

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
CAMPUS DE NOVA XAVANTINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO**

HELLEN KEZIA SILVA ALMADA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, MORFOMÉTRICA E
QUALIDADE DA ÁGUA EM DUAS MICROBACIAS NA
TRANSIÇÃO CERRADO – AMAZÔNIA**

Nova Xavantina

Fevereiro de 2017

HELLEN KEZIA SILVA ALMADA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, MORFOMÉTRICA E
QUALIDADE DA ÁGUA EM DUAS MICROBACIAS NA
TRANSIÇÃO CERRADO – AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, para obtenção do título de *Mestre*.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Keichi Umetsu

Co-orientador: Prof. Dr. Divino Vicente Silvério.



Nova Xavantina

Fevereiro de 2017

A444 Almada, Hellen Kezia Silva (1994 -).
Caracterização física, morfométrica e qualidade da
água em duas microbacias na transição Cerrado -
Amazonia. / Hellen Kezia Silva Almada – Nova Xavantina:
[s.n.], 2017.

55 f.: il.

Orientador: Ricardo Keichi Umetsu.

Co-orientador: Divino Vicente Silvério.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) –
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e conservação,
2017.

1. Bacia hidrográfica. 2. Cerrado. 3. Floresta amazônica.
4. Brasil. I. Título.

CDU – 556.51(81)

Bibliotecária: Thais Caroline Souza Silva – CRB 1/2921.

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, MORFOMÉTRICA E QUALIDADE DA
ÁGUA EM DUAS MICROBACIAS NA TRANSIÇÃO CERRADO –
AMAZÔNIA**

HELLEN KEZIA SILVA ALMADA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE “MESTRE”.

APROVADA EM 23 DE FEVEREIRO DE 2018, PELA BANCA EXAMINADORA:

Ricardo Keichi Umetsu
UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso
Orientador

Marcia Nunes Macedo
Woods Hole Research Center
Membro Titular

Joana Darc Batista
UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso Orientador
Membro Titular

Eddie Lenza de Oliveira
UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso Orientador
Membro Suplente

*À Deus e
minha família*

Agradecimentos

Início meus agradecimentos por **Deus**, por ter colocado pessoas tão especiais a meu lado desde meu ingresso ao meio acadêmico.

Á minha família meu infinito agradecimento. Á minha mãe e ao meu padrasto, **Vanildes e Manoel**, obrigada por acreditarem na minha capacidade, me fortalecerem quando me sinto incapaz e por vibrarem comigo a cada conquista.

Á meu amado marido, **Fernando**, por ser meu torcedor número um. Graças ao seu incentivo, companheirismo e compreensão esse trabalho pôde ser concretizado. Obrigada por realizar comigo os meus sonhos.

Aos meus irmãos, principalmente ao **Heverton** e meu sobrinho **Heverson**, meu agradecimento especial, por se orgulharem de mim e acreditarem no meu trabalho.

As minhas amigas **Ludmilla e Gabriely**, por me valorizarem tanto como pessoa, obrigada pela amizade.

Aos meus orientadores **Ricardo e Divino**, por acreditarem no meu potencial mesmo quando eu não acreditava ser capaz de corresponder.

As amigas que o mestrado me proporcionou, pelos momentos divididos juntos, especialmente a **Karen, Daielle, Bethânia, Cleide, Lorryne, Paola, Fernando, Sílvio, Roosevelt**. Obrigada por tornarem meu trabalho mais leve, por ouvirem minhas angustias e alegrias. Não poderia esquecer **Ana Clara e Tamyres** pelo suporte fundamental.

Ao apoio e disposição para sanar minhas dúvidas a qualquer hora, muitíssimo obrigada **Leonardo** (IPAM), **Luciano** (Doutorado – UNEMAT), **Claudinei e Adriano** (LAPIG). Foi muito bom poder contar com vocês.

Agradeço a **CAPES** pela concessão da bolsa de estudos e ao Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração – **PELD**, Transição Cerrado-Floresta Amazônica: bases ecológicas e sócio-ambientais para a conservação (Etapa II), Chamada MCTI/CNPq/FAPs nº 34/2012, pelo suporte financeiro, em nome da Profa. Dra. Beatriz Schwantes Marimon, coordenadora.

Obrigada ao **LAHECO – UNEMAT** pelo fornecimento de dados e a toda a equipe pela participação nos campos e disposição a ajudar sempre que necessário.

Finalmente gostaria de agradecer a **UNEMAT**, ao **LAPIG – UFG** e ao **IPAM – Canarana** por abrirem as portas para que eu realizasse este sonho que era a minha dissertação de mestrado, obrigada por todo conhecimento técnico e científico.

Obrigada a todos os envolvidos!

Sumário

Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas	xi
Resumo	xii
Introdução	1
Material e Métodos	3
<i>Caracterização das áreas de estudo</i>	3
<i>Córrego Bacaba</i>	5
<i>Córrego Sucuri</i>	6
<i>Parâmetros morfométricos</i>	7
<i>Caracterização do uso e cobertura do solo</i>	9
<i>Coleta de dados em campo</i>	9
<i>Análise de dados</i>	10
Resultados	11
<i>Morfometria dos pontos amostrais</i>	13
<i>Caracterização do uso e Cobertura do solo</i>	15
Discussão	23
Conclusões	29
Bibliografias.....	Erro! Indicador não definido.
Anexos	34

**Caracterização física, morfométrica e qualidade da água em duas
microbacias na transição Cerrado – Amazônia**

Citações e referências bibliográficas apresentadas de acordo com as normas da **Hydrological Sciences Journal**, disponível em
(<http://www.tandfonline.com/action/authorSubmission?journalCode=thsj20&page=instructions>)

