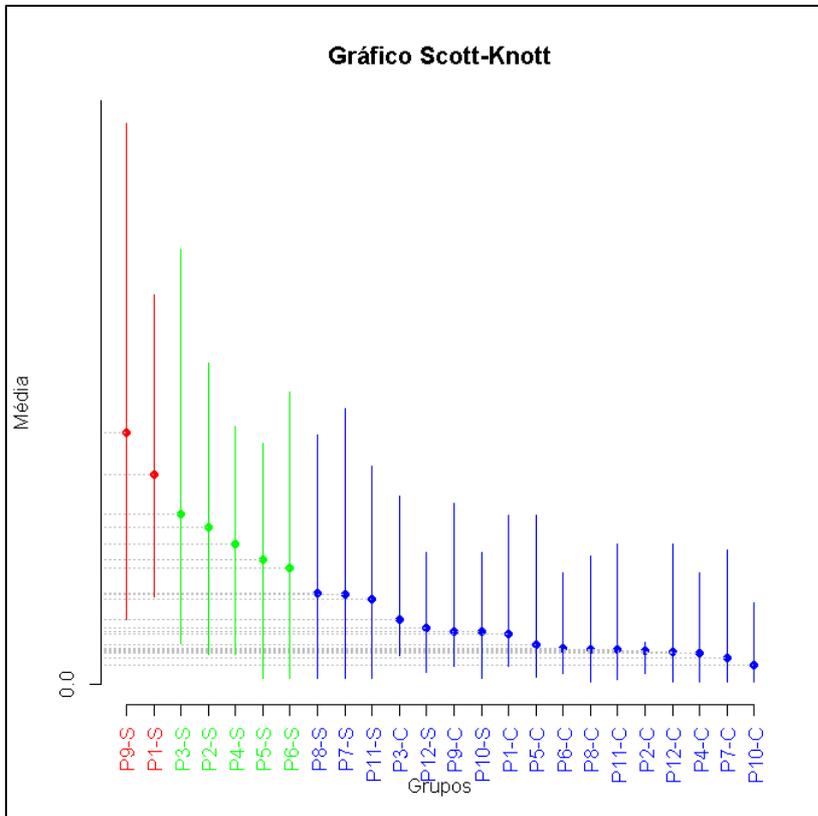
**Dureza (mg·L<sup>-1</sup>)**



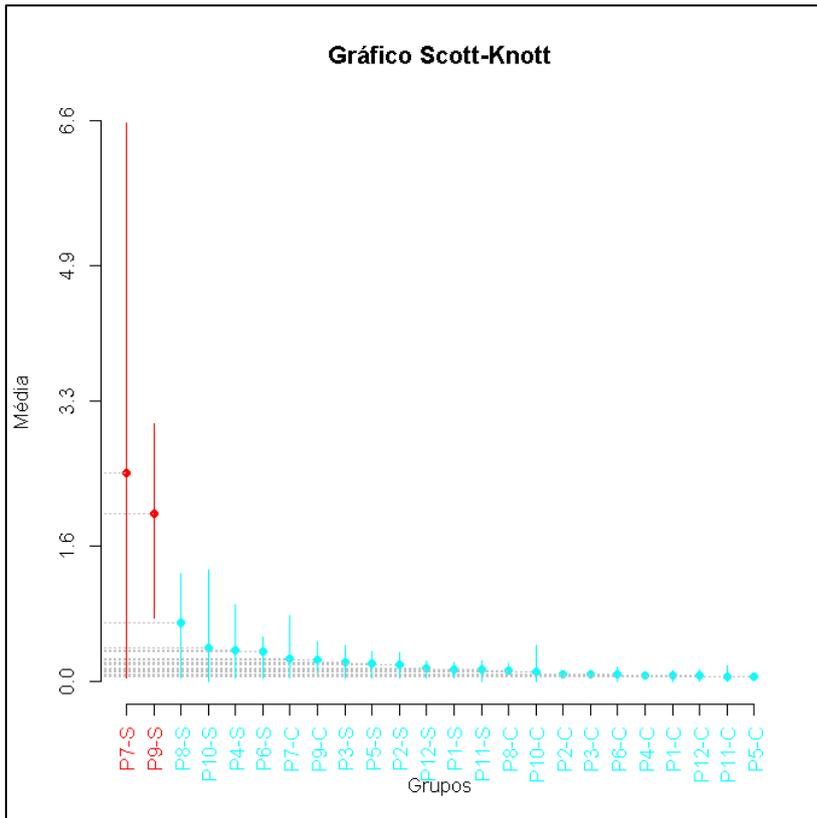
**Sódio (mmol<sub>c</sub>·L<sup>-1</sup>)**



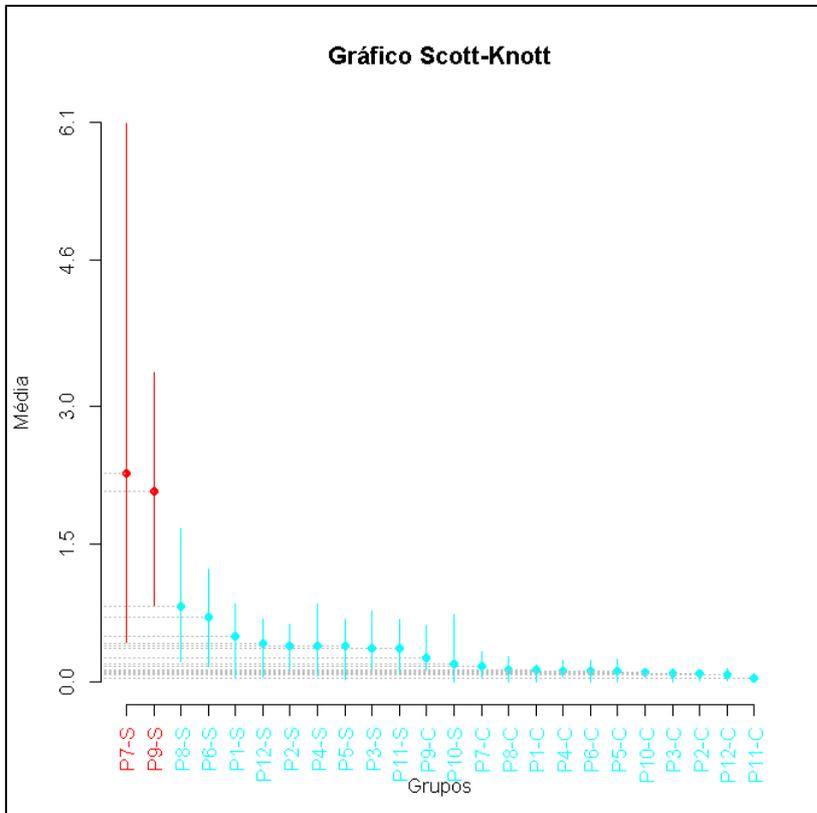
**Potássio (mmol<sub>c</sub>·L<sup>-1</sup>)**



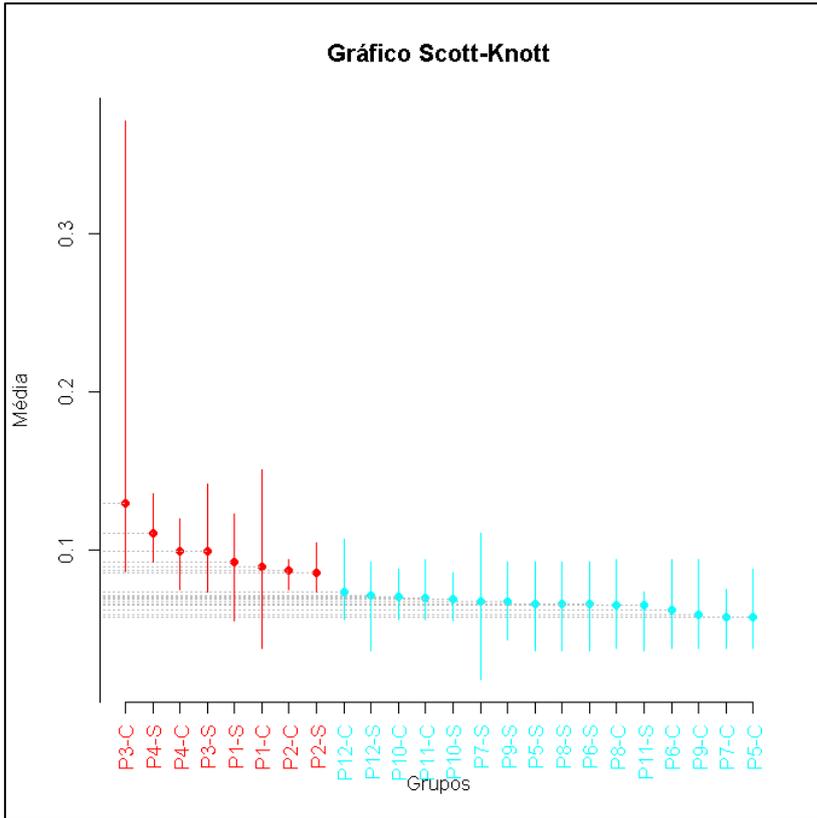
### Cálcio ( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )



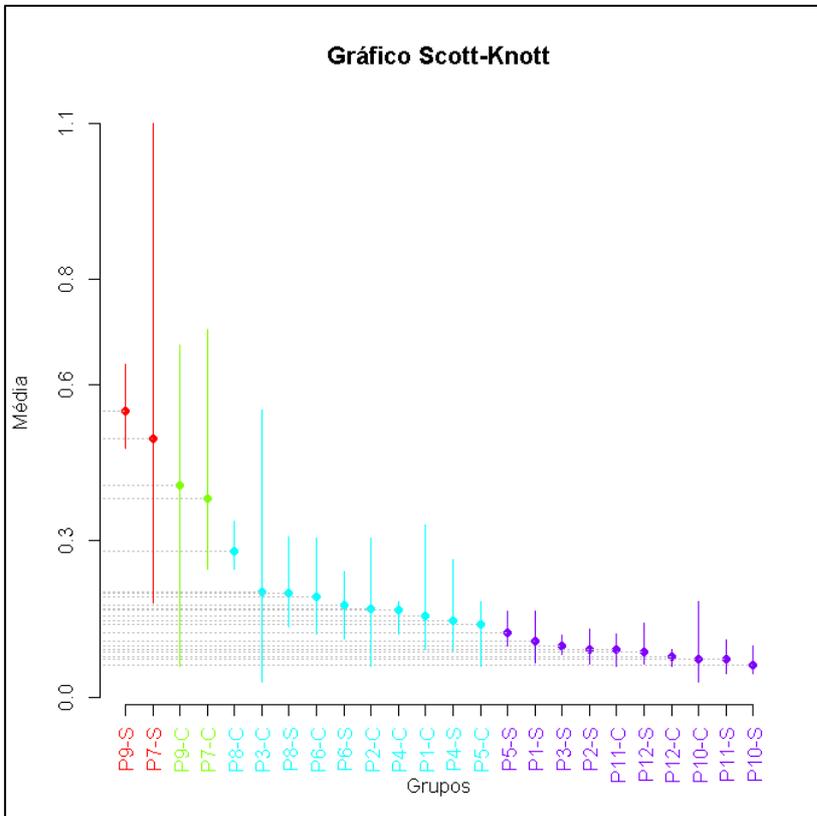
### Magnésio ( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )



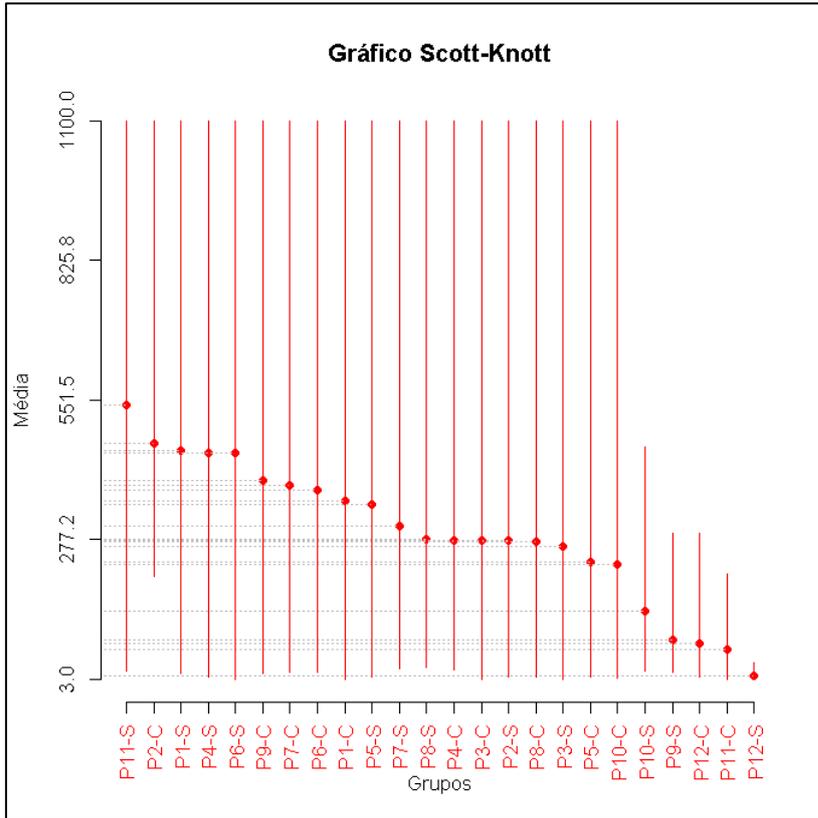
**Cloretos (mmol<sub>c</sub>·L<sup>-1</sup>)**