Lista de Figuras

Figura 1. Localização das microbacias dos Córregos Bacaba e Sucuri e pontos amostrais, em Nova Xavantina - MT.	4
Figura 2. Classes de solos das bacias hidrográficas dos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. Fonte: IBGE.	5
Figura 3. Fluxograma das funções utilizadas para gerar a delimitação e drenagem das bacias.	7
Figura 4. Modelo Digital de Elevação (MDE) das bacias hidrográficas dos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.	11
Figura 5. Sistema de drenagem das bacias hidrográficas dos córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.	12
Figura 6. Mapa de declividade das bacias hidrográficas dos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.	13
Figura 7. Área de influência dos pontos de coleta, bacias hidrográficas dos córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.	14
Figura 8. Caracterização do uso e cobertura do solo das bacias hidrográficas dos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.	15
Figura 9. a) Vazão mensal e b) precipitação mensal registradas durante o período de três anos de amostragem. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em Nova Xavantina - MT.	16
Figura 10. Análise dos componentes principais (PCA) entre os atributos físico-químicos da água e as coletas nos pontos amostrais dos Córregos Bacaba e Sucuri.	17
Figura 11. Gráficos preditivos dos atributos da água coletados nos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. IIH = Índice de Integridade de Habitat.	20
Figura 12. Gráficos preditivos dos atributos da água coletados nos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. IIH = Índice de Integridade de Habitat; CE = Condutividade Elétrica; Turb = Turbidez; TDS = Sólidos Totais Dissolvidos; Tagua = Temperatura da água; ORP = Potencial de Óxido-Redução.	21
Figura 13. Gráficos preditivos dos atributos da água coletados nos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. DBO = Demanda bioquímica de oxigênio; AA = Amplitude altimétrica; OD = Oxigênio dissolvido; RR = Razão de relevo.	22
Figura 14. Gráficos preditivos dos atributos da água coletados nos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. DN = Distância da nascente; FeT = Ferro total; PT = Fósforo total; Turb = Turbidez.	23
Figura 15. Gráficos preditivos dos atributos da água coletados nos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. OD = Oxigênio dissolvido; DBO = Demanda bioquímica de oxigênio; DN = Distância da nascente; ORP = Potencial de óxido-redução; AA = Amplitude altimétrica; RR = Razão de relevo; Tagua = Temperatura da água.	24

Lista de Tabelas

Tabela 1. Parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas dos córregos Bacaba e Sucuri	11
Tabela 2. Distribuição das classes de declividade, bacias hidrográficas dos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.....	13
Tabela 3. Parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas dos córregos Bacaba e Sucuri, a partir da área de influência de cada ponto de coleta.	14
Tabela 4. Classes de uso do solo das bacias hidrográficas dos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.....	15
Tabela 5. Precipitação acumulada durante os três hidroperíodos analisados. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em Nova Xavantina - MT.	16
Tabela 6. Média e desvio padrão dos atributos de qualidade da água que excederam o limite estabelecido pelo CONAMA N°357/2005, bacias hidrográficas do Córrego Bacaba e Córrego Sucuri, Nova Xavantina – MT.	19

Resumo

A qualidade da água em riachos é determinada pelo equilíbrio entre diversos fatores, tais como a geologia, topografia, clima, cobertura vegetal, além dos usos da terra vigentes na bacia hidrográfica. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos das características físicas e morfológicas da bacia hidrográfica, do desmatamento e da sazonalidade climática sobre a qualidade da água em dois riachos na zona de transição entre o Cerrado e a Floresta Amazônica. Mais especificamente testamos duas hipóteses: a) que os atributos físico-químicos da água variam de acordo com a intensidade das alterações antrópicas; b) que os atributos físico-químicos da água apresentam variações de acordo com a sazonalidade climática e variações nos parâmetros morfométricos das microbacias. Nossos resultados corroboraram a hipótese de que os atributos físico-químicos da água avaliados apresentam grande variabilidade em função dos diferentes índices de alterações antrópicas dos pontos de coleta. As bacias estudadas apresentam a maior parte de suas áreas conservadas, contudo os parâmetros da qualidade da água foram particularmente sensíveis as alterações nas áreas de preservação permanente. Verificamos que a extensão do riacho e o relevo das microbacias influenciam diretamente os atributos NH_4^+ , FeT, PT, NO_2 , SO_4 , Mn, pH, OD, DBO, ORP, Turbidez e Temperatura da água, corroborando a hipótese de que os atributos físico-químicos da água variam de acordo com os parâmetros morfométricos das microbacias. A hipótese de que atributos físico-químicos da água apresentam variações de acordo com a sazonalidade climática foi corroborada, e os resultados indicaram que o acréscimo de partículas pelo escoamento superficial altera os atributos pH, OD, DBO, CE, Turb, TDS, ORP, NO_3^- , SO_4 , Temperatura da água e Vazão. Dessa forma, é possível concluir que tanto a heterogeneidade ambiental quanto a sazonalidade climática são importantes para a dinâmica limnológica dos córregos analisados.

Abstract

The quality of the water in streams is determined by the balance between several factors, such as geology, topography, climate, vegetation cover, and land use in the river basin. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of the physical and morphological characteristics of the hydrographic basin, deforestation and climatic seasonality on water quality in two streams in the transition zone between the Cerrado and the Amazon Forest. More specifically, we test two hypotheses: a) that the physico-chemical attributes of water vary according to the intensity of anthropogenic changes; b) that the physical-chemical attributes of the water present variations according to the climatic seasonality and variations in the morphometric parameters of the microcatchments. Our results corroborate the hypothesis that the physico-chemical attributes of the water evaluated present great variability as a function of the different indexes of anthropic alterations of the collection points. The studied basins present the majority of their areas conserved, however the water quality parameters were particularly sensitive to changes in the permanent preservation areas. We verified that the extension of the creek and the relief of the microbasins directly influence the NH_4^+ , FeT, PT, NO_2 , SO_4 , Mn, pH, OD, BOD, ORP, Turbidity and Water temperature attributes, corroborating the hypothesis that the physical- chemical parameters of the water vary according to the morphometric parameters of the microcatchments. The hypothesis that physical-chemical attributes of water present variations according to climatic seasonality was corroborated, and the results indicated that the addition of particles through surface run changes the attributes pH, OD, BOD, CE, Turb, TDS, ORP, NO_3^- , SO_4 , Tagua and Flow. Thus, it is possible to conclude that both environmental heterogeneity and climatic seasonality are important for the limnological dynamics of the analyzed streams.

Introdução

A expansão e intensificação de atividades agropecuárias na fronteira agrícola no sul da Amazônia, o arco do desmatamento, constituem uma crescente ameaça aos serviços prestados pelos ecossistemas da região (Neill *et al.* 2013, Nobrega *et al.* 2015). Tornando necessário enfatizar os serviços ecossistêmicos que as áreas naturais oferecem, muitos dos quais tem valor tangível, tal como o papel da vegetação nativa para proteção do solo e da qualidade da água (Masese *et al.* 2014, Brogna *et al.* 2018), que depende além do tipo de vegetação, de outros fatores, tais como a geologia, topografia e clima (Kanth e Hassan 2012, Bleich *et al.* 2014). A hidrologia de uma bacia hidrográfica depende de características físicas como tamanho, forma, declividade, densidade de drenagem e comprimento dos canais (Kanth e Hassan 2012). Assim, a análise morfométrica de bacias hidrográficas é essencial para compreensão da dinâmica de bacias hidrográficas e aliada a dados hidrológicos permitem avaliar a vulnerabilidade ambiental e a priorização de bacias hidrográficas para conservação da água e do solo, no entanto esses parâmetros não devem ser avaliados isoladamente sem avaliação da magnitude temporal, para evitar o risco de conclusões ecológicas impróprias e gestão inadequadas para a conservação (Kanth e Hassan 2012, Santhanam *et al.* 2016). Dessa forma, para uma gestão mais eficaz desse ecossistema são de grande importância os estudos que busquem conhecer de maneira integrada a estrutura das bacias, afim de entender as interações espaciais e temporais e as respostas as alterações antrópicas.

É amplamente conhecido que pequenos córregos desempenham um papel importante nos processos biogeoquímicos que determinam a qualidade da água e o transporte de matéria orgânica para rios de maior porte (Deegan *et al.* 2011, Nobrega *et al.* 2015). Entretanto, as mudanças no uso da terra podem alterar a estrutura e as características hidráulicas dos pequenos cursos d'água, conseqüentemente refletindo na forma como estes processam e liberam materiais a jusante. Estudos das alterações ambientais em microbacias associadas as mudanças no uso da terra têm fornecido importantes informações a respeito das funções hidrológicas e biogeoquímicas (Neil *et al.* 2013, Nobrega *et al.* 2015, Bleich *et al.* 2015, Brogna *et al.* 2018). Além disso, os impactos das alterações no uso da terra são mais perceptíveis nesses ambientes, tornando esses estudos imprescindíveis para avaliação da fragmentação ambiental em processos ecossistêmicos, os quais podem ser imperceptíveis em análises de grande escala.

Tendo em vista as rápidas alterações na paisagem na transição Cerrado - Amazônia, é essencial conhecer a vulnerabilidade de pequenos córregos às alterações antrópicas e às variações naturais do clima e das características físicas da região para assim propor medidas

capazes de mitigar os efeitos negativos sobre os recursos hídricos. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi compreender os efeitos do desmatamento e da sazonalidade climática em duas microbacias localizadas na zona de transição entre o Cerrado e a Floresta Amazônica. Mais especificamente testamos duas hipóteses: a) que os atributos físico-químicos da água variam de acordo com a intensidade das alterações antrópicas. Partindo do pressuposto que a remoção da vegetação nativa resulta em alterações negativas para a qualidade da água; b) que os atributos físico-químicos da água apresentam variações de acordo com a sazonalidade climática e variações nos parâmetros morfométricos das microbacias. Partimos do pressuposto que devido ao aumento no volume de água e ao escoamento superficial, no período chuvoso, mais partículas de solo e matéria orgânica são carregados para dentro dos córregos.

Caracterização das áreas de estudo

Esse estudo foi realizado em duas microbacias hidrográficas, o Córrego Bacaba e Córrego Sucuri (**Figura 1**) ambas situadas na bacia do Rio das Mortes (o maior tributário do Rio Araguaia) no município de Nova Xavantina, mesorregião Nordeste Mato-Grossense e microrregião de Canãrana. A vegetação da região é tipicamente transicional (Cerrado-Amazônia), com predomínio de formações savânicas e florestais. As principais atividades econômicas da região são a pecuária de corte e a agricultura (Alencar *et al.* 2004).

O clima da região é do tipo tropical chuvoso ou AW de acordo a classificação de Koppen (tropical chuvoso), com duas estações bem definidas. A estação chuvosa, dura de outubro a março, com temperaturas mais elevadas, comparando com a estação seca que dura de abril a setembro. Os índices pluviométricos, obtidos na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Nova Xavantina-MT, registraram aproximadamente 1400 mm de chuva por ano, sendo janeiro o mês mais chuvoso, com aproximadamente 290 mm. A temperatura média anual oscila em torno de 24 °C.

Os solos presentes nas microbacias hidrográficas estudadas foram latossolo vermelho-amarelo, neossolo litólico e neossolo quartzarênico. Na Figura 2 é possível verificar a distribuição das classes de solo para cada uma das bacias.