**Bicarbonatos (mmol<sub>c</sub>·L<sup>-1</sup>)**

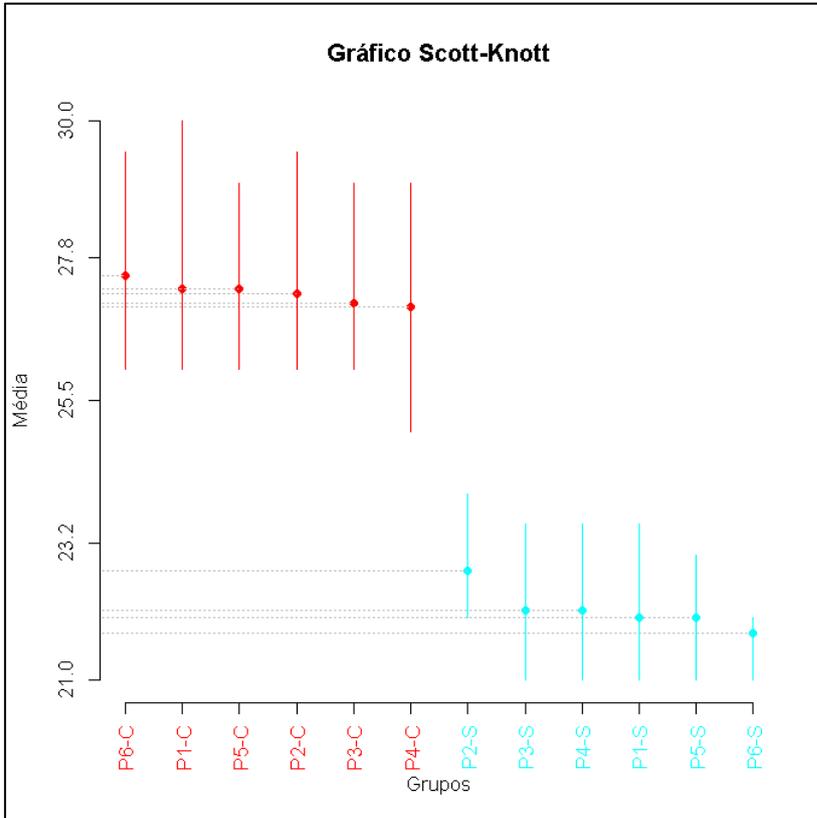


## Coliformes Termotolerantes E. coli (NMP/100ml)

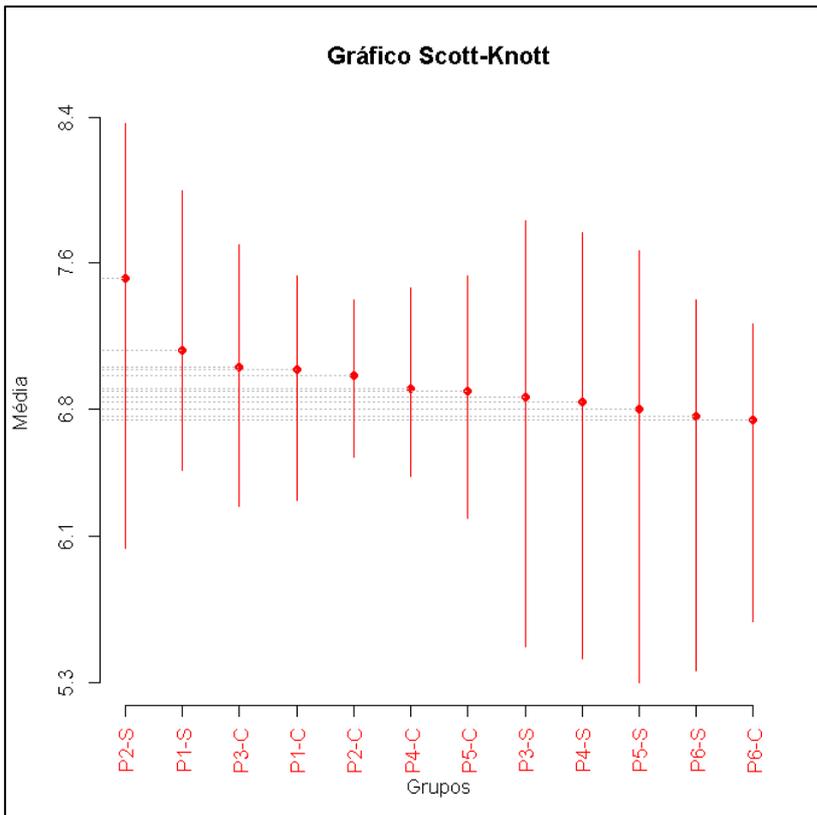


**APÊNDICE 3: Análise de agrupamento de Scott-Knott com 95% de confiança para os pontos do Artigo 4**

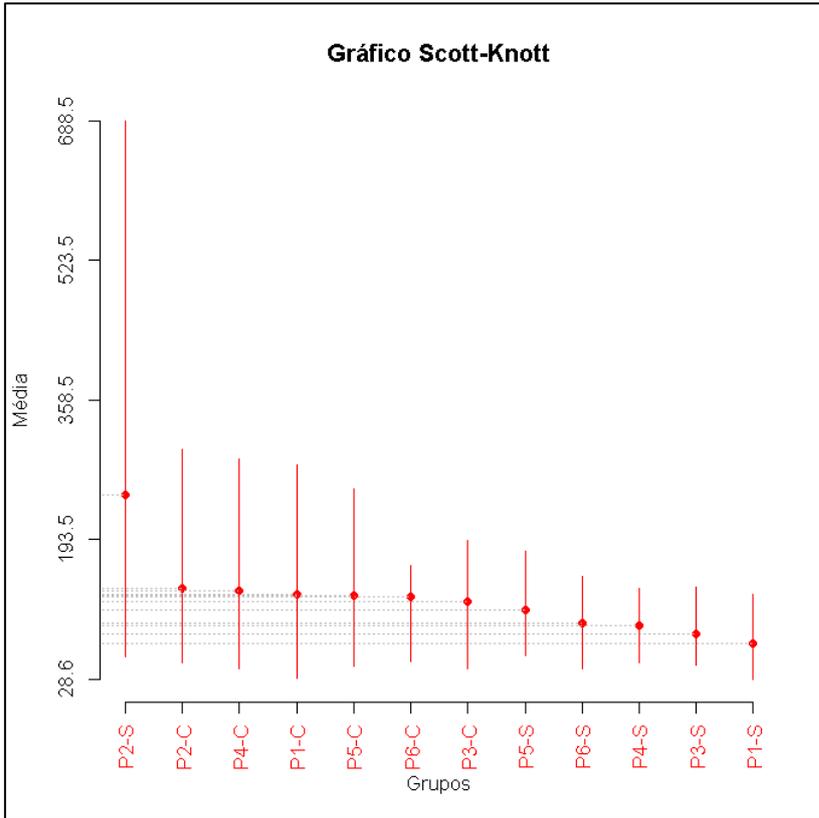
**Temperatura (°C)**



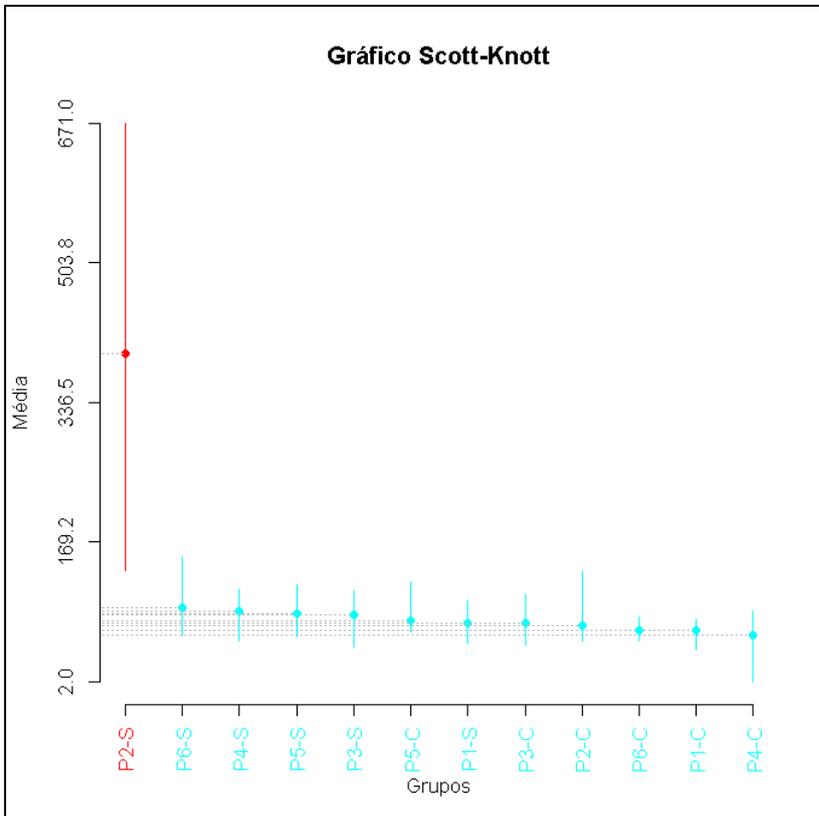
**pH**



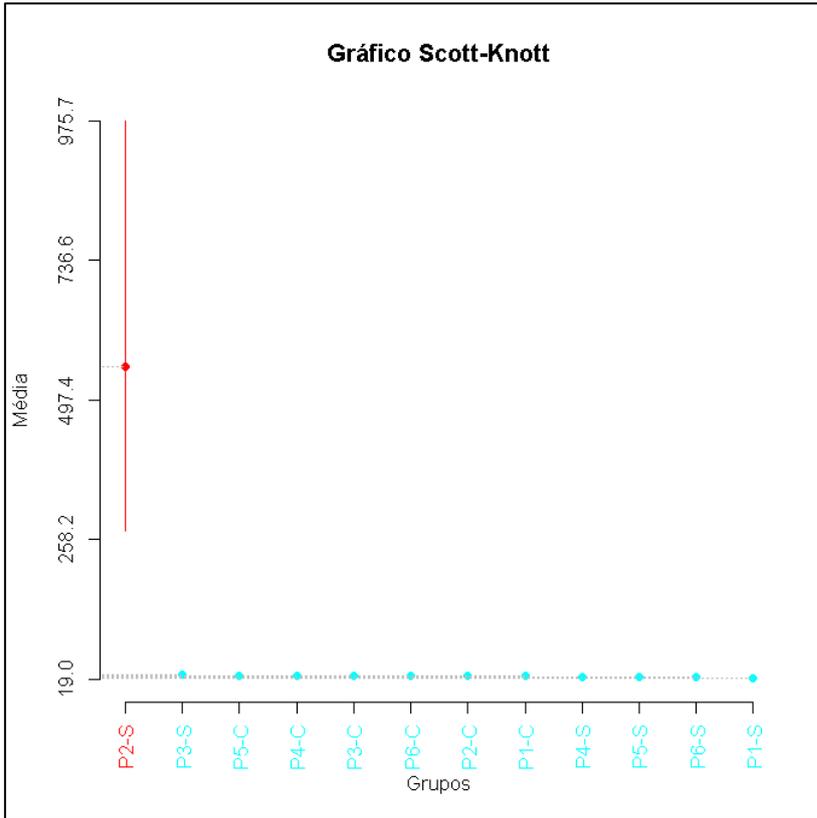
**Turbidez (UNT)**



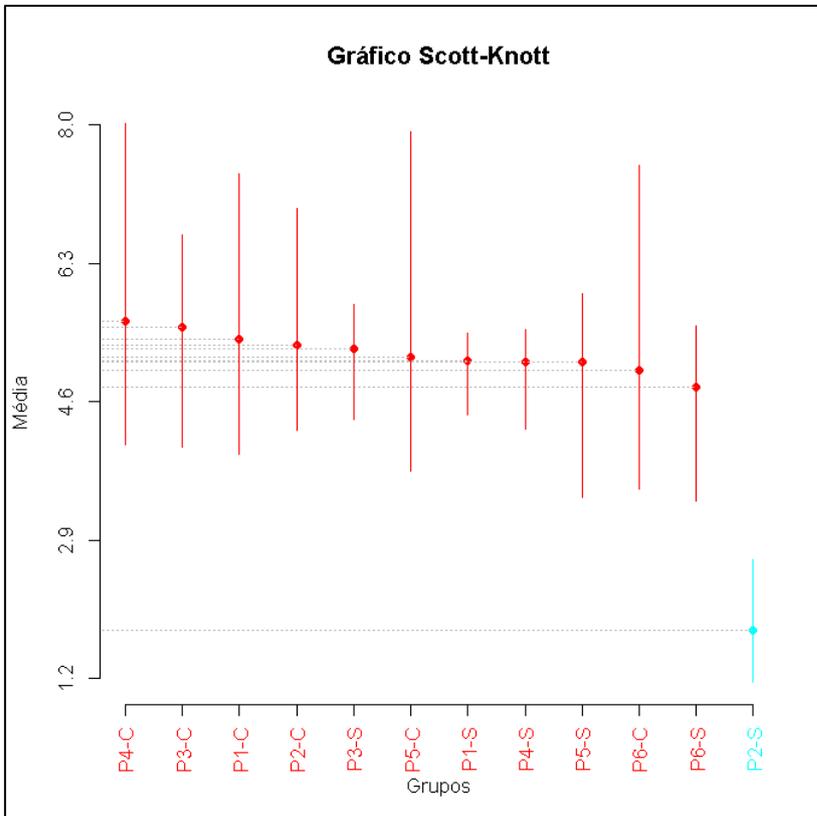
**Sólidos Totais (mg-L<sup>-1</sup>)**



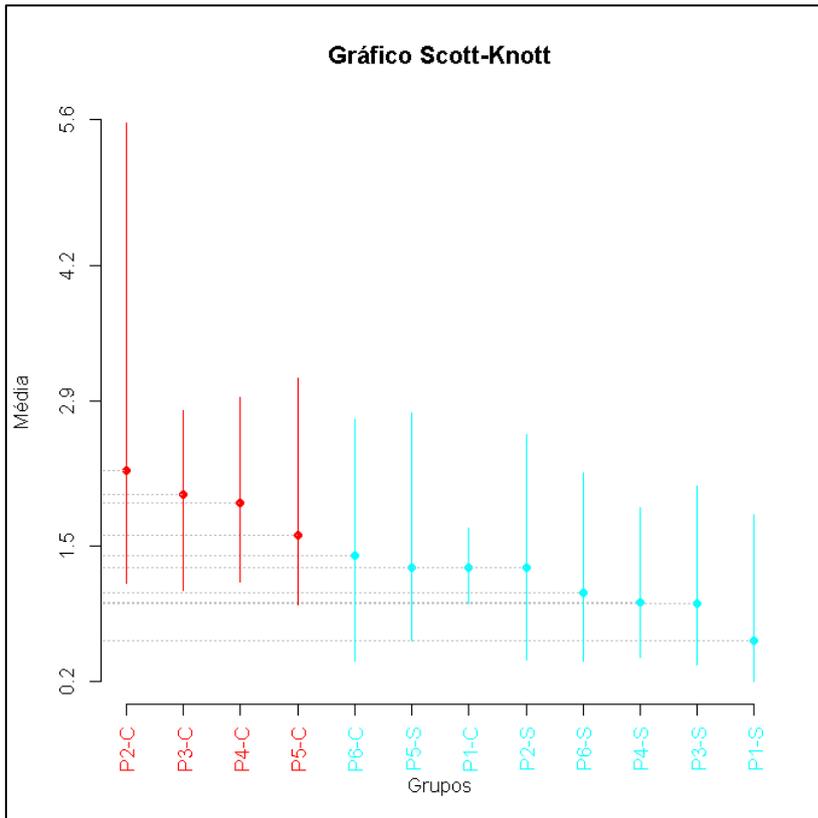
**Condutividade Elétrica ( $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ )**



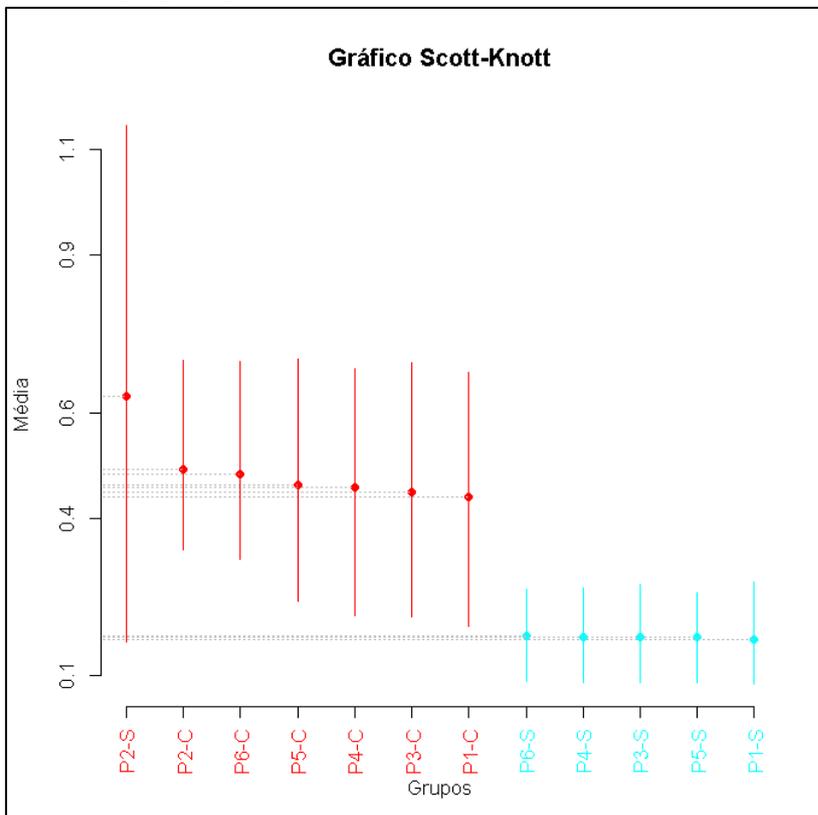
**Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )**



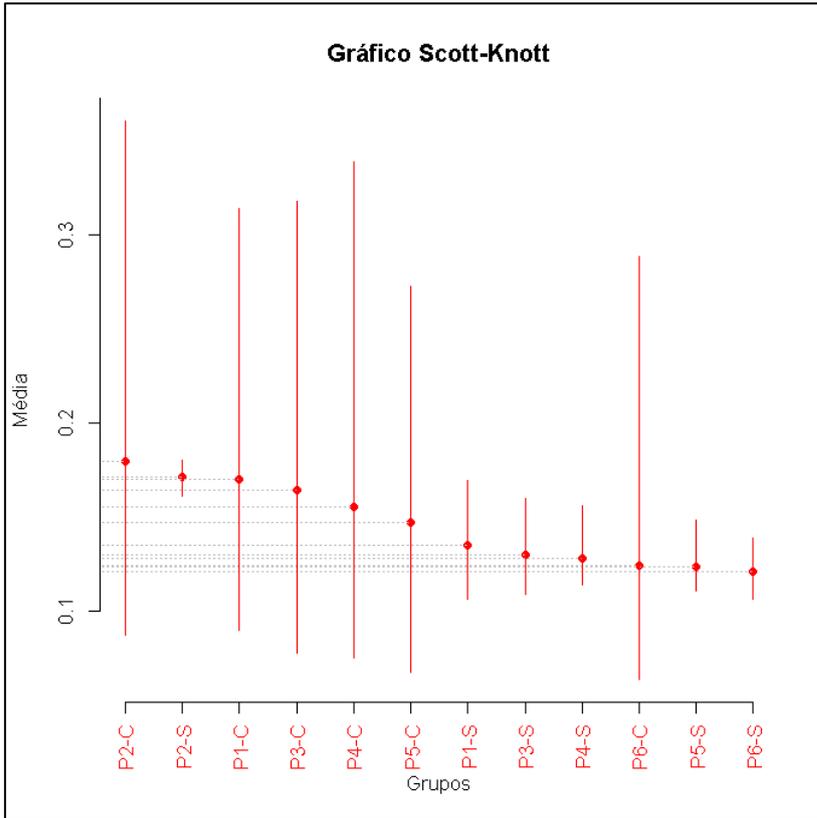
## Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg-L<sup>-1</sup>)



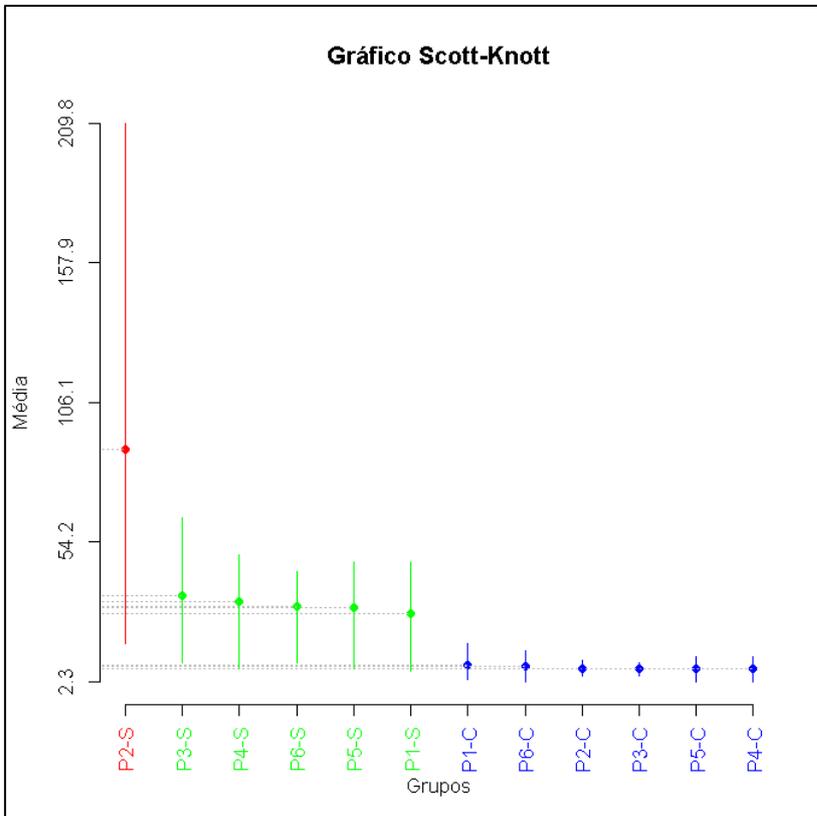
## Nitrato (mg-L<sup>-1</sup>)



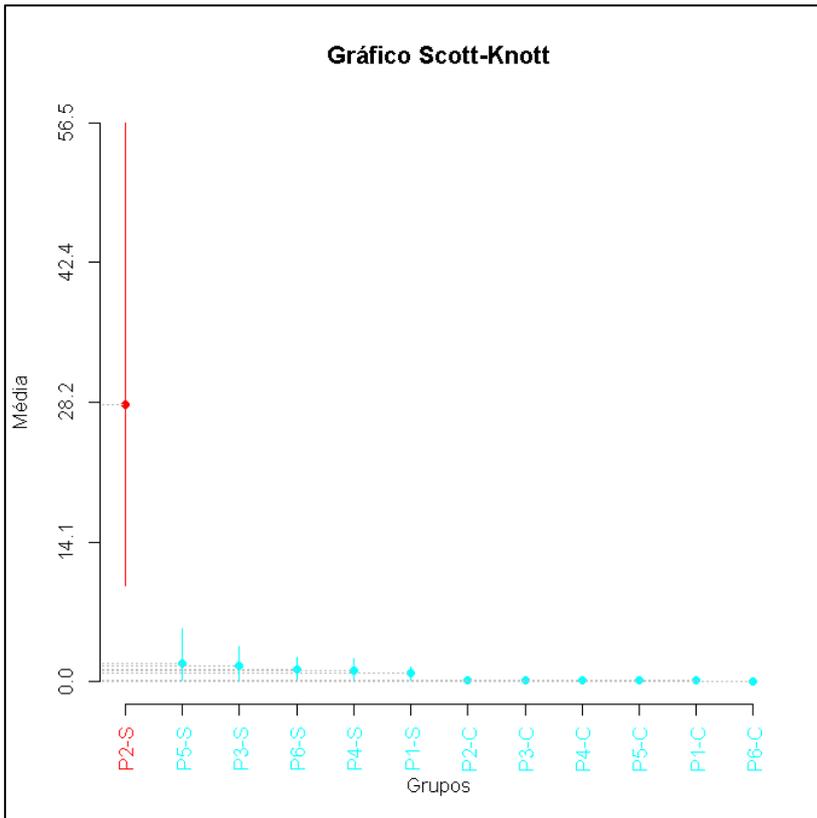
**Fosfato (mg·L<sup>-1</sup>)**



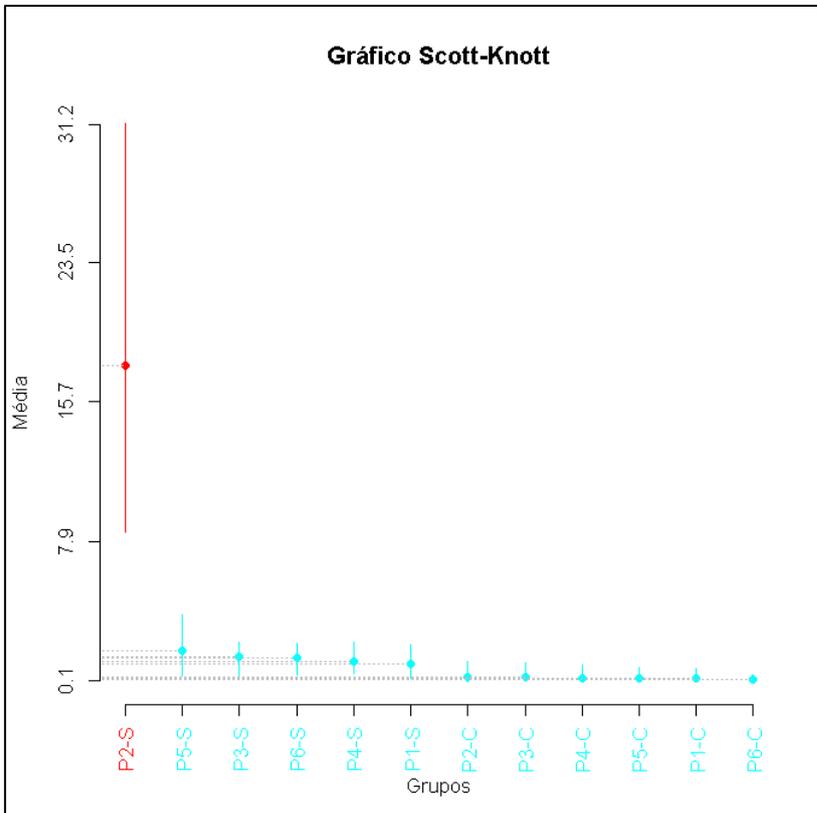
**Dureza (mg·L<sup>-1</sup>)**



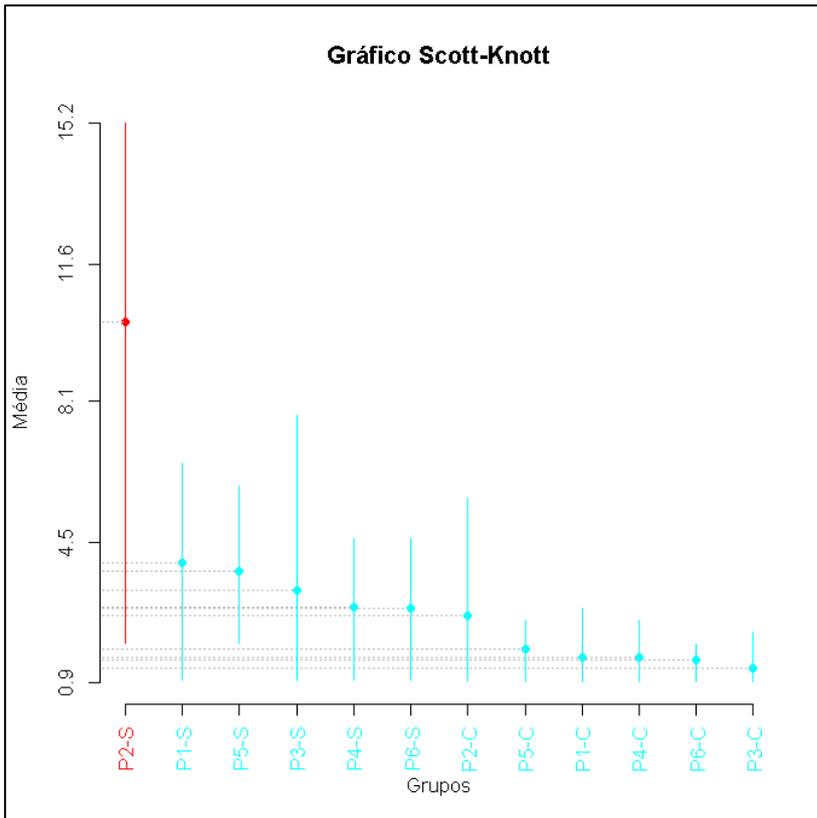
## Sódio (mg-L<sup>-1</sup>)



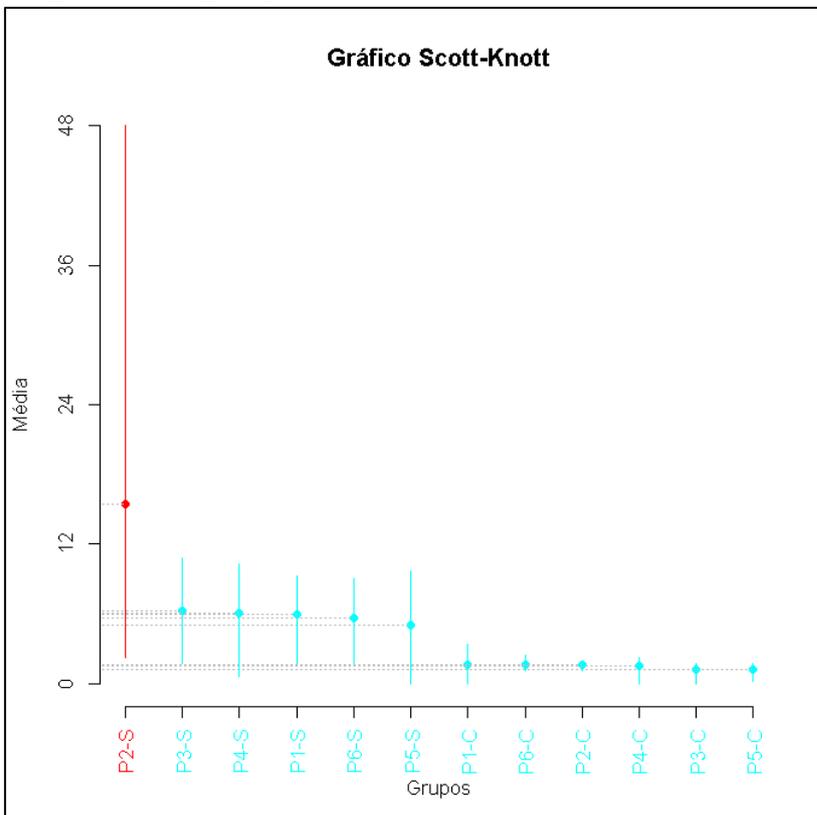
## Potássio (mg-L<sup>-1</sup>)



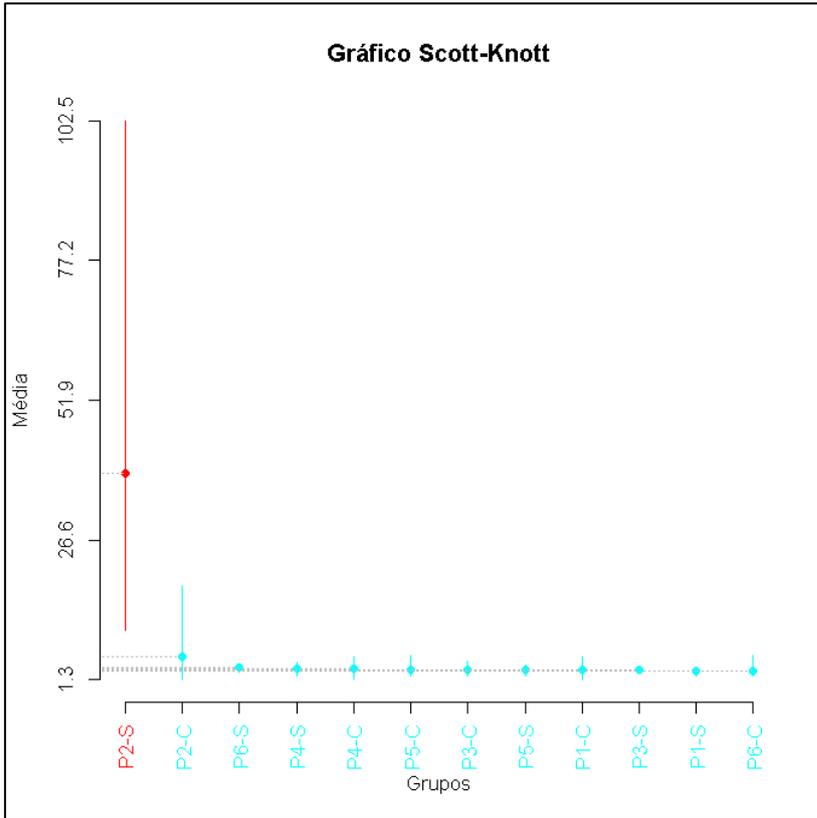
## Cálcio (mg·L<sup>-1</sup>)



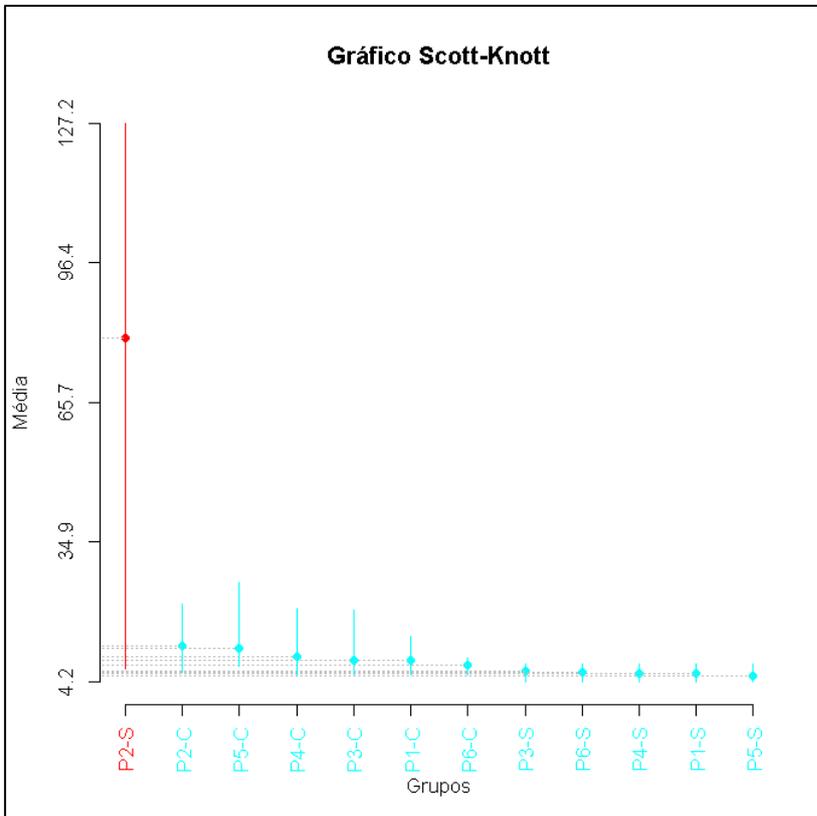
## Magnésio (mg·L<sup>-1</sup>)



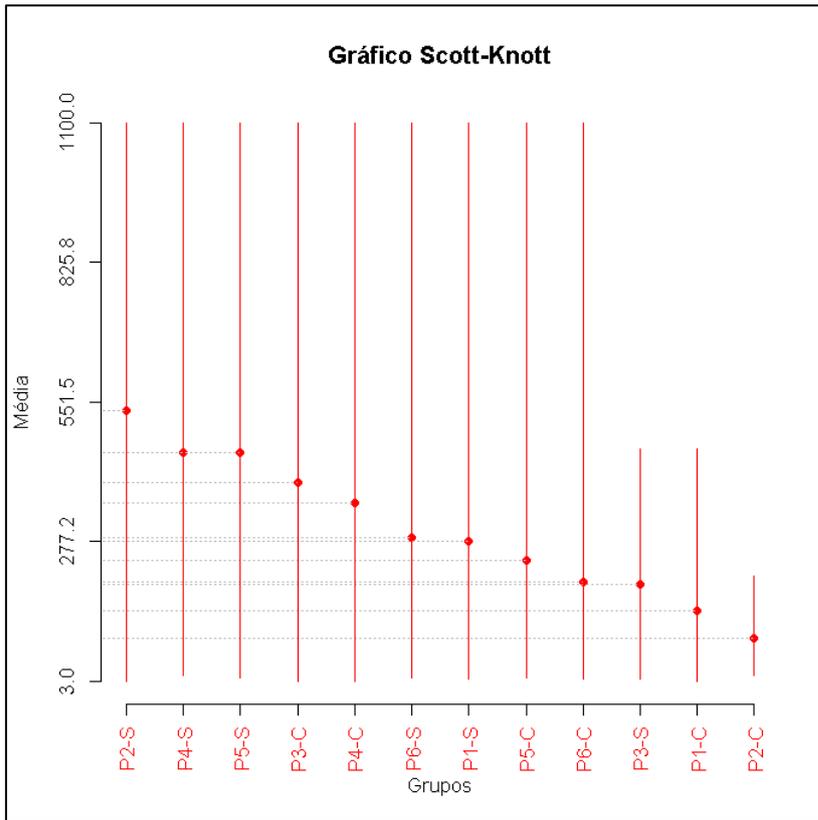
**Cloretos (mg·L<sup>-1</sup>)**



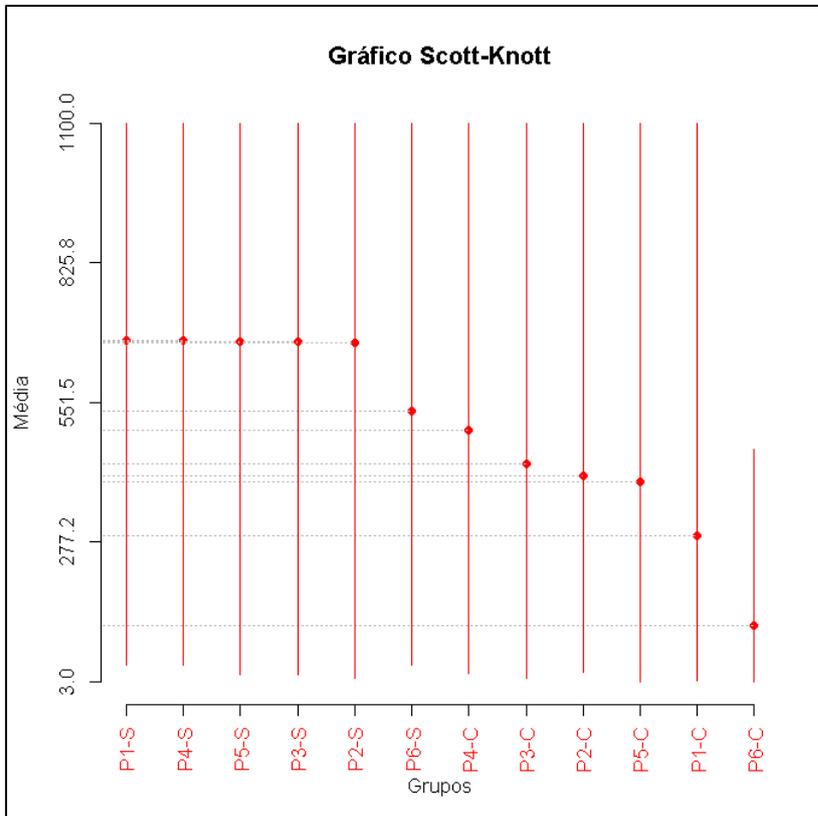
**Bicarbonatos (mg·L<sup>-1</sup>)**



**Coliformes Totais (NMP/100ml)**

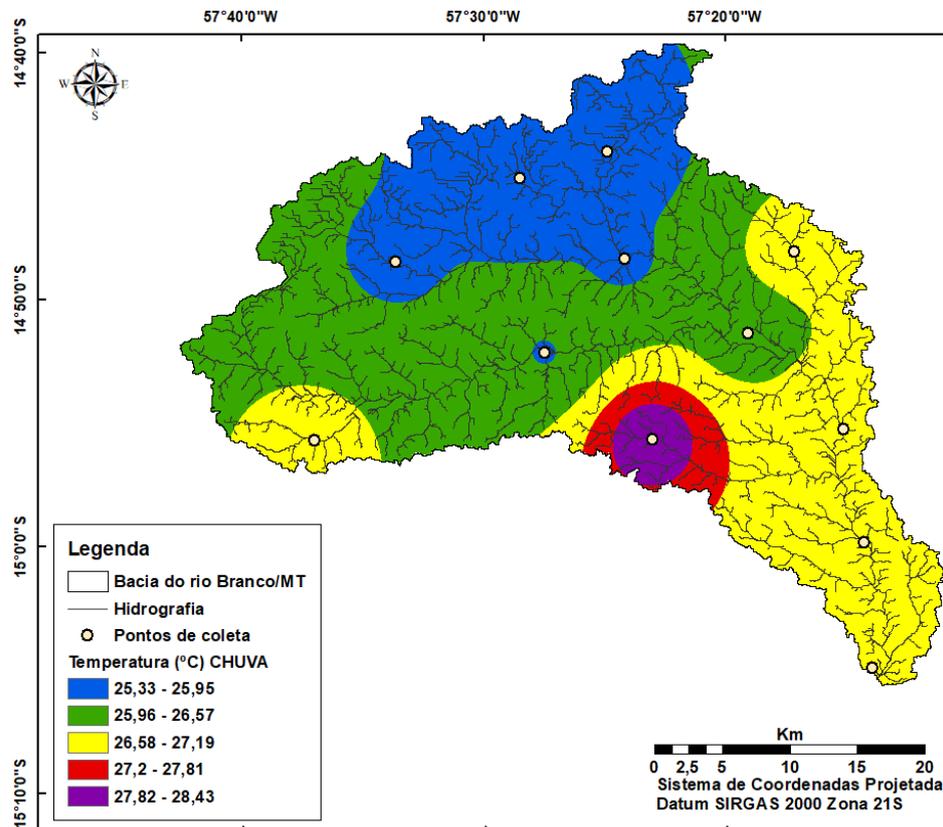
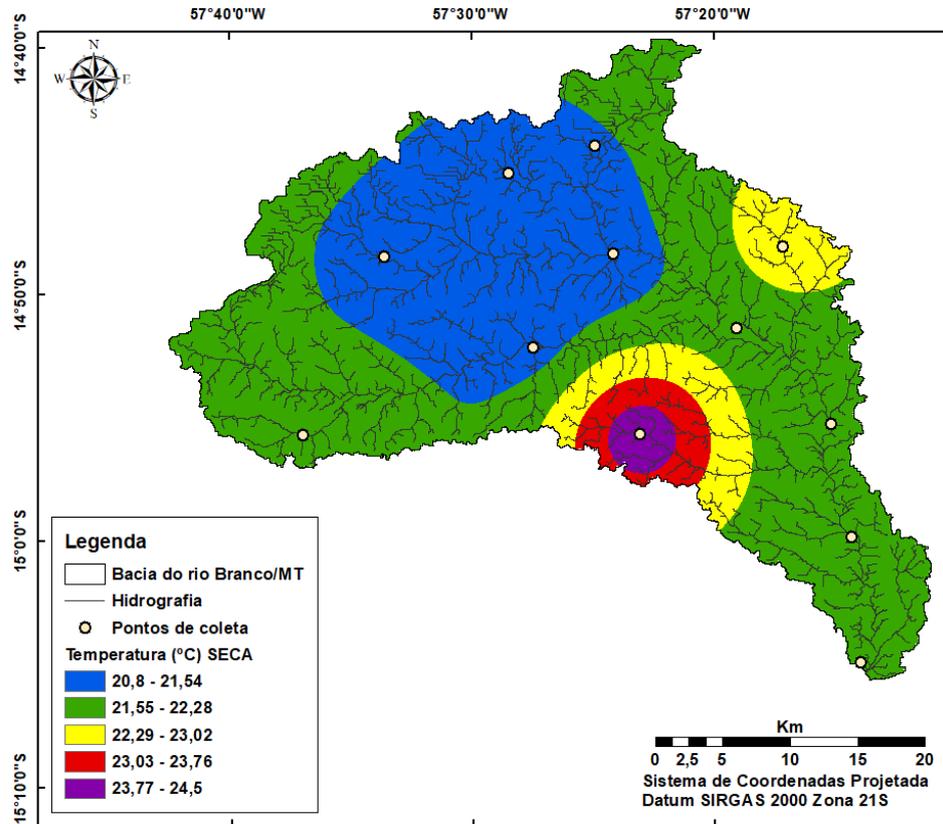