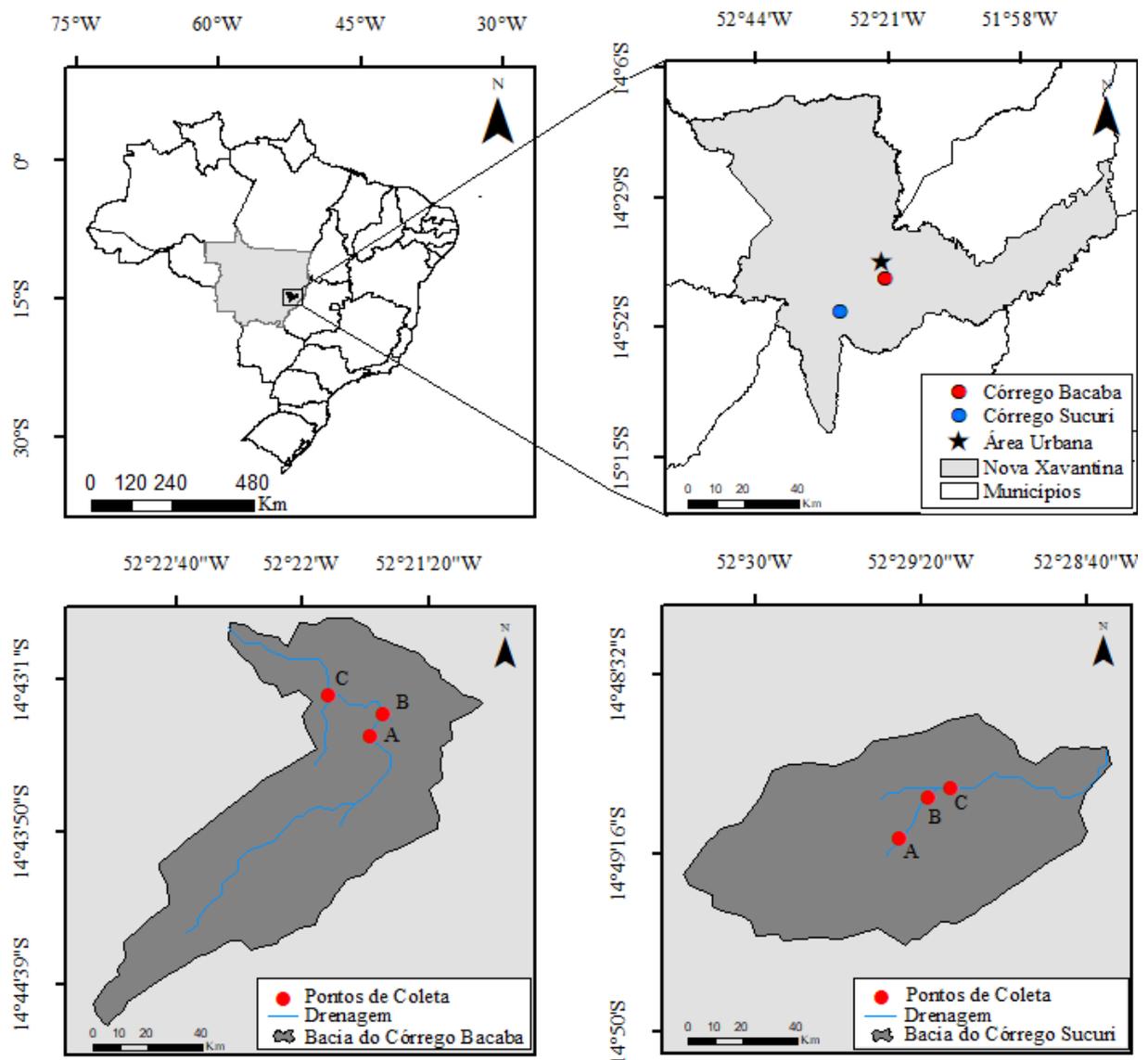


Figura 1. Localização das microbacias dos Córregos Bacaba e Sucuri e pontos amostrais, em Nova Xavantina - MT.

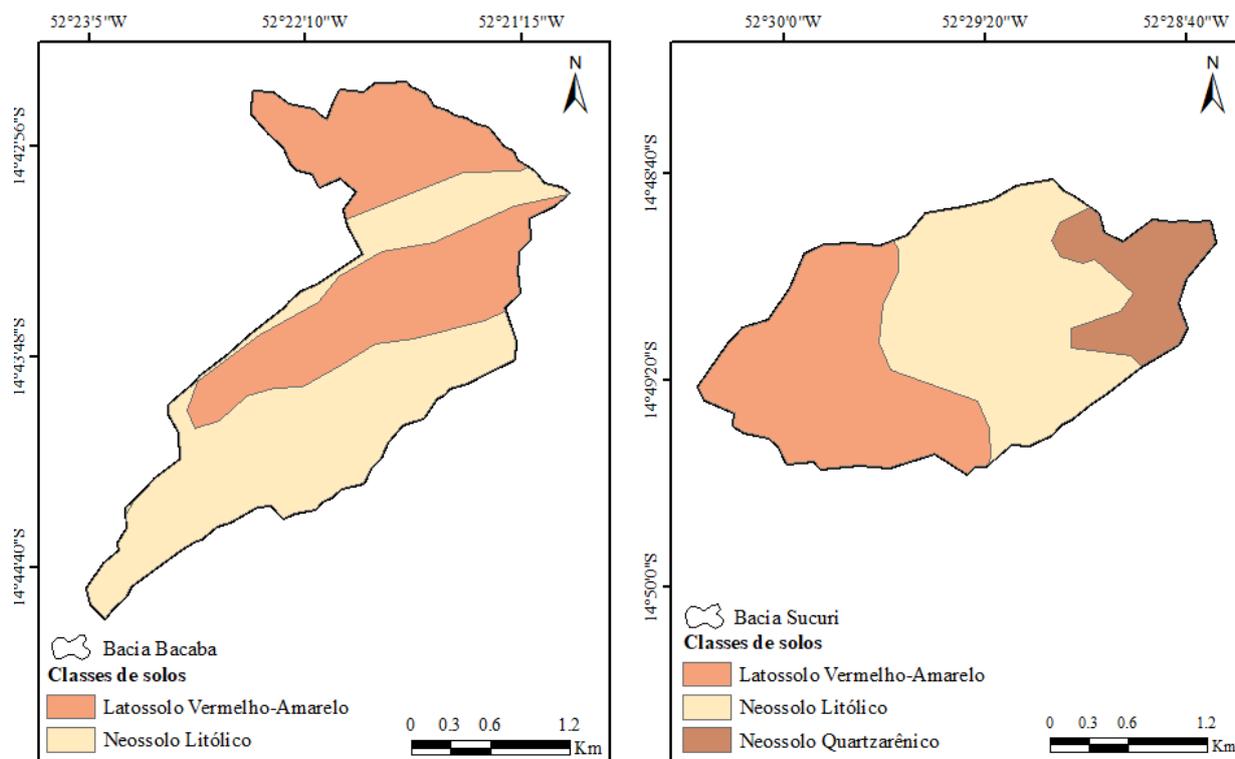


Figura 2. Classes de solos das bacias hidrográficas dos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. Fonte: IBGE.

Córrego Bacaba

O córrego Bacaba (14°43'12,2" S e 52°21'36,7" O), considerado de 2ª ordem conforme classificação de Strahler (1957), apresenta extensão de aproximadamente 6.600 metros e é afluente do córrego Salgadinho que por sua vez desagua no Rio das Mortes. A porção nordeste da bacia está inserida em uma unidade de conservação de 492 hectares, o Parque Municipal do Bacaba. O córrego Bacaba, que é intermitente na estação seca, apresenta uma pequena barragem entre a porção mediana e a foz. Abaixo uma descrição básica para cada um dos três pontos amostrados:

Ponto A – este ponto está inserido dentro da área do parque, a aproximadamente 3 km da nascente, localizado entre as coordenadas 14°43'17,4" S 52°21'36,5" O. Apresenta leito rochoso formando pequenas corredeiras e um afloramento rochoso de quartzito a montante que formam pequenas cachoeiras na estação chuvosa. A mata de galeria e floresta adjacente apresentam bom estado de preservação (Abad & Marimon 2008). Um estudo anterior realizado na mesma área (Zaratim 2015) indica que de acordo com o Índice de Integridade de Habitat (IIH), proposto por Nessimian *et al.* (2008) e modificado por Bleich *et al.* (2014), esse ponto apresenta alta integridade (IIH=0.95).

Ponto B – este ponto está localizado a 300 m do ponto A, em uma área intermediária aos pontos A e C (14°43'11,0" S 52°21'33,2" O), apresentando características semelhantes ao ponto A, com leito menos rochoso e em uma porção de leito mais encaixado. Apesar de estar inserido em uma unidade de conservação este ponto possui uma barragem com largura de três m á jusante, utilizada para abastecimento de alguns moradores do Bairro Olaria. Com relação à integridade de habitat, o índice encontrado (IIH = 0,95) demonstra que esse ponto possui alta integridade ambiental (Zaratim 2015).