**Coliformes Termotolerantes E. coli (NMP/100ml)**

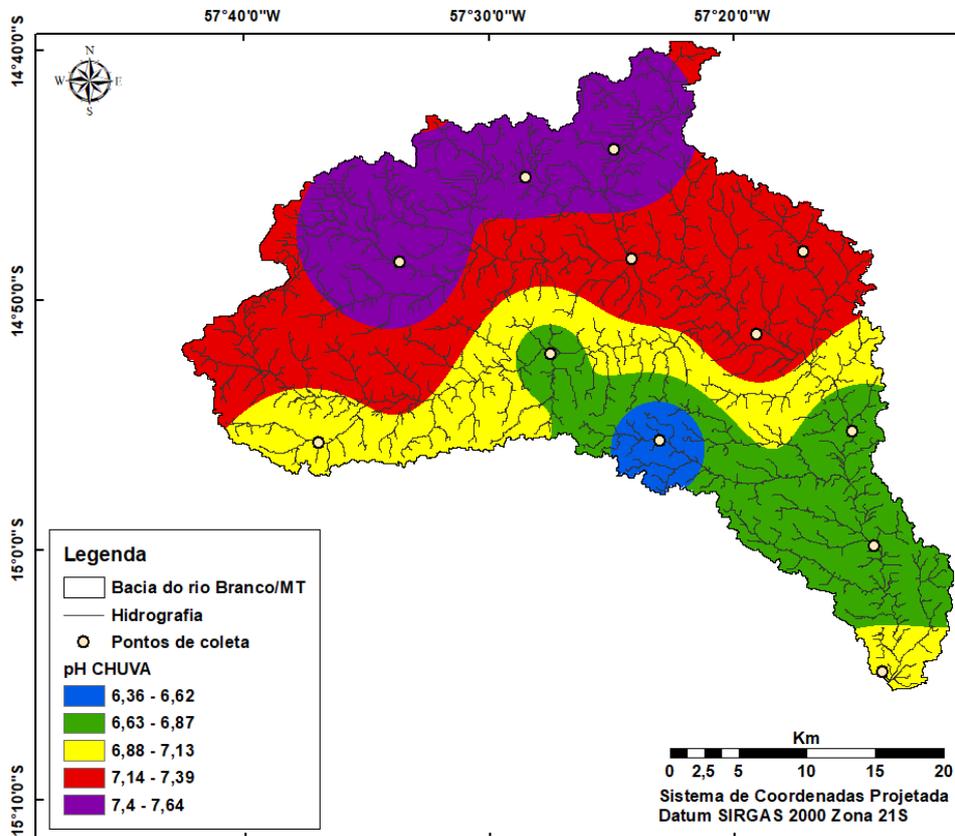
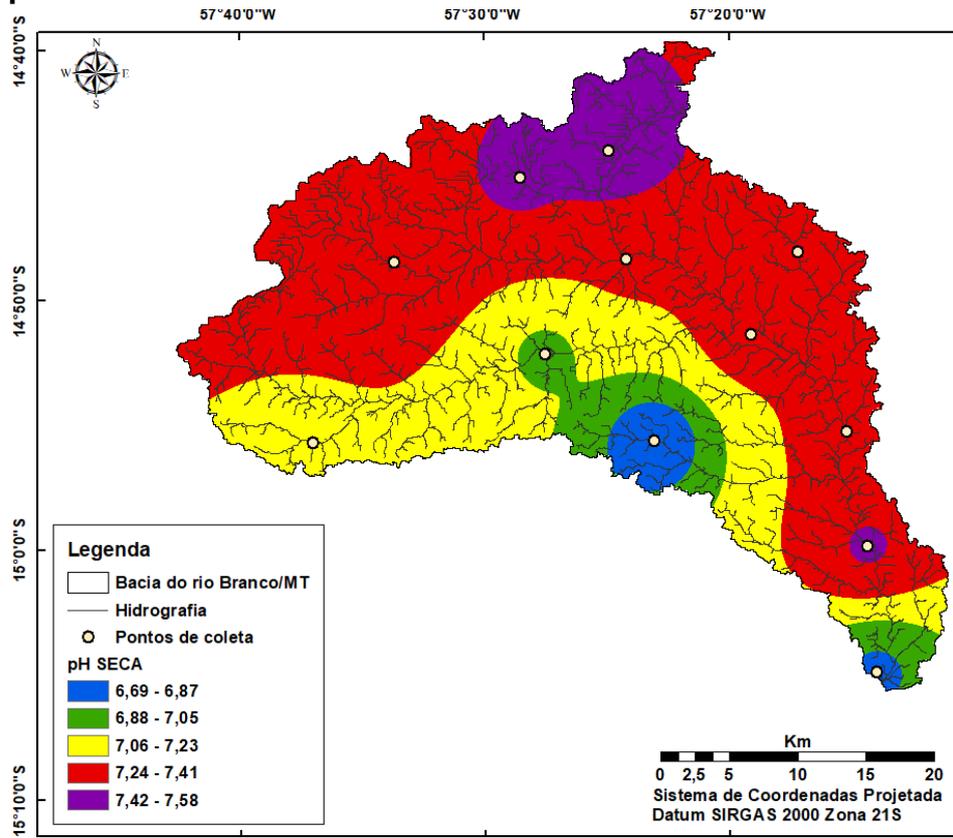


APÊNDICE 4: Mapas de variabilidade para os pontos dos Artigos 2 e 3

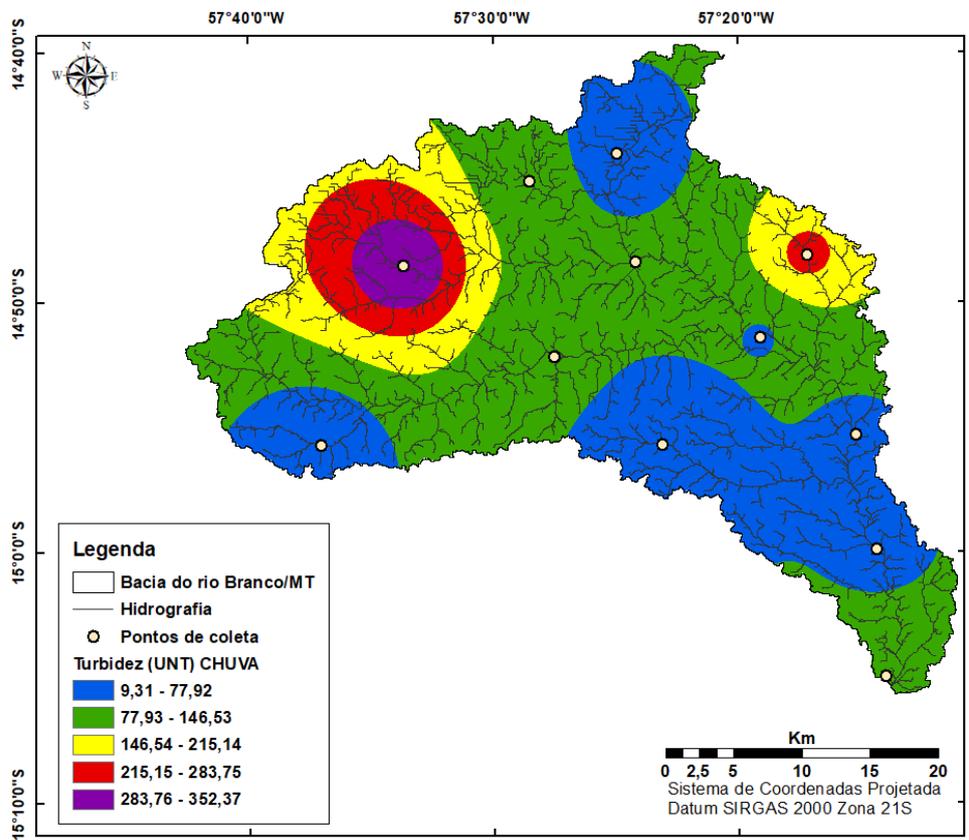
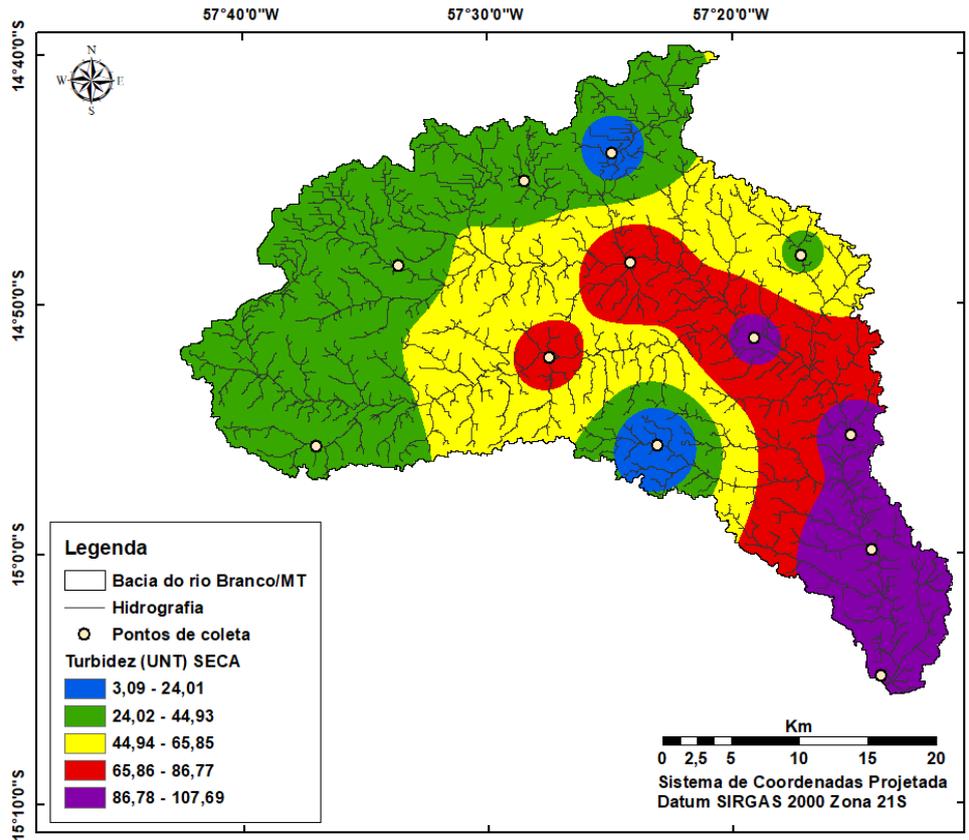
Temperatura (°C)



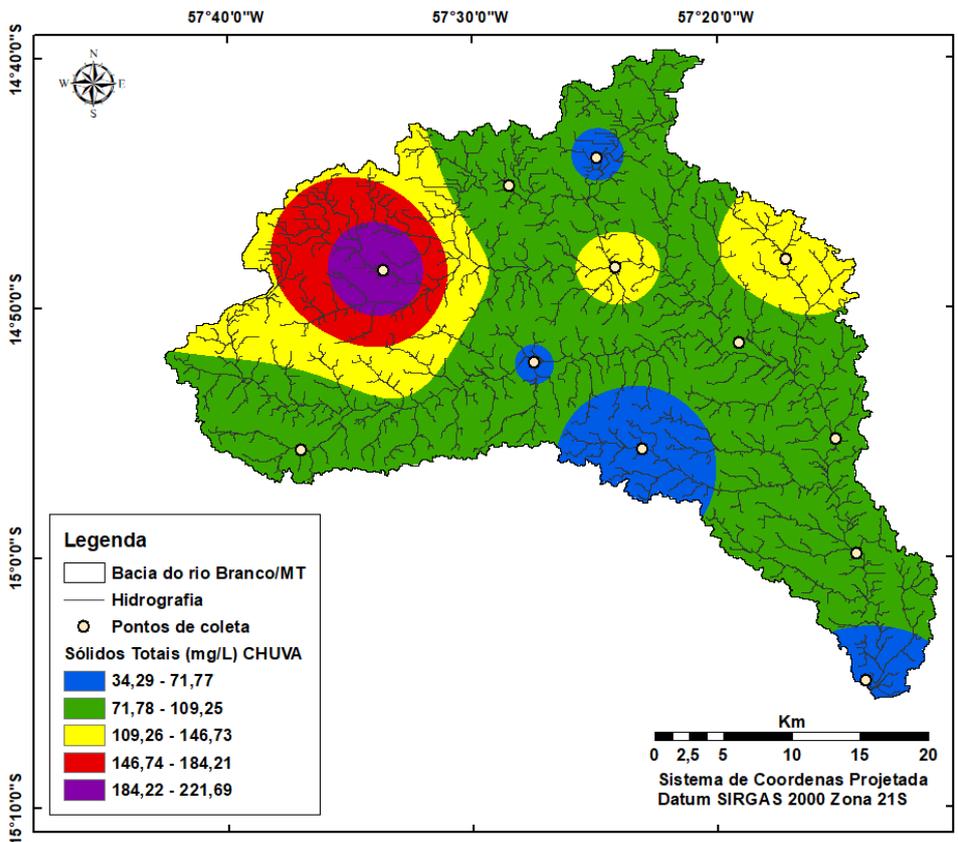
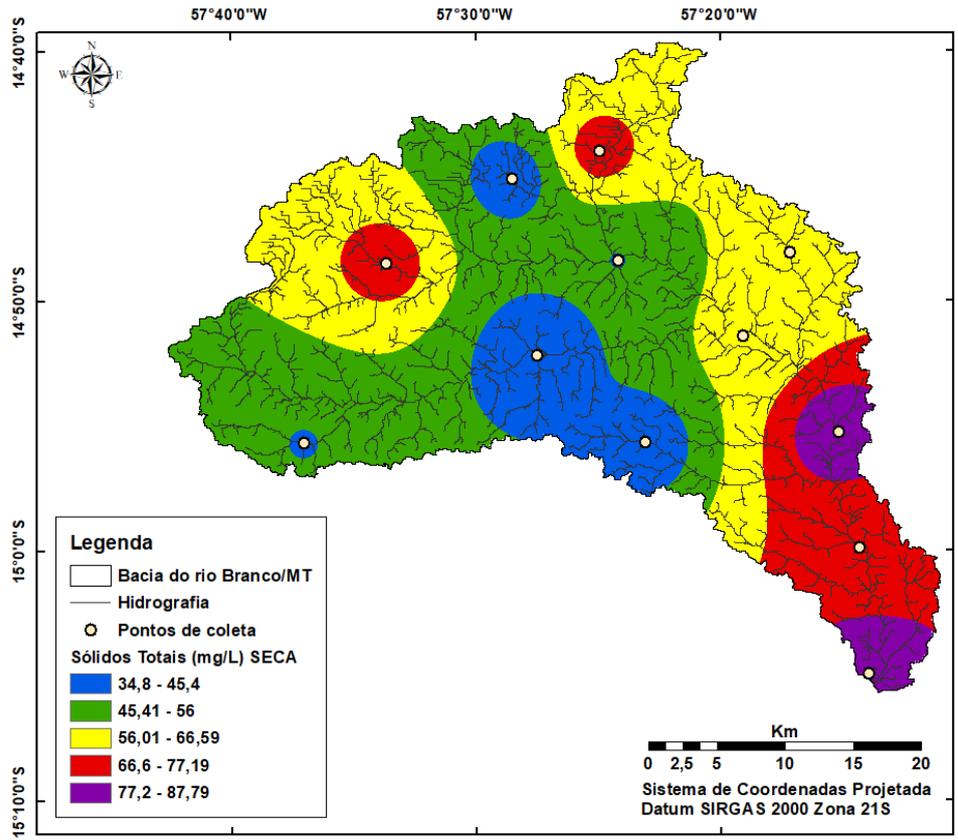
pH



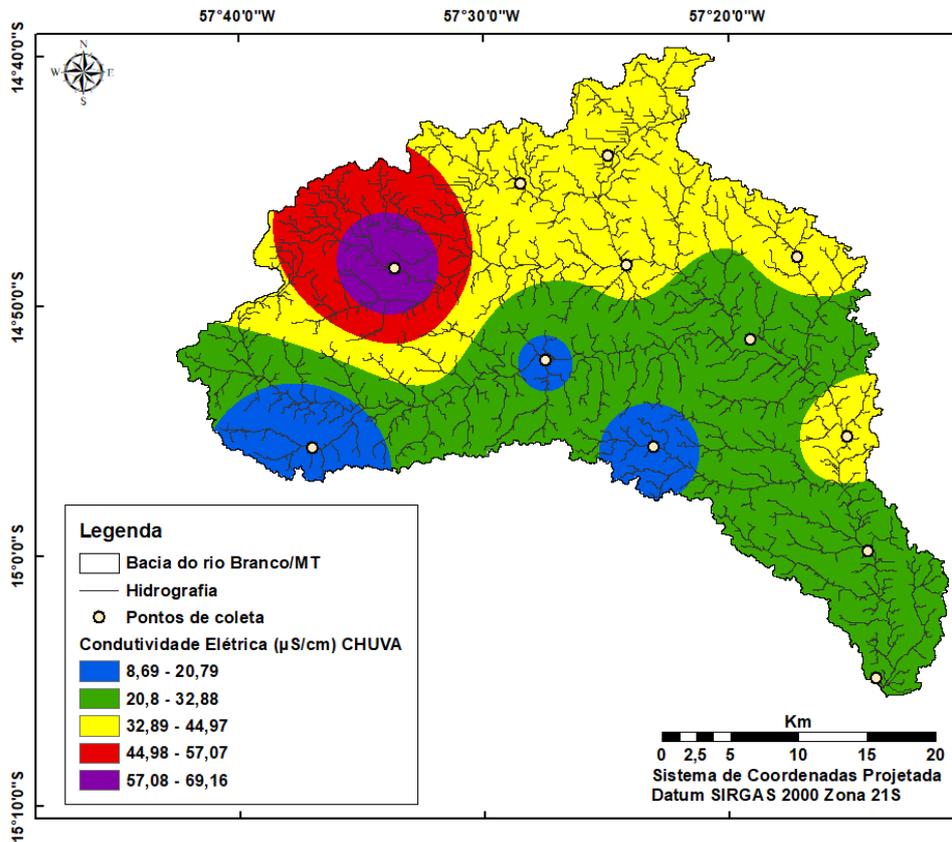
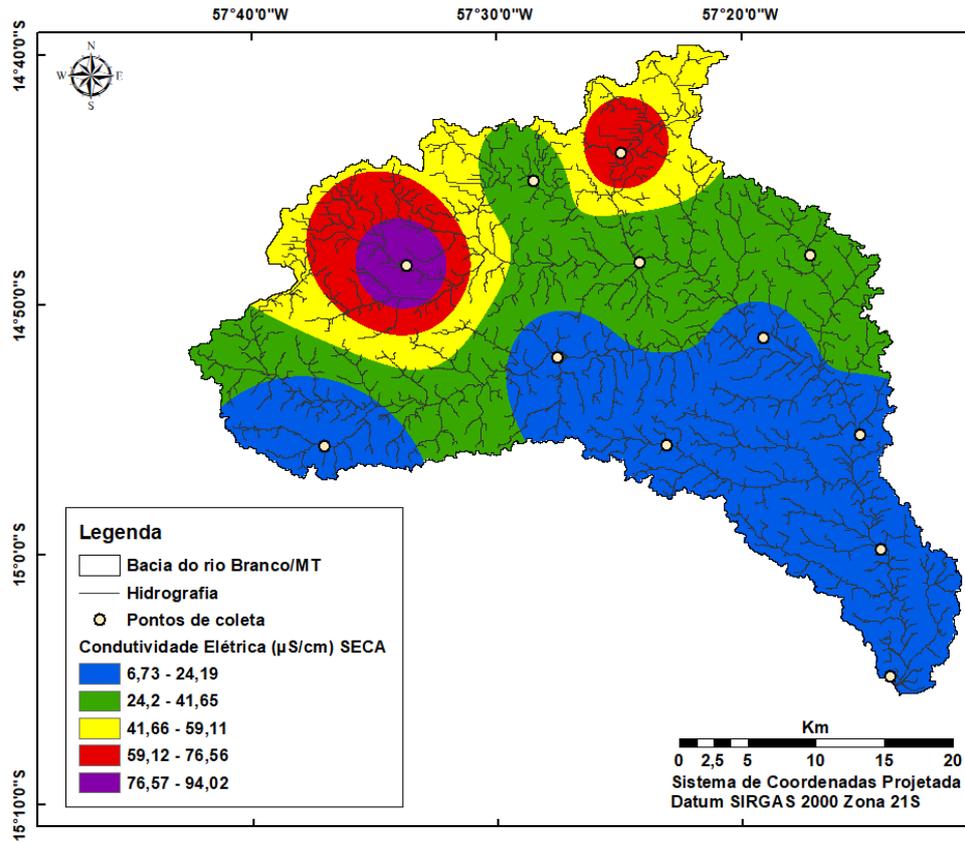
### Turbidez (UNT)