Ponto C – este ponto está inserido nos limites do parque com uma área de pastagem de uma propriedade particular adjacente (14°43'03,0" S 52°21'47,2" O), a 500 m do ponto B. A vegetação é típica de buritizal e parte da mata de galeria foi removida. Devido a presença da barragem a montante esse ponto apresenta intermitência do fluxo durante a estação seca, além de exibir diversas alterações como erosão, solo exposto e entrada de gado. O Índice de Integridade de Habitat desse ponto (IIH = 0,71) demonstra menor integridade ambiental em relação aos pontos A e B (Zaratim 2015).

Córrego Sucuri

O Córrego Sucuri, localizado a cerca de 35 km do centro urbano de Nova Xavantina (14°49'02" S e 52°29'20" O), apresenta extensão de cerca de 2.600 m e a largura máxima do canal de aproximadamente 4 m. De acordo com Strahler (1957) recebe a classificação de 2ª ordem, desagua no Ribeirão Antártico. O fluxo de água é perene e no sentido oeste-leste. O córrego percorre diversas propriedades rurais particulares, desde a nascente até a foz, apresenta zona ripária bem conservada (Calvão 2012) e seu leito rochoso proporciona pequenas cachoeiras, desde a área da nascente até a porção mediana, seguido por área de pastagem e área em regeneração até a foz.

Ponto A – esse ponto está localizado a aproximadamente 150 m da nascente (14°49'10,89" S e 52°29'25,00" O), apresenta leito rochoso formando diversas cachoeiras. A mata de galeria é preservada e densa. O Índice de Integridade de Habitat das mesmas áreas amostradas nesse estudo foi calculado em um estudo anterior (Campos 2015), e indica integridade ambiental intermediária (IIH = 0,88).

Ponto B – esse ponto fica em uma zona intermediária do córrego a aproximadamente 400 m do ponto A (14°49'0,99" S e 52°29'18,80" O), as características são semelhantes ao ponto A, e neste ponto a largura do canal pode atingir até 4 m. Entre os pontos A e B existem

diversos afloramentos rochosos, formando pequenas cachoeiras. Semelhante ao ponto A, esse ponto apresenta índice de integridade ambiental intermediário (IIH = 0,88) (Campos 2015).

Ponto C – esse ponto apresenta características semelhantes aos demais, localizado a 200 m do ponto B (14°48'58.29" S e 52°29'12.90" O). Entretanto, nesse ponto é possível encontrar vestígios da presença de gado. O Índice de Integridade de Hábitat desse ponto (IIH = 0,88), assim como os outros pontos amostrados nesse córrego, evidencia um índice de integridade ambiental intermediário (Campos 2015).

Parâmetros morfométricos

A partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizado pela United States Geological Survey (USGS), imagem SRTM com resolução de 90 metros, geramos os limites das bacias hidrográficas e as drenagens, no software ArcGIS 10.3, seguindo a sequência de funções ilustradas na **Figura 3**. As informações contidas no MDE permitiram calcular para cada bacia: a área, perímetro, comprimento da bacia, comprimento dos canais, altitude máxima e mínima, amplitude altimétrica e declividade. As classes de declividade obtidas foram reclassificadas em seis classes de acordo com a EMBRAPA (1979).

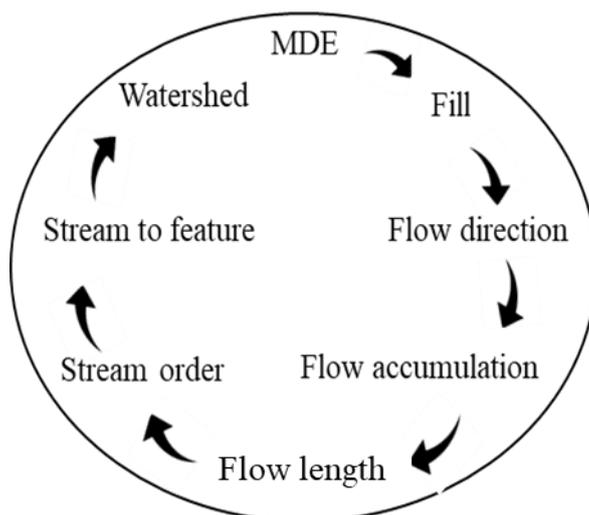


Figura 3. Fluxograma das funções utilizadas para gerar a delimitação e drenagem das bacias.

Para a classificação da morfometria de bacias é necessário conhecer a sua área de drenagem, forma e relevo. Para encontrar esses valores, foram aplicadas as seguintes formulas:

Coefficiente de compacidade (Kc) – relaciona a forma da bacia com a de um círculo com área igual à da bacia. Valores próximos a unidade (1) correspondem a bacias circulares;

quanto maior o coeficiente de compacidade, mais alongada será a forma da bacia (Nooka Ratnam *et al.* 2005). Esse parâmetro pode ser obtido através da equação

$$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde: Kc = Coeficiente de compacidade; P = Perímetro da bacia; A = Área da bacia (Km²).

Índice de circularidade (Ic) – da mesma forma como o coeficiente de compacidade, esse parâmetro relaciona a forma da bacia com um círculo de mesma área, bacias com índice de circularidade acima de 0,51 apresentam tendência circular, indicando bacias suscetíveis aos processos de inundação e bacias com índice de circularidade menores que 0,51 apresentam formato alongado que favorecem o escoamento rápido (Strahler 1964). Este índice pode ser calculado a partir da equação

$$Ic = \frac{A}{P^2}$$

Onde: Ic = Índice de circularidade; A = Área da bacia (km²); P = Perímetro da bacia.

Densidade de drenagem (Dd) – indica a relação entre o comprimento total de canais e a área da bacia hidrográfica, esse parâmetro fornece informações sobre a eficiência da drenagem da bacia, revelando a velocidade com que a água escoar na bacia hidrográfica (Horton 1945). A equação para cálculo desse índice é

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Onde: Dd = Densidade de drenagem; Lt = Comprimento total dos cursos d'água; A = Área da bacia (km²).

Razão de relevo (Rr) – esse índice indica todo o declive da superfície da bacia hidrográfica (Strahler 1956). E pode ser obtido através da fórmula

$$\frac{AA}{L}$$

Onde: AA = Amplitude altimétrica; L = comprimento do segmento axial da bacia (km²).

Para um estudo mais detalhado, os parâmetros morfométricos foram calculados separadamente para cada ponto de coleta, a fim de analisar a influência da paisagem nos atributos da água.

Caracterização do uso e cobertura do solo

Para a caracterização do uso e cobertura do solo de cada bacia foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, disponível no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), com resolução espacial de 30 m, do ano de 2013. Inicialmente foi realizada a fusão das bandas 3, 4 e 5 (RGB) com a banda pancromática para reduzir a resolução espacial de 30 para 15 metros. Em seguida foi realizado a correção de refletância no Software ENVI 2.0 e a segmentação da imagem no Software Spring 5.2. Então, realizou-se a classificação do uso e cobertura do solo com base no método de máxima verossimilhança utilizando o Software ArcGIS 10.3 e a certificação foi realizada por meio de informações de visitas de campo (TerraClass 2013). Por fim, foi gerado um mapa temático com as classes de uso e cobertura da terra (**Figura 8**).

Coleta de dados em campo

Os atributos físico-químicos da água foram coletados mensalmente para os três pontos em córrego, a fim de verificar possíveis diferenças nas dimensões espacial e temporal durante três anos de coletas. As coletas tiveram início em novembro de 2013 e se estenderam até novembro de 2016. Os dados climáticos da região foram obtidos da estação do INMET, localizada no município de Nova Xavantina, dentro da área da Universidade do Estado de Mato Grosso.

Em cada ponto foi utilizada uma sonda multiparamétrica de avaliação da qualidade da água (modelo Horiba® U5000) para coletar dados de temperatura da água (Tagua), oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), turbidez (Turb), potencial de óxido redução (ORP) e sólidos totais dissolvidos (TDS). A avaliação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foi obtida por meio da diferença inicial e final do oxigênio dissolvido, após a incubação da amostra em estufa durante 5 dias a 20 °C.

Para a avaliação dos íons presente na água: nitrato (NO_3^- , mg.l^{-1}); nitrito (NO_2 , mg.l^{-1}); fósforo total (PT, mg.l^{-1}); amônia (NH_4^+ , mg.l^{-1}); sulfato (SO_4 , mg.l^{-1}), ferro total (FeT, mg.l^{-1}), manganês (Mn, mg.l^{-1}) e fenol (Fenol, mg.l^{-1}), amostras foram coletadas mensalmente em recipientes de cor âmbar, acondicionadas em caixas térmicas e posteriormente transportadas e armazenadas em refrigeração. As análises foram realizadas no Laboratório de Hidroecologia

(LAHECO) da Universidade do Estado de Mato Grosso por meio de um espectrofotométrico digital pré-programado (Modelo MICRONAL B572A) e kits CHEMETRICS®.

A vazão instantânea em cada um dos pontos amostrais foi gerada mensalmente por meio das medições de velocidade e profundidade da água obtidas a partir de um micromolinete fluviométrico (modelo Global Water, FP105). Para isso, em cada ponto de coleta foi determinada a área da seção transversal e a média das velocidades para o cálculo da vazão líquida, utilizando a equação: $Q = A.V$, onde: Q, vazão ($m^3.s^{-1}$); A, área da seção (m^2); e V, velocidade ($m.s^{-1}$).

Análise de dados

Inicialmente, realizamos uma Análise de Componentes Principais (PCA) para avaliar qualitativamente as características de cada ponto e verificar as variáveis mais correlacionadas em cada um dos pontos.

Para testar nossas hipóteses utilizamos para cada atributo de qualidade da água um modelo linear generalizado (GLM), essa análise levou em consideração a área de influência dos pontos amostrais. Inicialmente foram gerados modelos globais com todas as variáveis, e considerou-se como os melhores modelos aqueles que apresentaram os menores valores do critério de informação de Akaike (*Akaike information criterion*) (Zuur *et al.* 2009).

Resultados

Através do MDE foi possível delimitar a área e a drenagem das bacias hidrográficas analisadas (**Figura 4**). As bacias dos Córregos Bacaba e Sucuri foram consideradas unidades pequenas, visto que apresentam área de 5,58 e 3,30 km² e perímetro de 14,13 e 8,08 km, respectivamente. Os parâmetros morfométricos de cada bacia estão apresentados na Tabela 1.

A altitude da bacia hidrográfica do Córrego Bacaba variou de 288 a 501 m, sendo amplitude altimétrica 213 m. O Córrego Sucuri apresentou um padrão de altitude bastante semelhante, variando de 297 m a 501 m e amplitude altimétrica de 204 m (**Figura 4**).

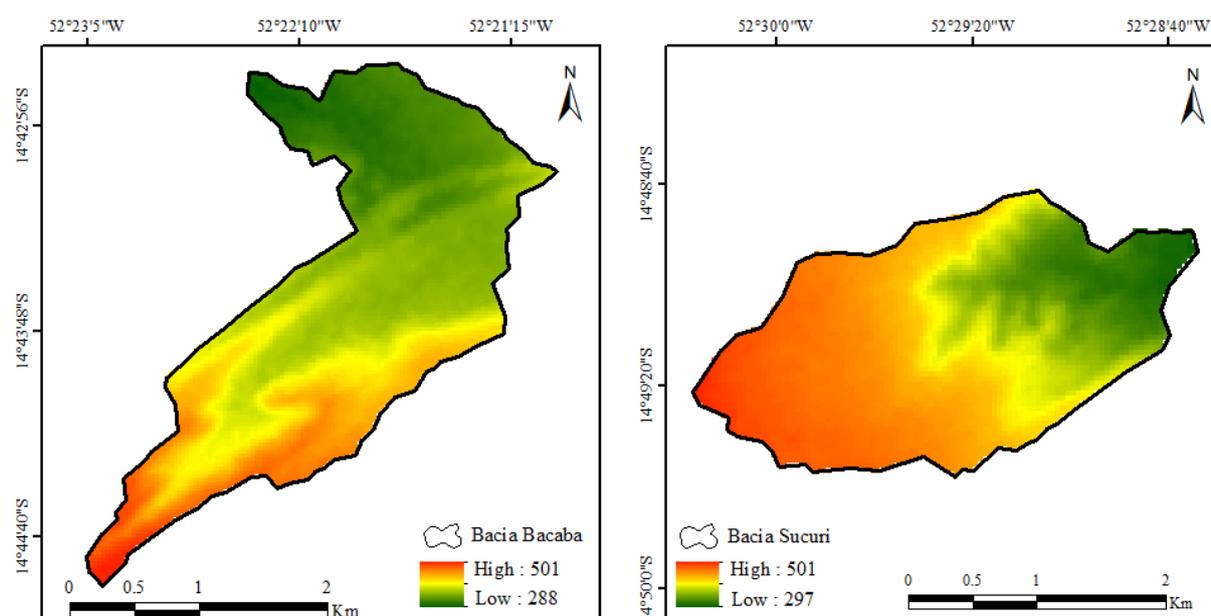


Figura 4. Modelo Digital de Elevação (MDE) das bacias hidrográficas dos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.