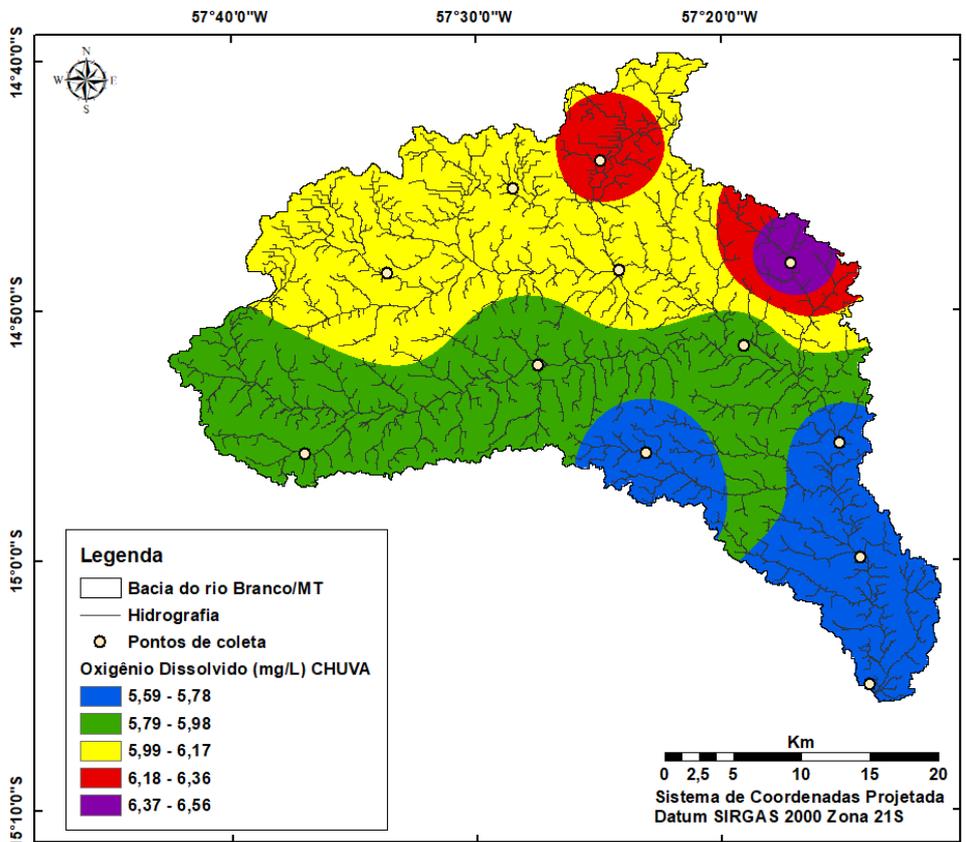
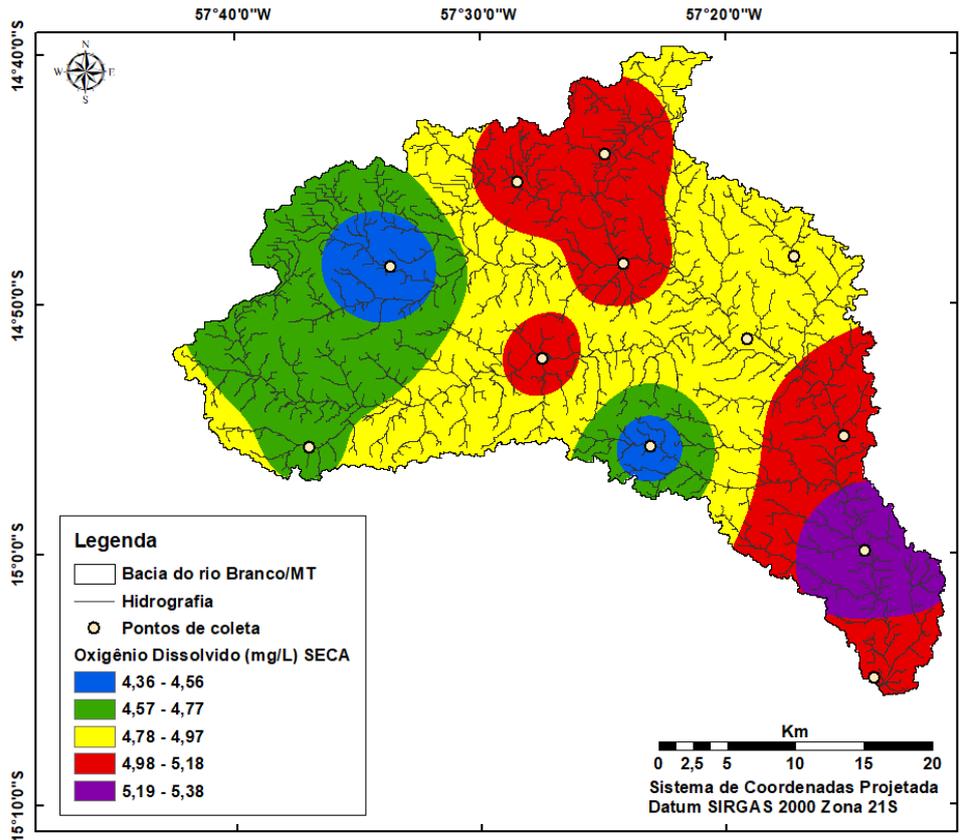
### Sólidos Totais (mg·L<sup>-1</sup>)



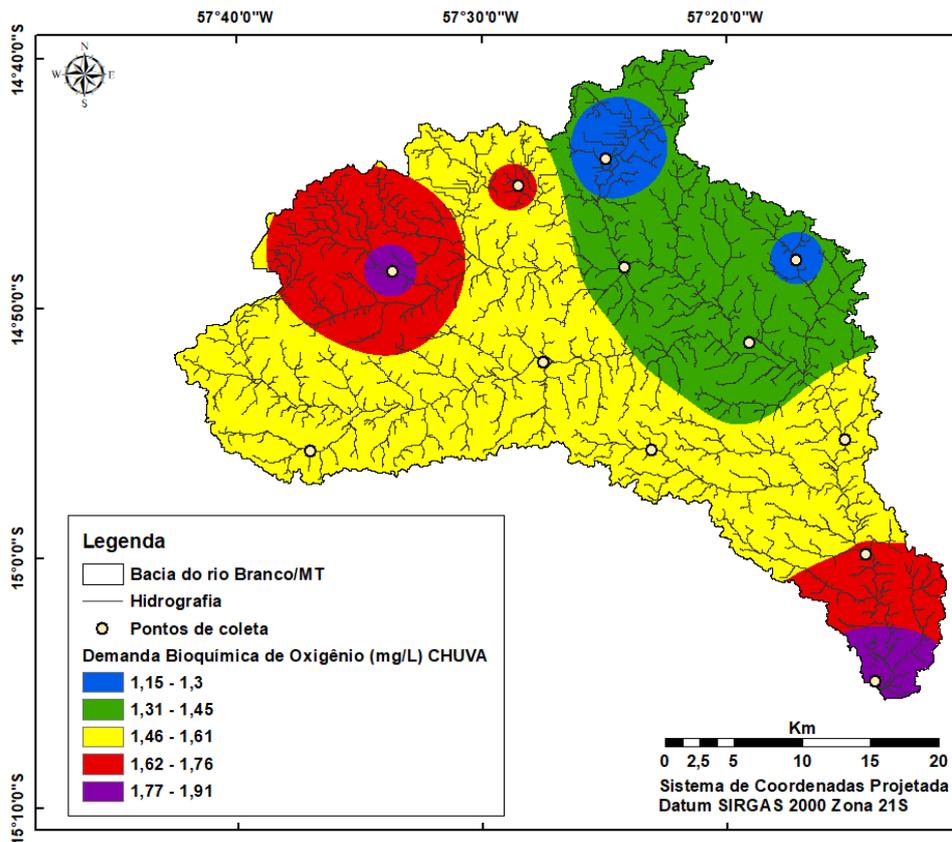
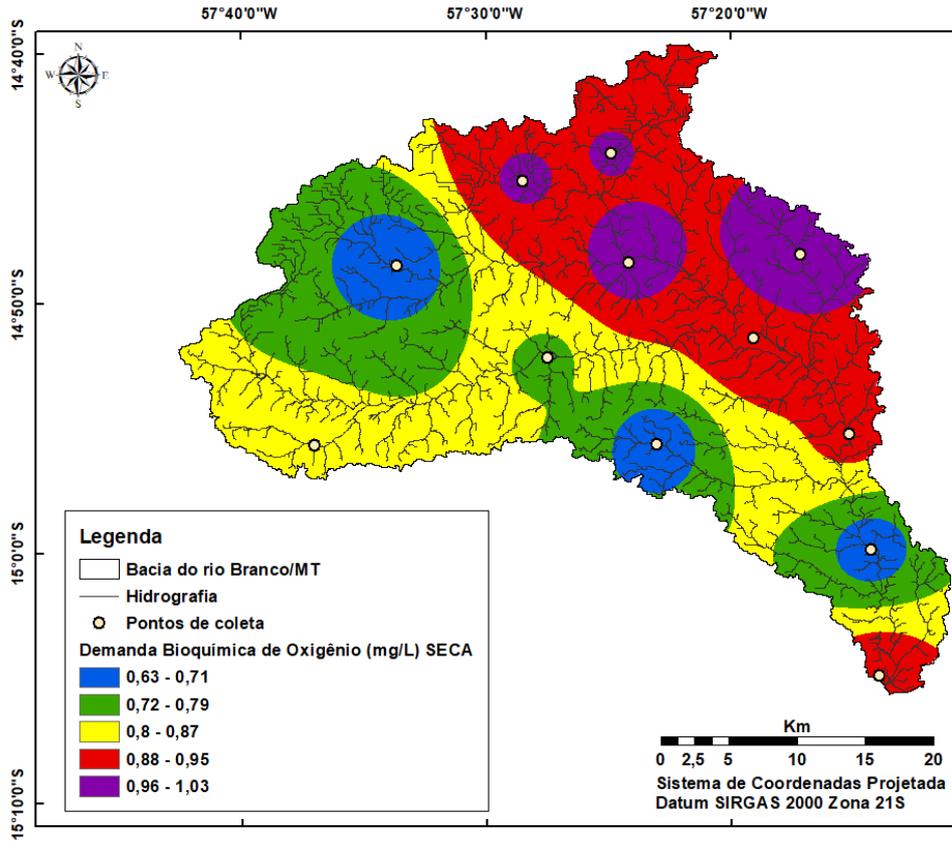
### Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )



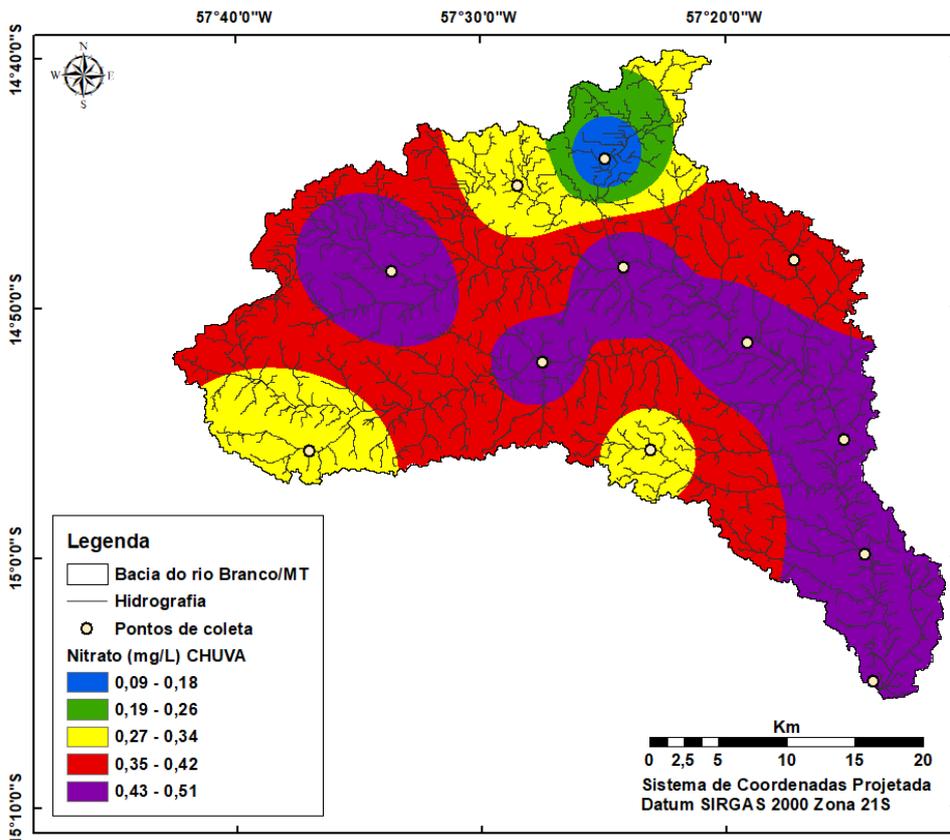
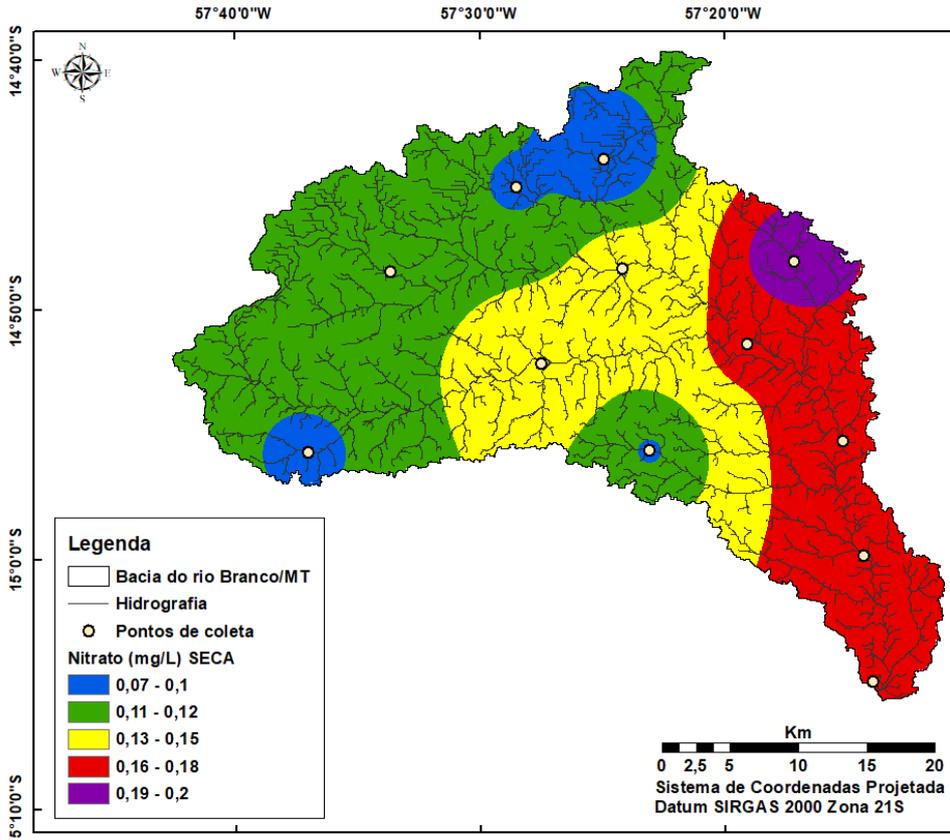
### Oxigênio Dissolvido (mg-L<sup>-1</sup>)



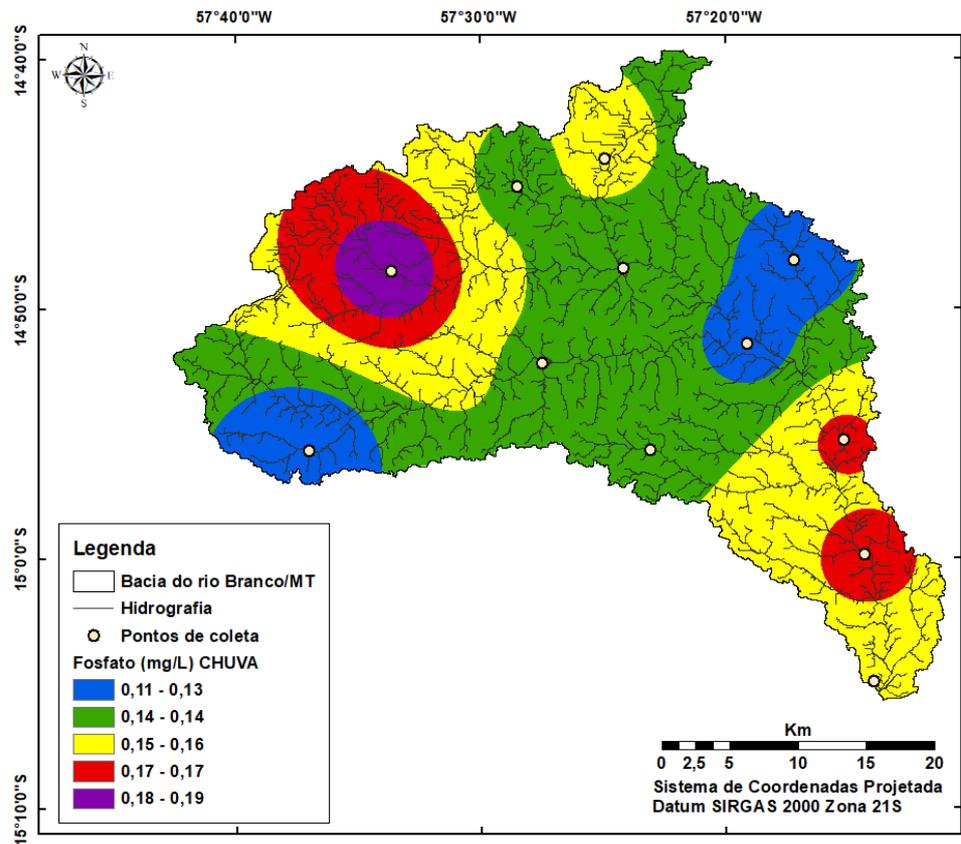
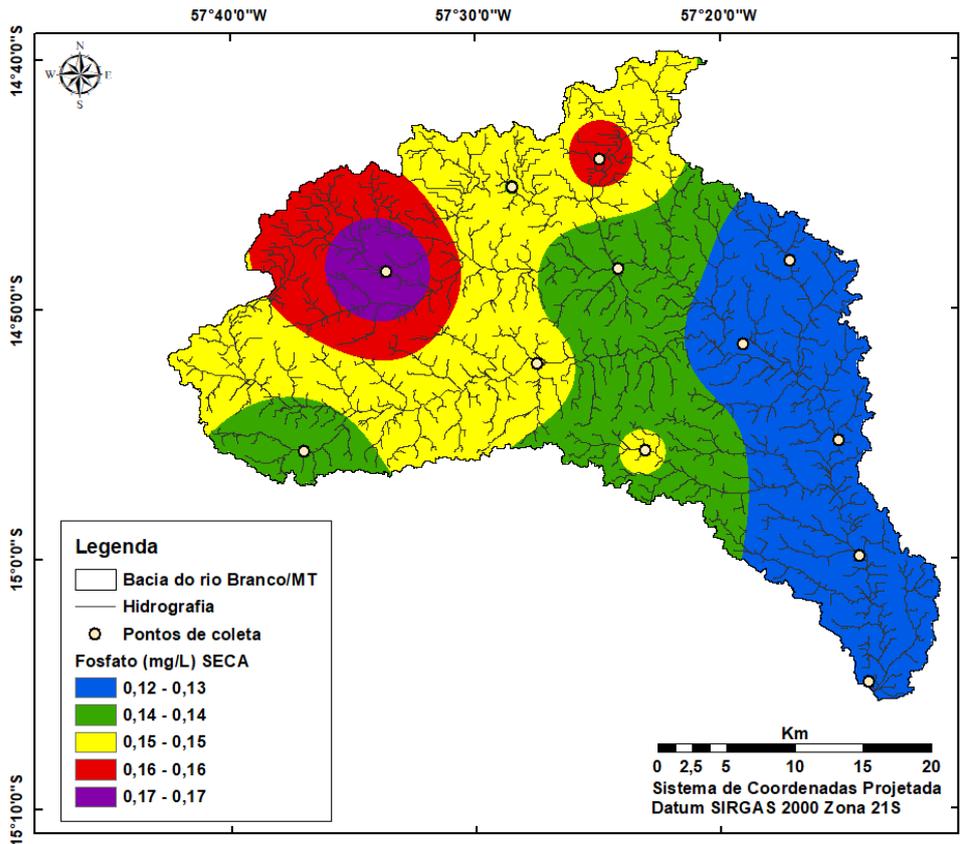
### Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg-L<sup>-1</sup>)