Tabela 1. Parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas dos córregos Bacaba e Sucuri

Parâmetros	Bacaba	Sucuri
Área (km ²)	5,59	3,3
Perímetro (km)	14,13	8,08
Comprimento da bacia (km)	5,81	3,21
Altitude máxima (m)	501	501
Altitude mínima (m)	288	297
Amplitude altimétrica (m)	213	204
Número de canais	5	3
Comp. dos canais	8,17	2,65
Coefficiente de compacidade	1,67	1,25
Índice de circularidade	0,35	0,64
Densidade de drenagem (km ⁻²)	1,46	0,80
Razão de relevo	36,66	63,55

Com a análise do sistema de drenagens das bacias, foi possível verificar que ambas as bacias, Córregos Bacaba e Sucuri, são de 2ª ordem, de acordo com a classificação de Strahler, e apresentam padrão de drenagem dendrítico (**Figura 5**). A densidade de drenagem do Córrego Bacaba ($1,46 \text{ km.km}^{-2}$) indica capacidade regular de drenagem, enquanto o córrego Sucuri ($0,80 \text{ km.km}^{-2}$) apresenta baixa capacidade de drenagem.

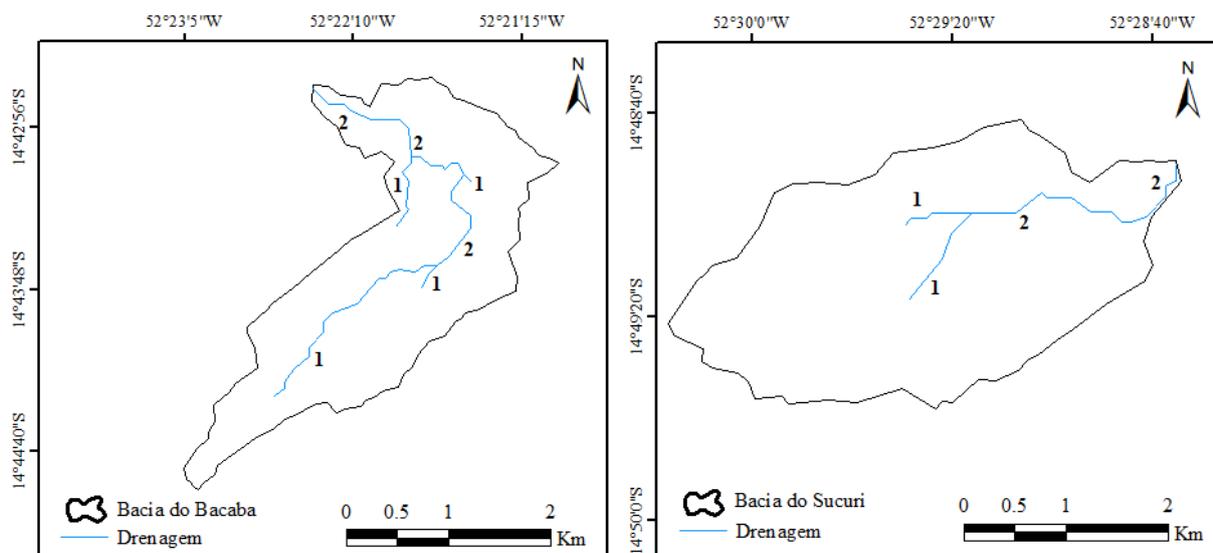


Figura 5. Sistema de drenagem das bacias hidrográficas dos córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.

O coeficiente de compacidade verificado no córrego Bacaba (1,67) evidêcia que esse córrego é pouco suscetível a cheias, visto que o valor se encontra afastado da unidade (1), e o índice de circularidade exibe um valor baixo (0,35). Por outro lado, o córrego Sucuri apresenta um valor moderado para o coeficiente de compacidade (1,25) e alto valor para o índice de circularidade (0,64). Dessa forma pode-se considerar que a bacia do córrego Bacaba possui forma alongada, e o córrego Sucuri tendência circular.

De acordo com as classes de declividade da Embrapa (1979), 61% da área da bacia hidrográfica do córrego Bacaba está compreendida entre os relevos suavemente ondulado (29%) e ondulado (32%) (**Tabela 2**). E para a bacia hidrográfica do córrego Sucuri observou-se que a maior parte da bacia, 67% da área, apresenta os relevos suavemente ondulado (37%) e ondulado (30%). Ambas as bacias apresentam predominância de declividades menores que 20% (**Figura 6**).

Tabela 2. Distribuição das classes de declividade, bacias hidrográficas dos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.

Classes de declividade (%)	Relevo	Córrego Bacaba		Córrego Sucuri	
		Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)
0 – 3	Plano	1,04	18,77	0,41	12,58
3,1 – 8	Suavemente ondulado	1,61	28,84	1,23	37,31
8,1 – 20	Ondulado	1,83	32,77	0,99	30,18
20,1 – 45	Fortemente ondulado	1,07	19,15	0,64	19,65
45,1 – 71	Montanhoso	0,02	0,46	0,008	0,25
Total		5,58	100	3,3	100