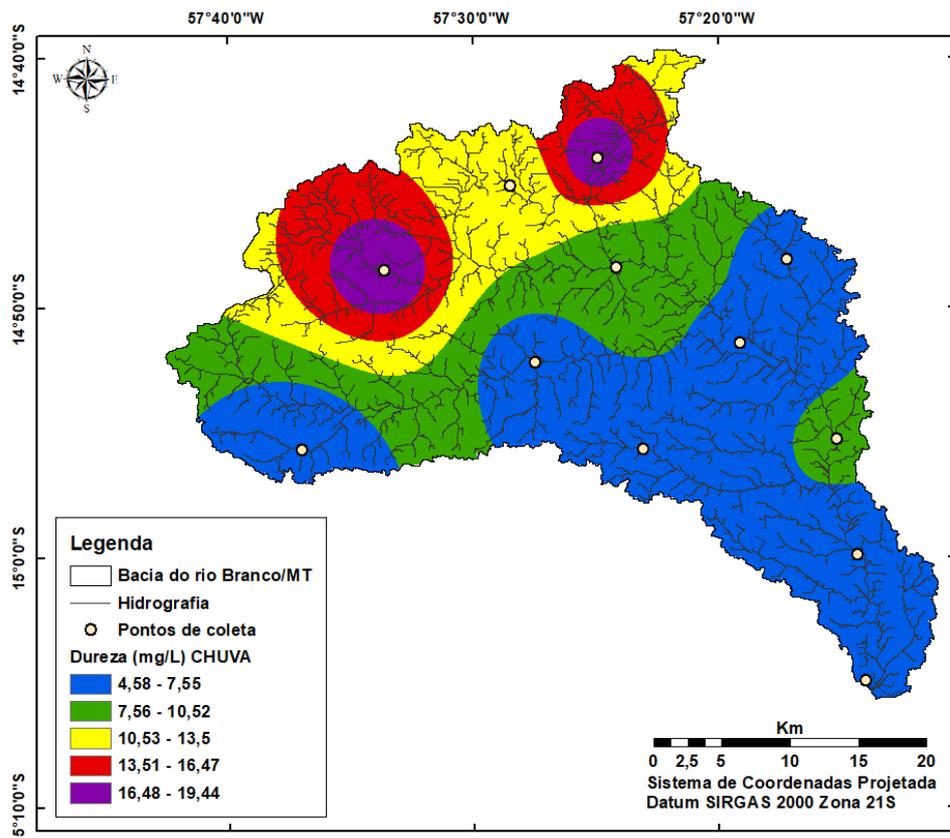
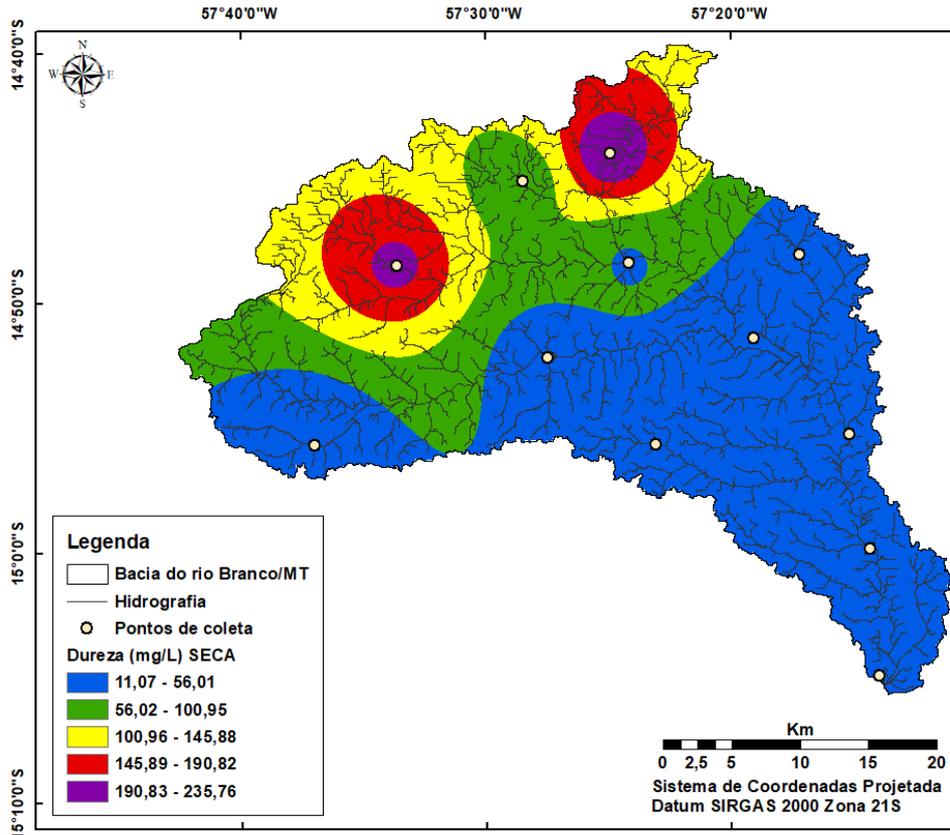
**Nitrato (mg-L<sup>-1</sup>)**



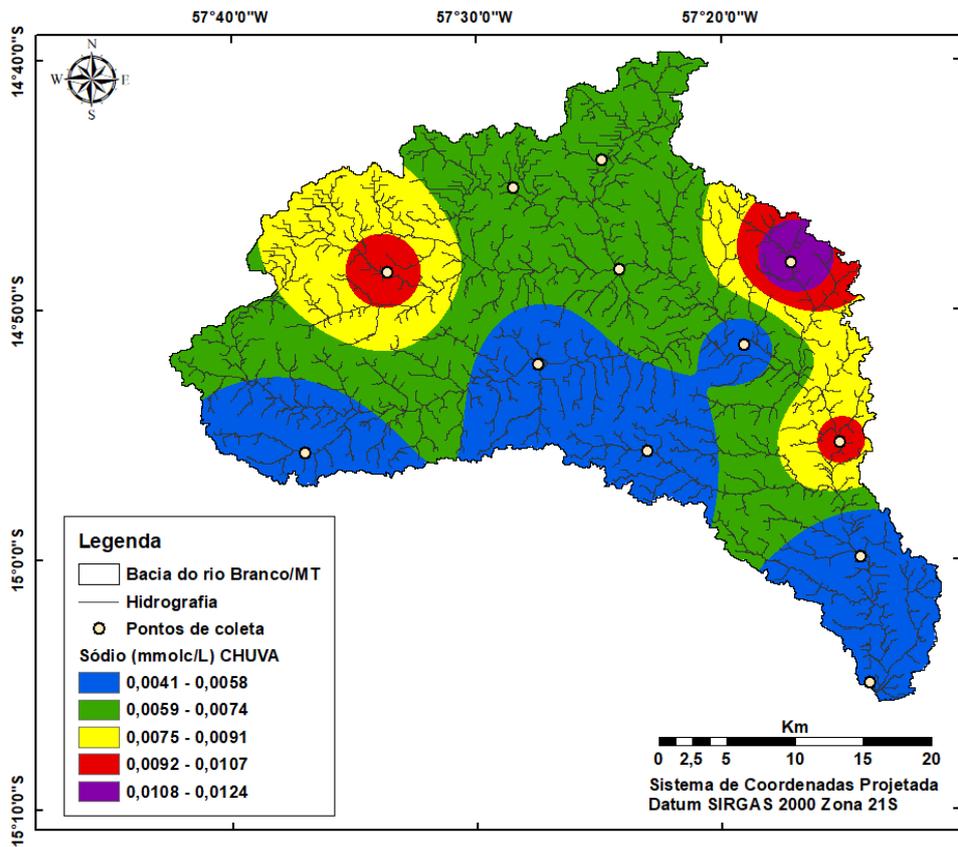
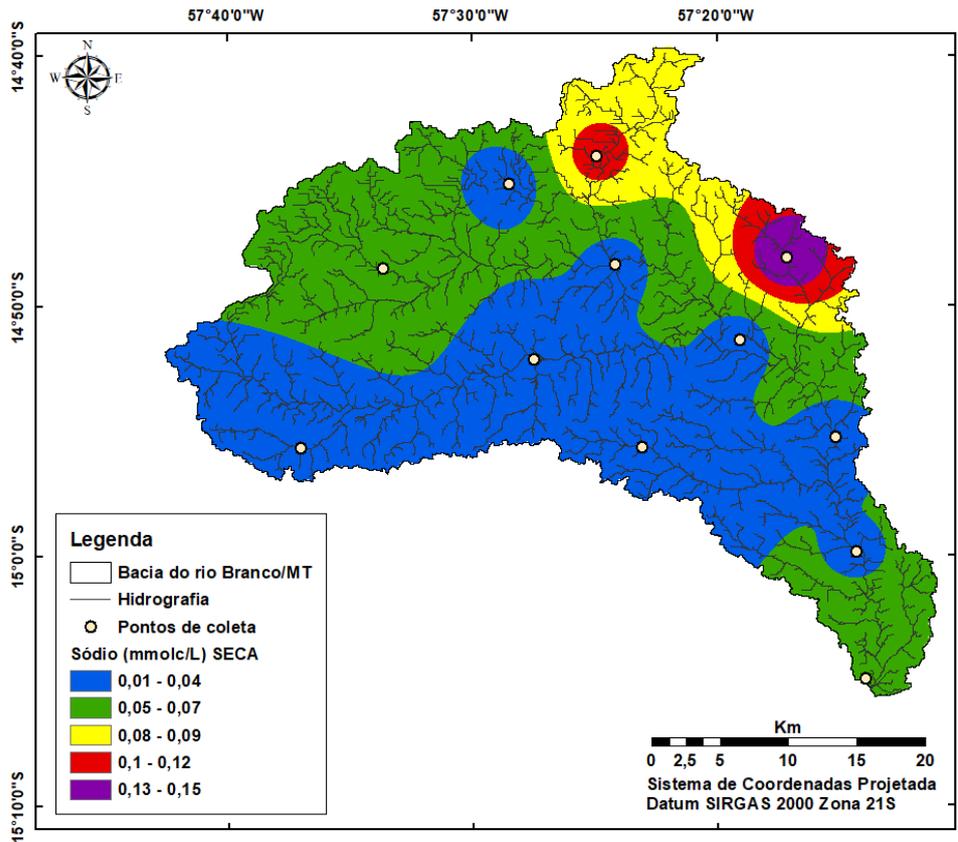
### Fosfato (mg·L<sup>-1</sup>)



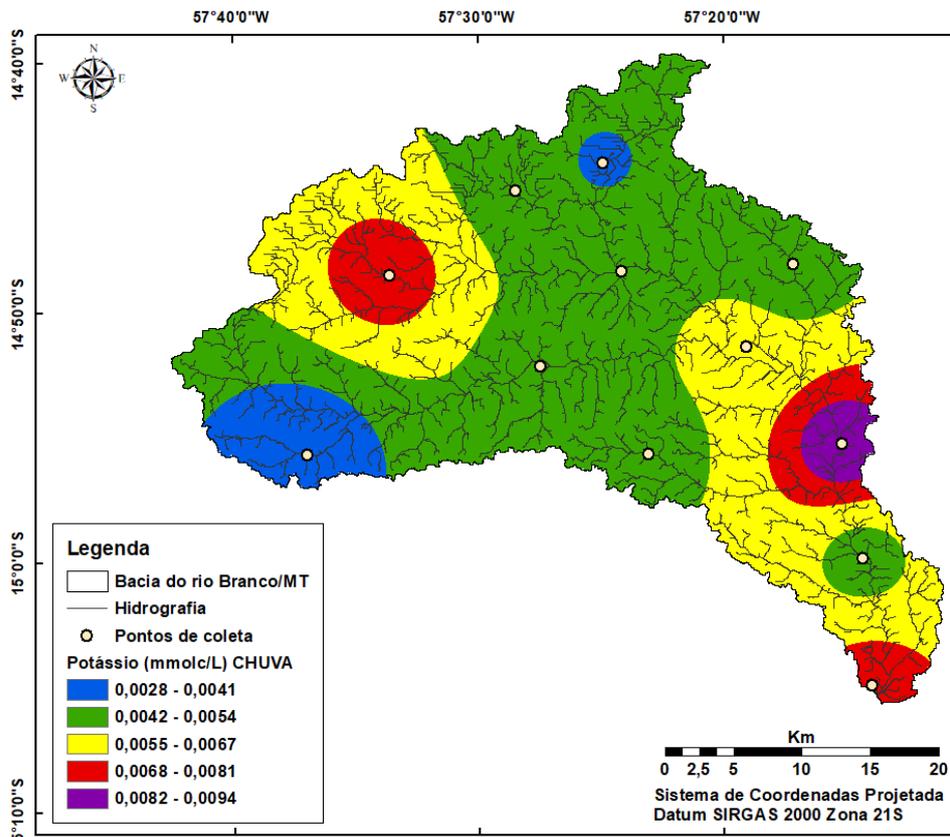
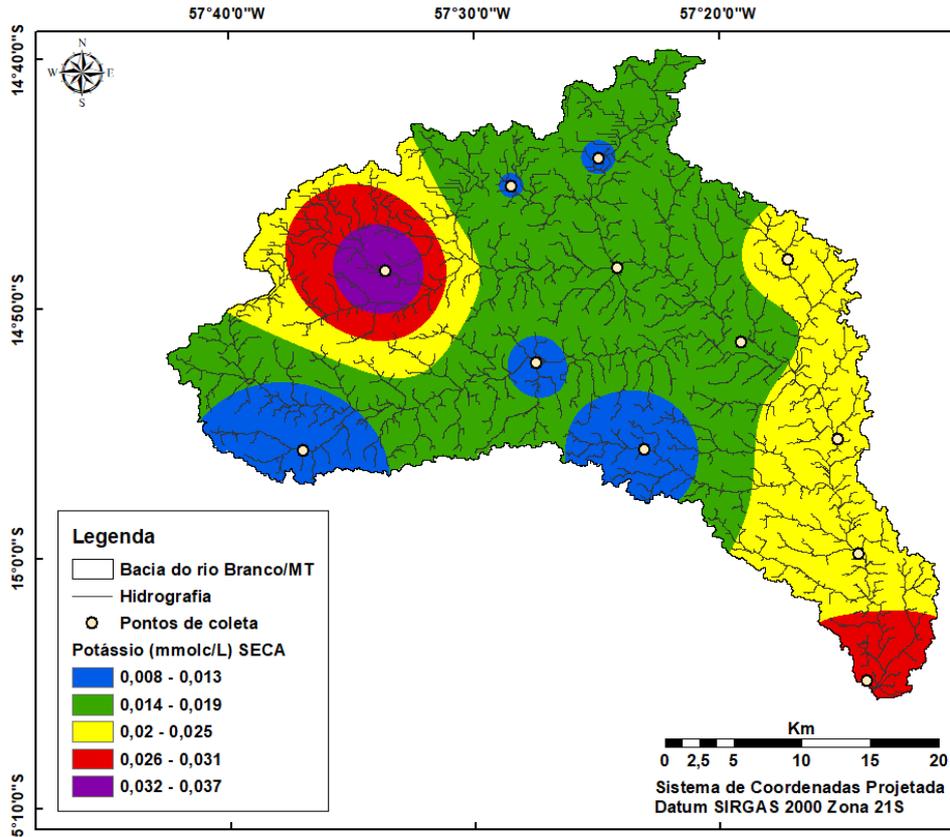
**Dureza (mg-L<sup>-1</sup>)**



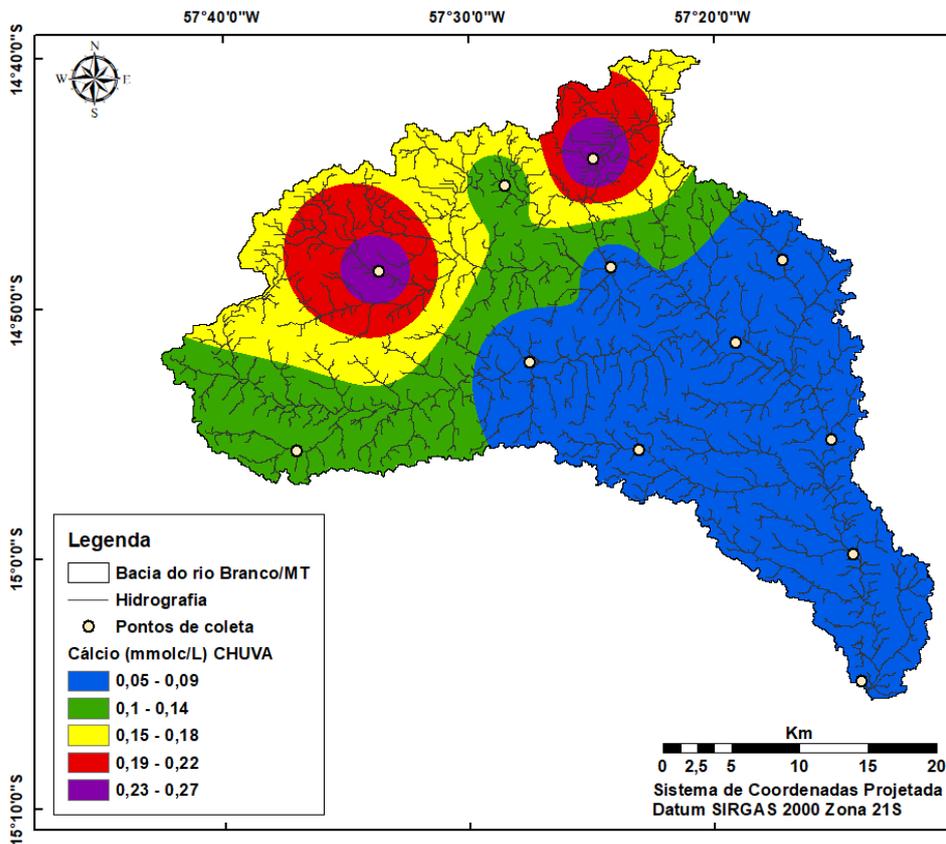
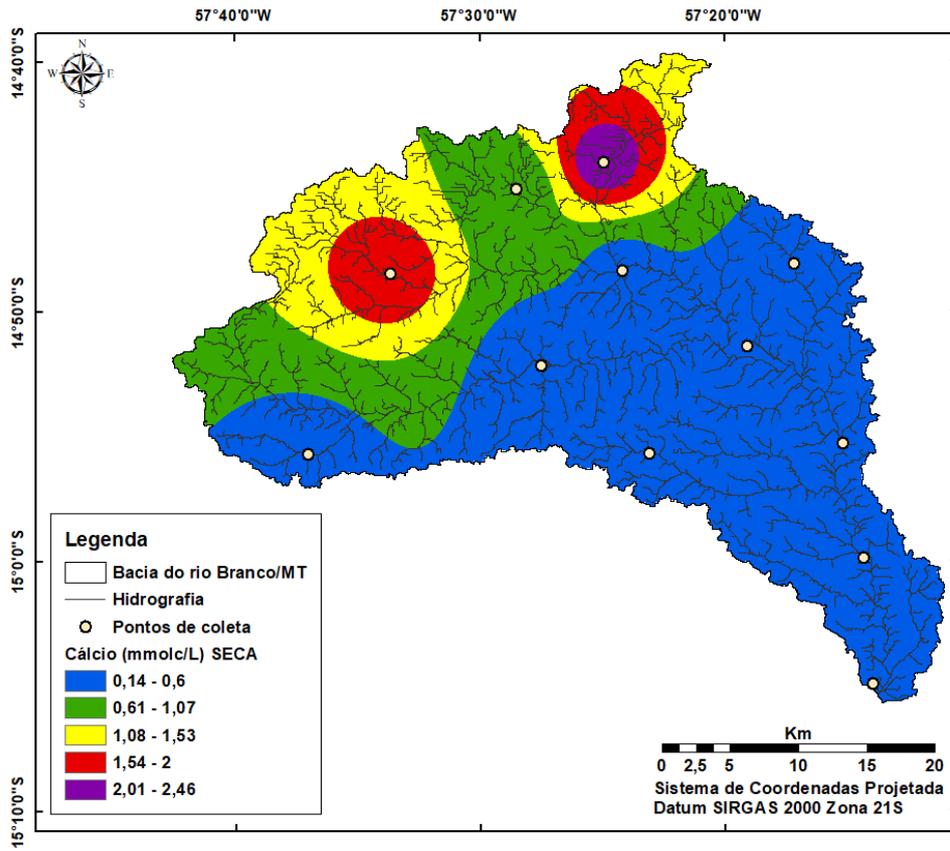
### Sódio



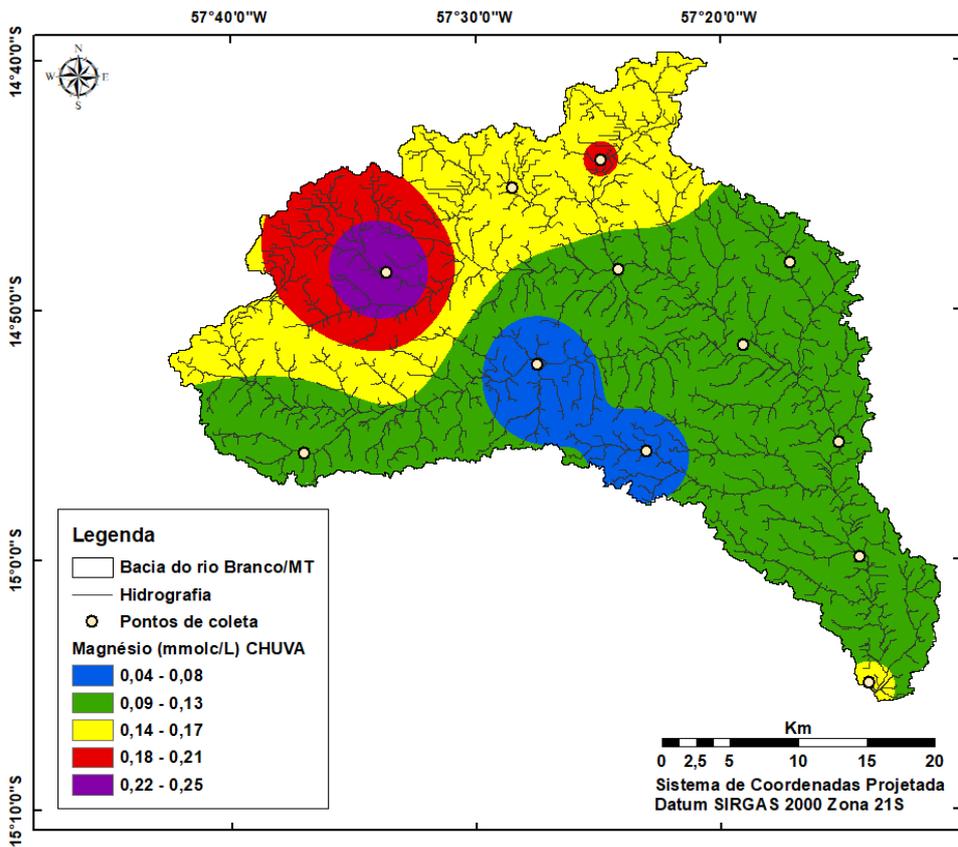
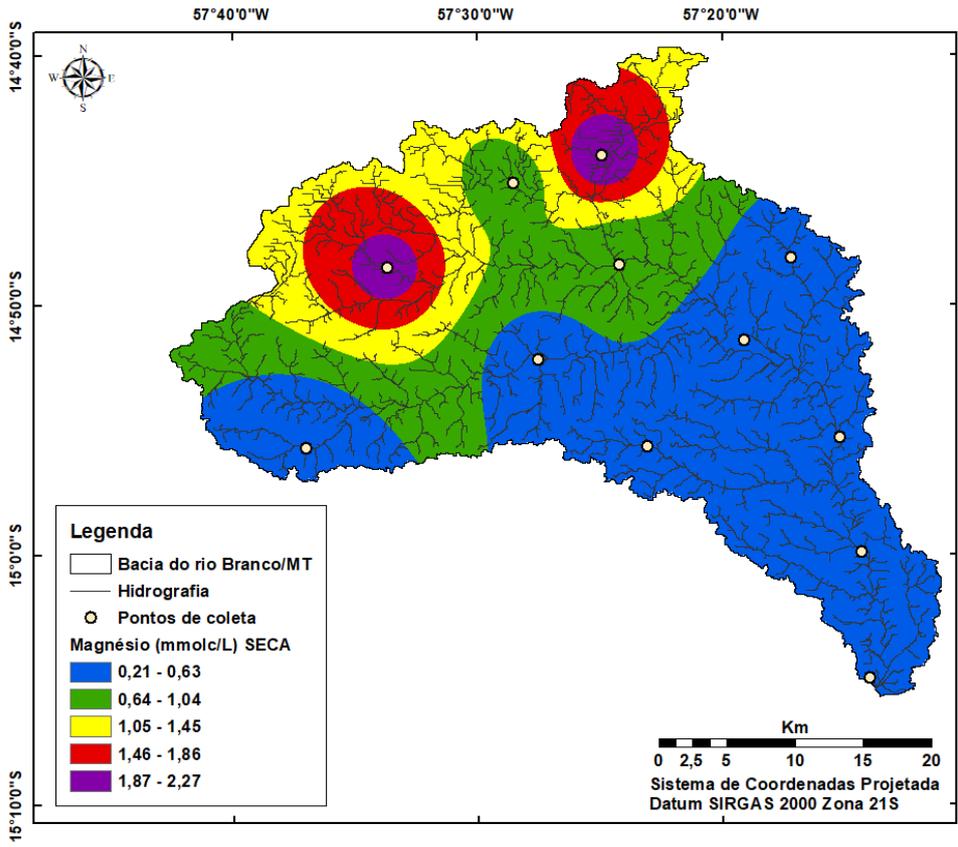
# Potássio



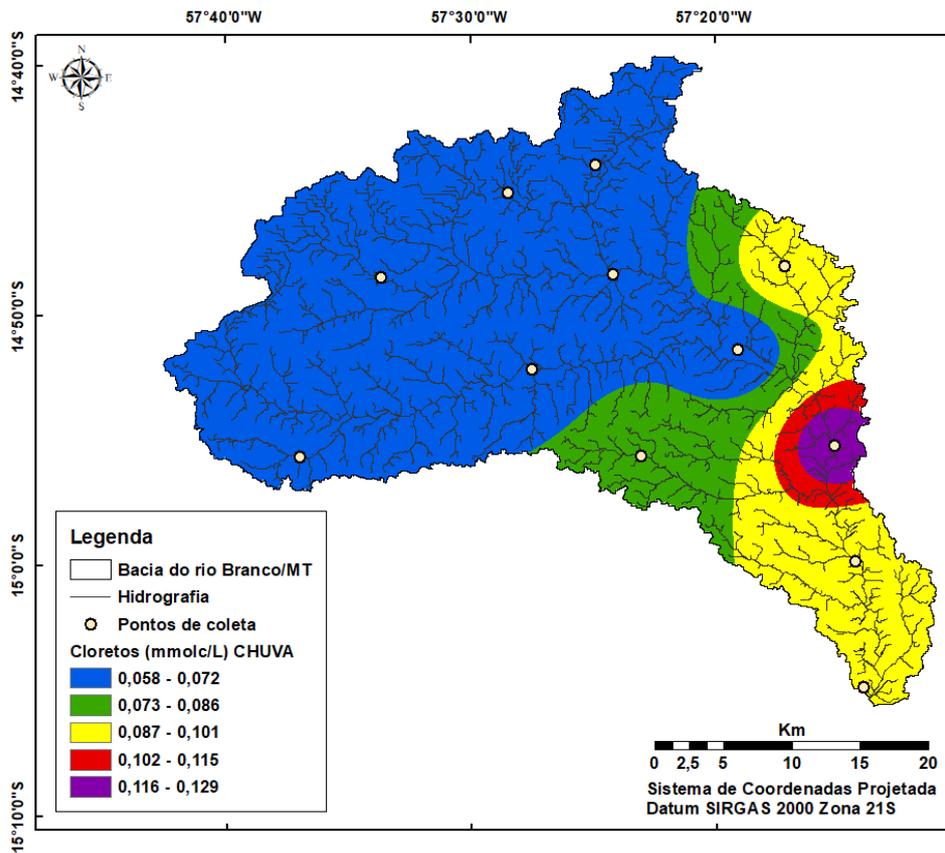
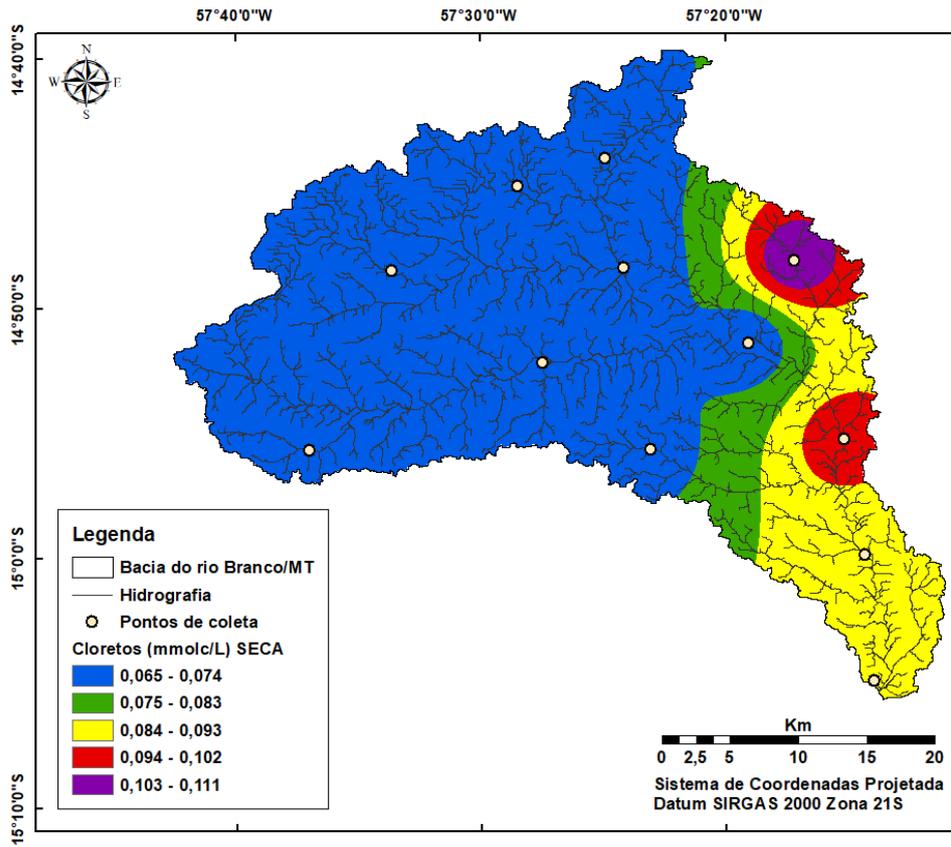
### Cálcio



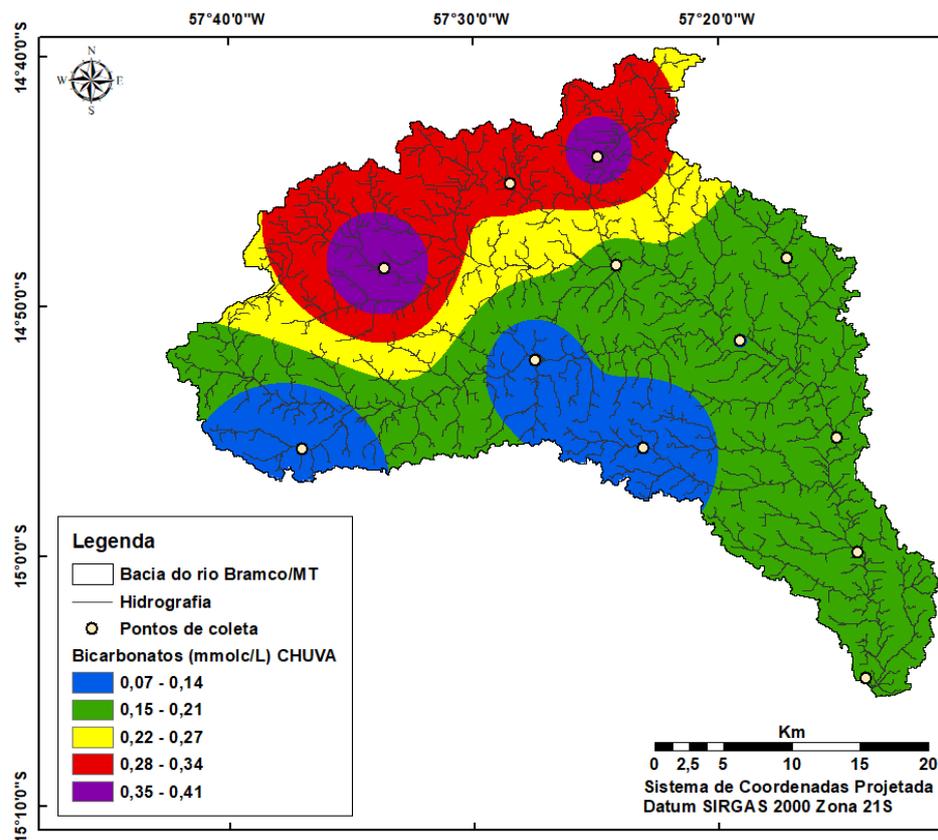
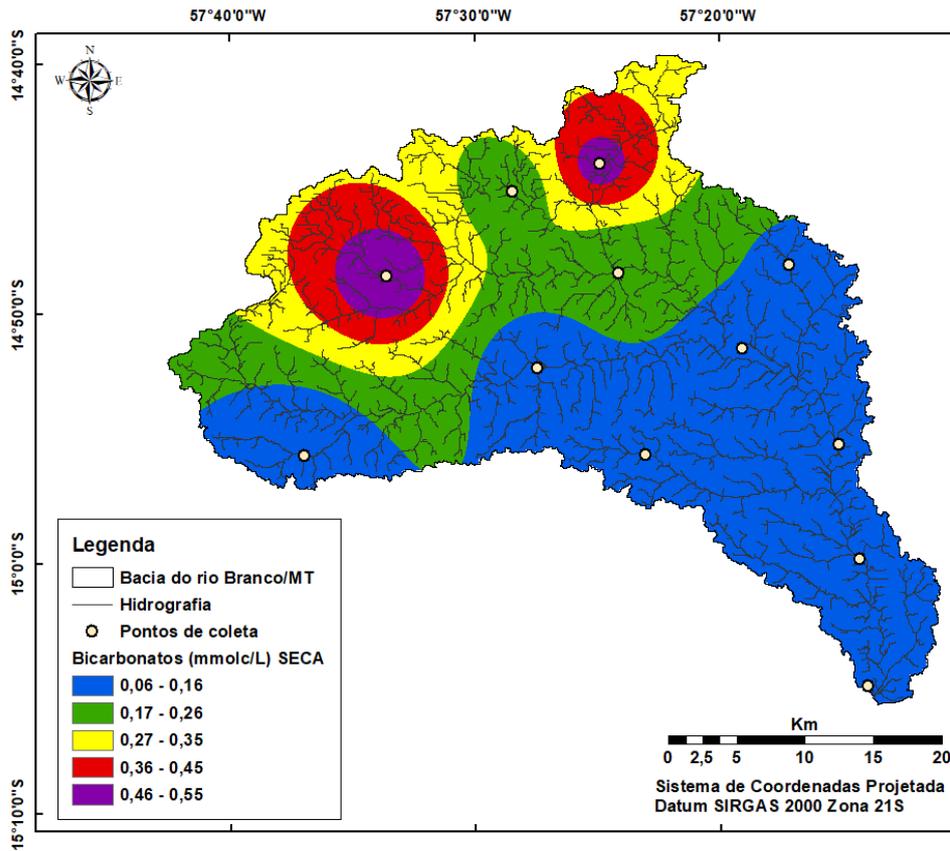
### Magnésio



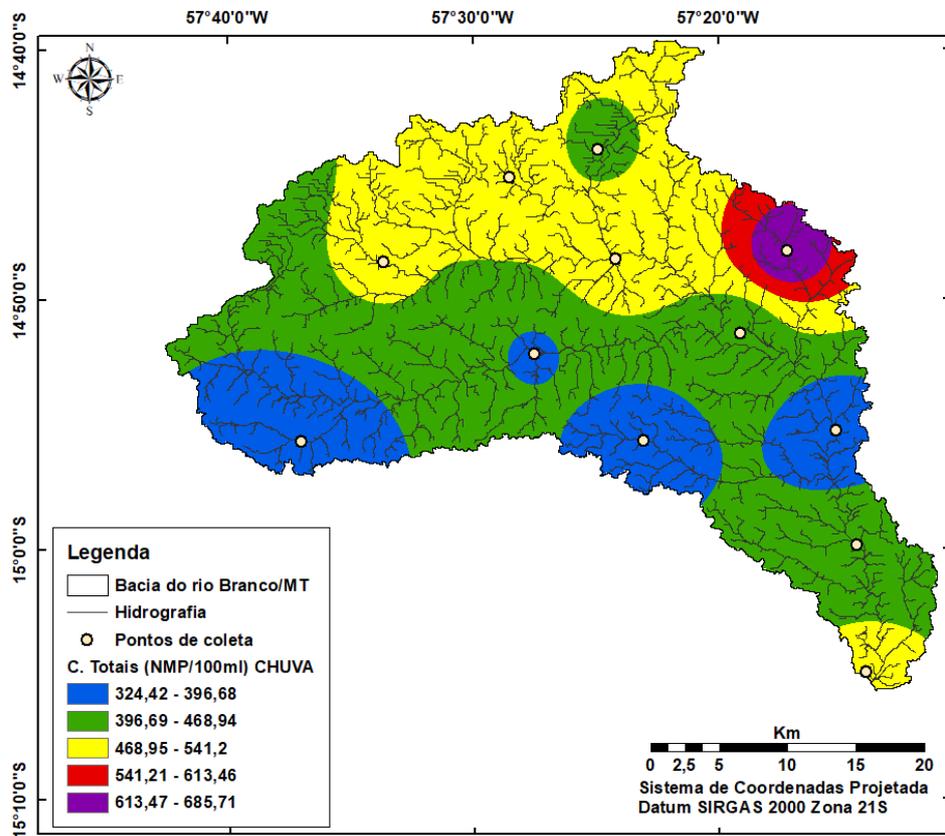
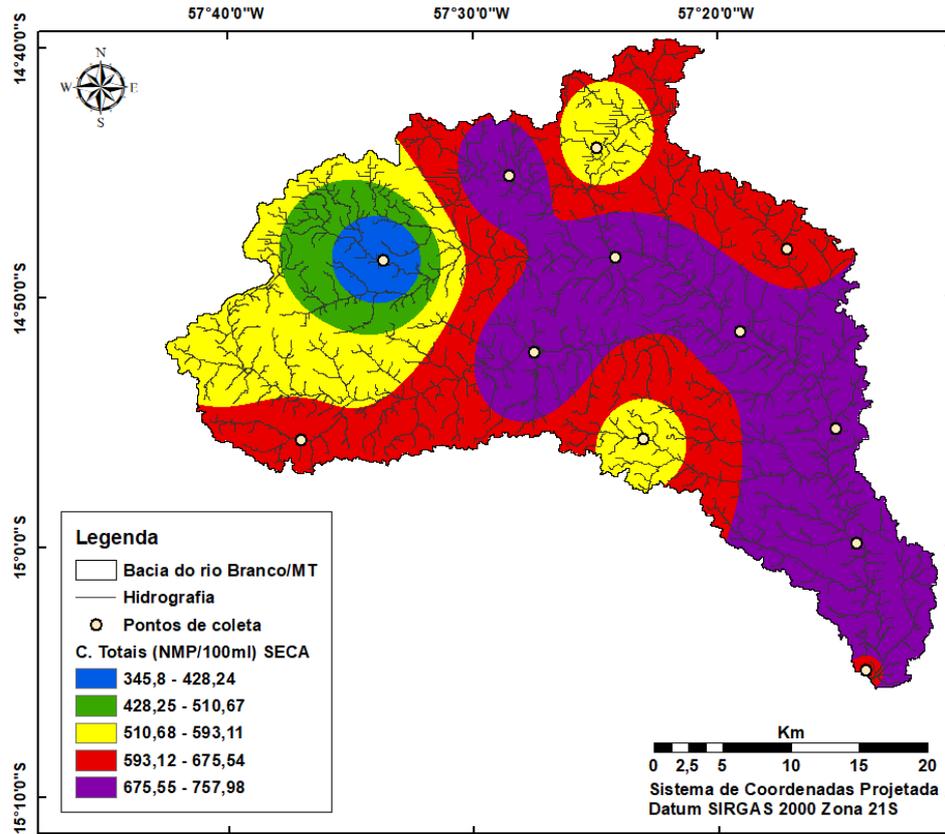
### Cloretos



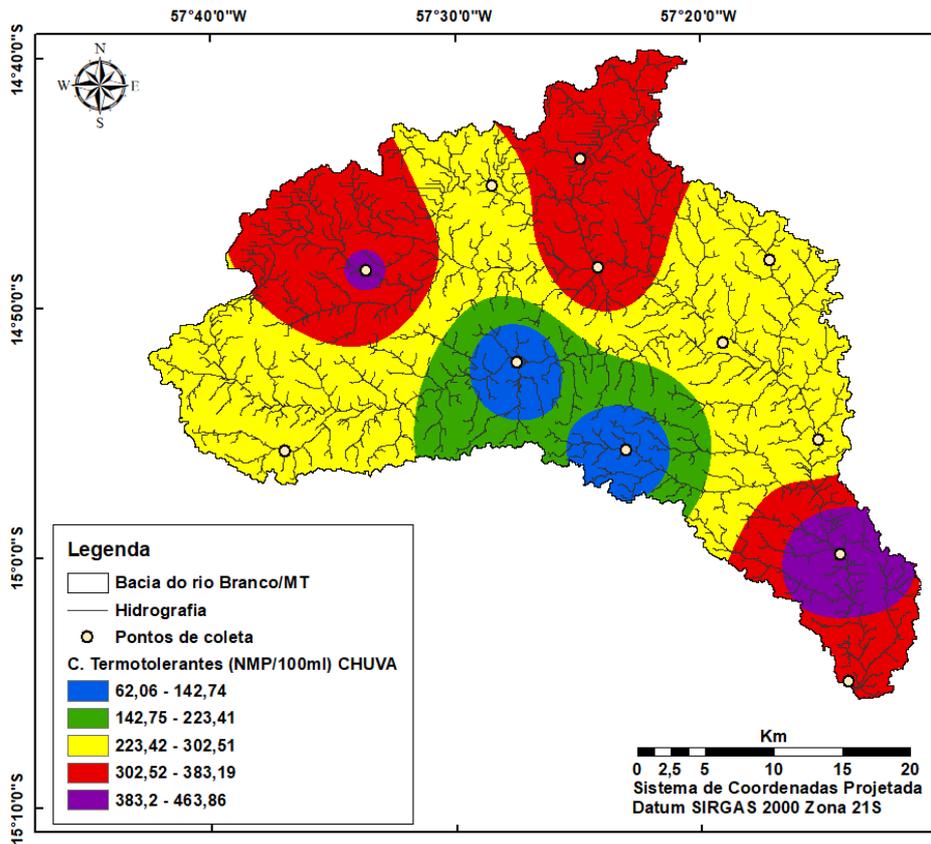
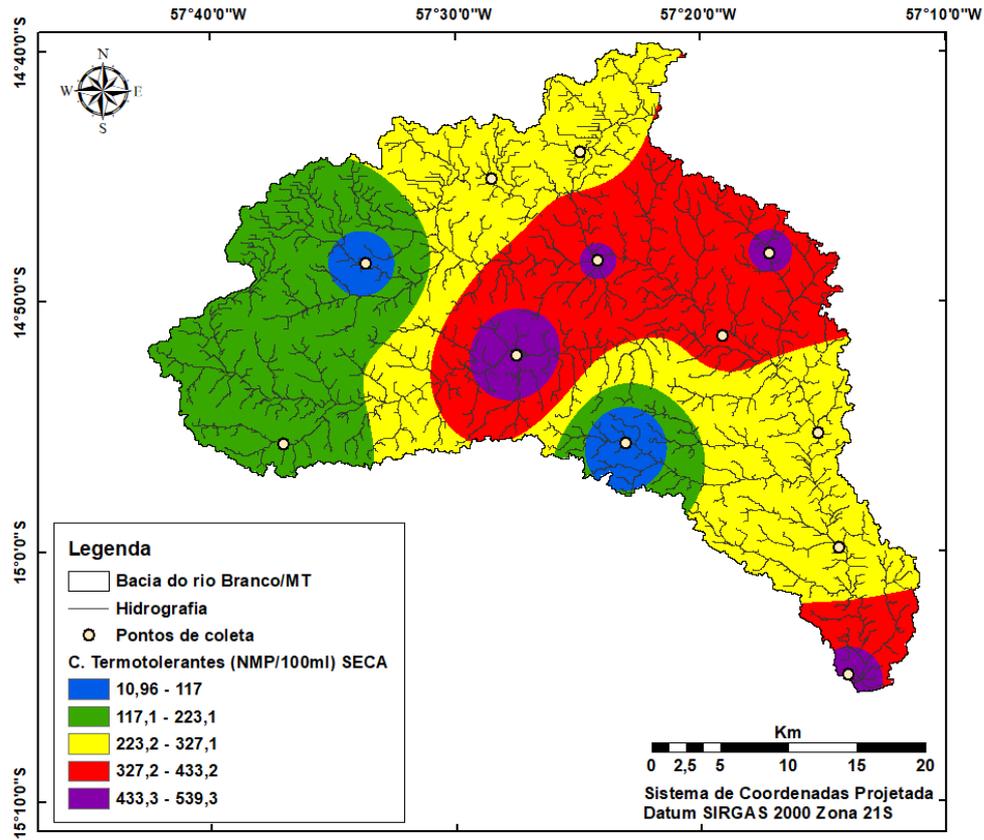
### Bicarbonatos



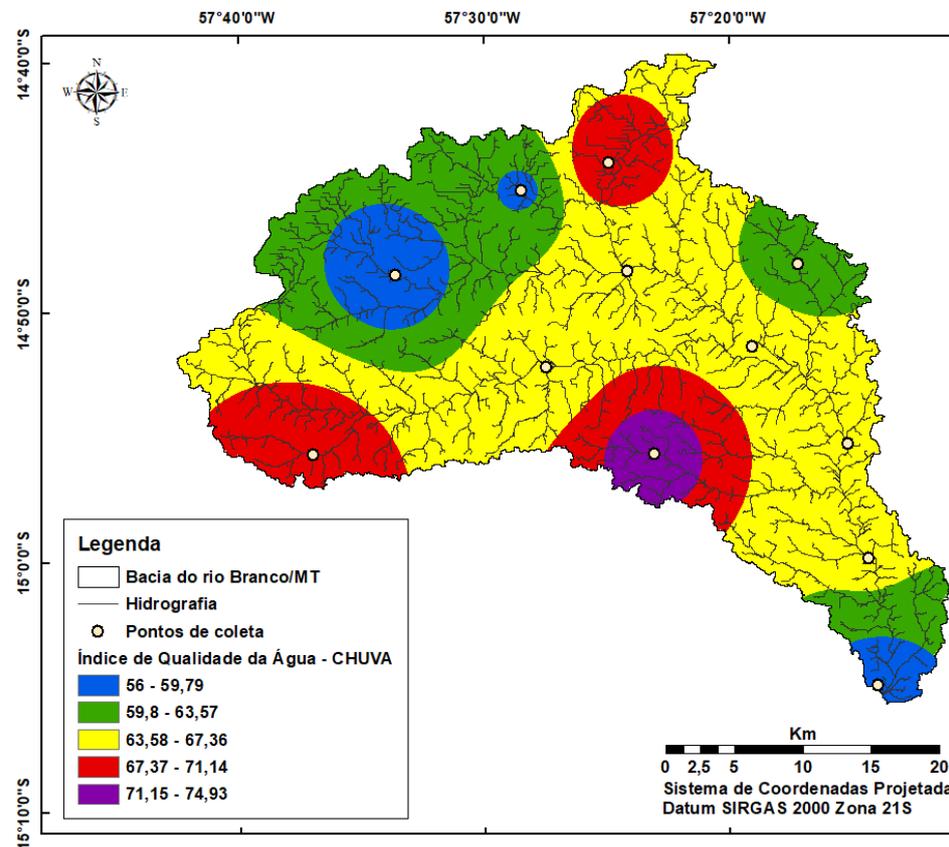
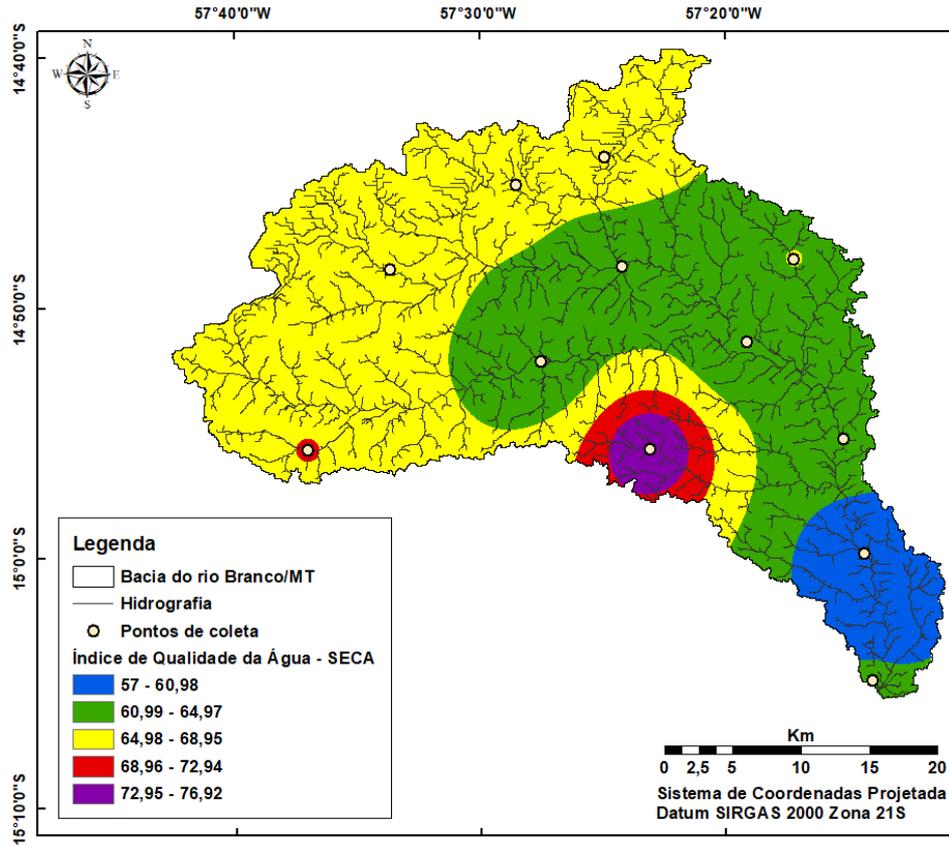
### Coliformes Totais (NMP/100ml)



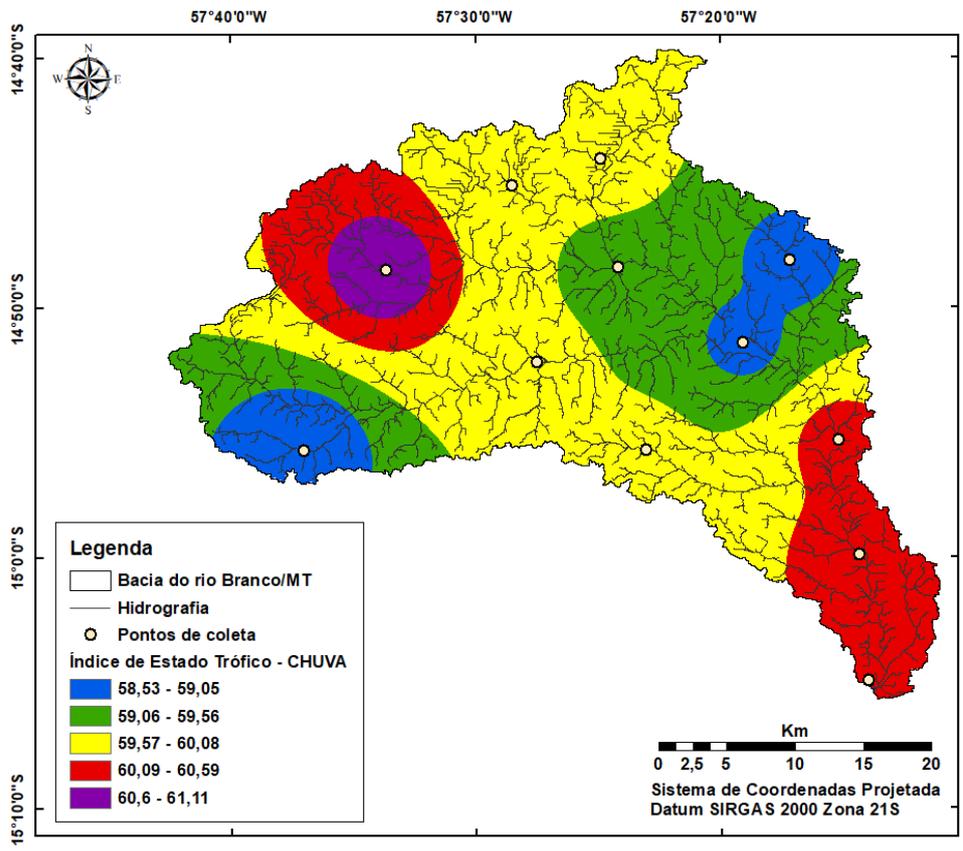
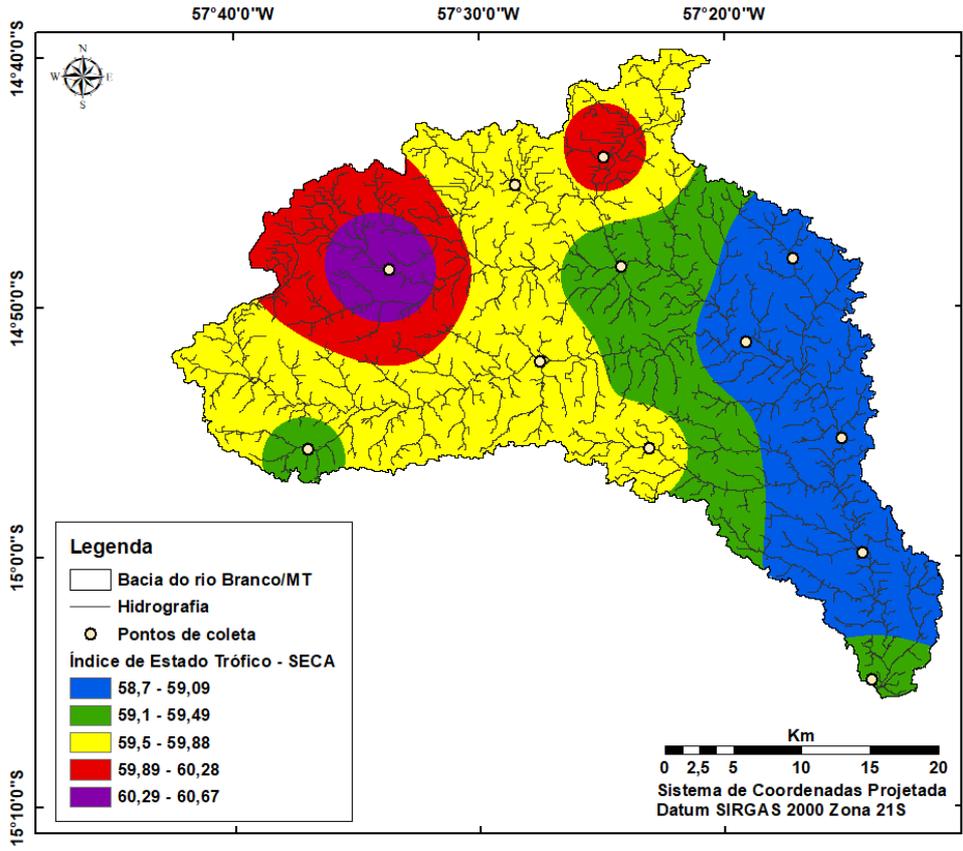
### Coliformes Termotolerantes E. coli (NMP/100ml)



## Índice de Qualidade da Água



### Índice de Estado Trófico



### Relação de Adsorção de Sódio ( $\text{mmolc}\cdot\text{L}^{-1}$ )<sup>1/2</sup>