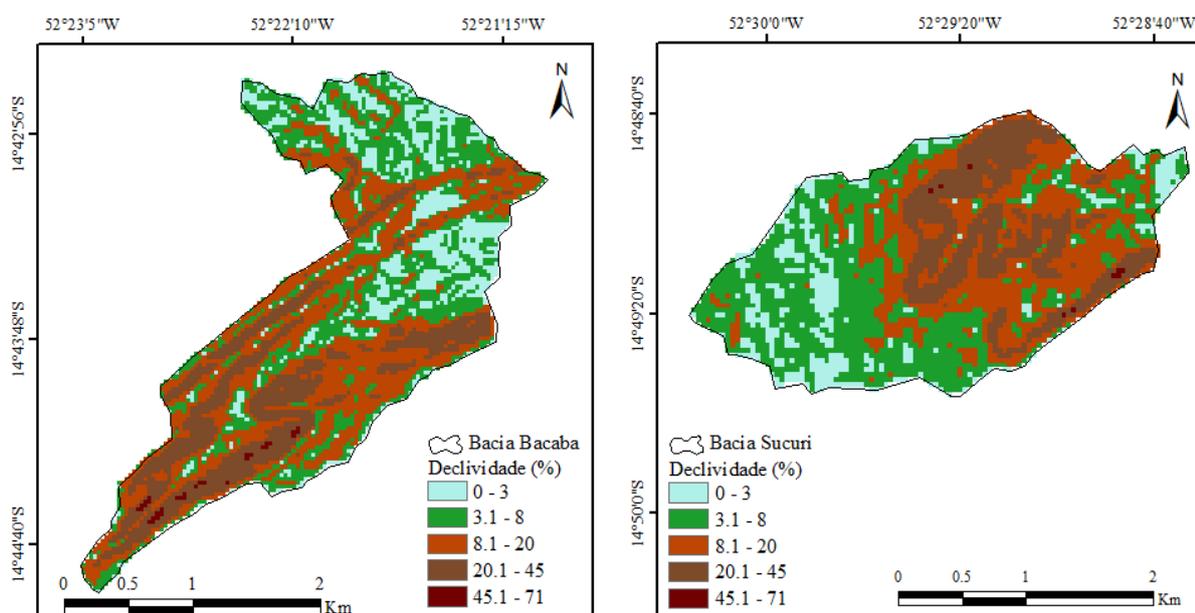


Figura 6. Mapa de declividade das bacias hidrográficas dos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.

Morfometria dos pontos amostrais

Os parâmetros morfométricos calculados de acordo com a área de drenagem de cada um dos pontos de coleta (**Figura 7**), encontram-se na Tabela 3. Esses parâmetros foram gerados para testar a influência da paisagem nos atributos de qualidade da água.

Em termos de densidade de drenagem, todos os pontos amostrados no Córrego Bacaba apresentam capacidade moderada de drenagem e no Córrego Sucuri apresentaram deficiência de drenagem, conforme pode ser observado pelos baixos índices registrados para esse parâmetro (**Tabela 3**). Com relação a forma da área de drenagem, todos os pontos do Córrego Bacaba exibiram forma alongada, enquanto que os pontos do Córrego Sucuri apresentaram tendência circular, o que pode ser comprovado pelos valores obtidos pelo coeficiente de

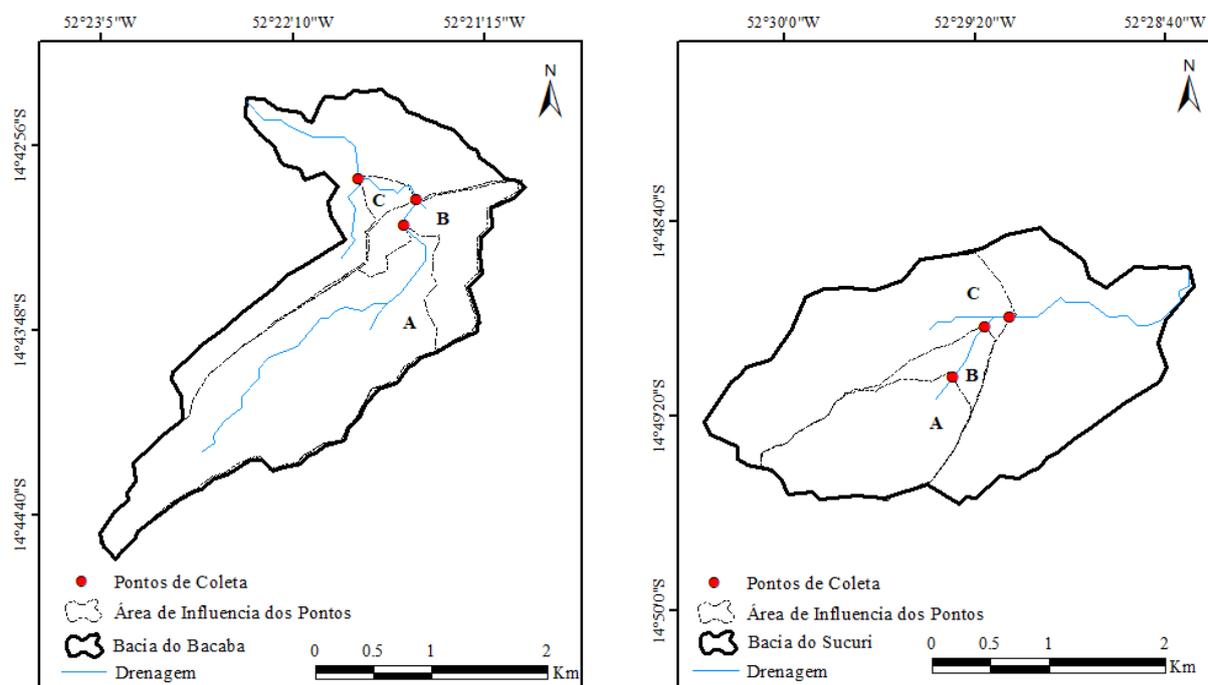


Figura 7. Área de influência dos pontos de coleta, bacias hidrográficas dos córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.

Tabela 3. Parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas dos córregos Bacaba e Sucuri, a partir da área de influência de cada ponto de coleta.

Parâmetros	Bacaba			Sucuri		
	A	B	C	A	B	C
Área (km ²)	2,8	3,61	3,65	0,68	0,82	1,9
Perímetro (km)	9,4	10,9	11,8	3,4	4	5,6
Dist. da nascente (km)	3	3,26	3,8	0,15	0,51	0,67
Comprimento da bacia (km)	3,8	4	4	1,32	1,64	2
Número de canais	3	4	4	1	1	3
Comp. dos canais	3,43	3,79	4	0,18	0,56	1,21
Altitude máxima (m)	501	501	500	488	488	501
Altitude mínima (m)	320	314	304	382	350	329
Amplitude altimétrica (m)	181	187	196	106	138	172
Coefficiente de compacidade	1,57	1,61	1,66	1,15	1,24	1,14
Índice de circularidade	0,4	0,38	0,36	0,74	0,64	0,76
Densidade de drenagem (km.km ⁻²)	1,23	1,05	1,01	0,26	0,68	0,64
Razão de relevo	47,6	46,8	49	80,3	84,1	86

compacidade e o índice de circularidade. Todos os pontos da Córrego Bacaba apresentam predominância do relevo ondulado. Por outro lado, os pontos da Córrego Sucuri apresentam predominância do relevo suavemente ondulado.

Caracterização do uso e Cobertura do solo

Após a classificação da imagem Landsat-8, foram obtidas duas classes do uso e cobertura do solo, sendo a classe vegetação nativa predominante em ambas as bacias analisadas (**Figura 8**), demonstrando que a maior parte da área das bacias estão conservadas, como verifica-se na Tabela 4.

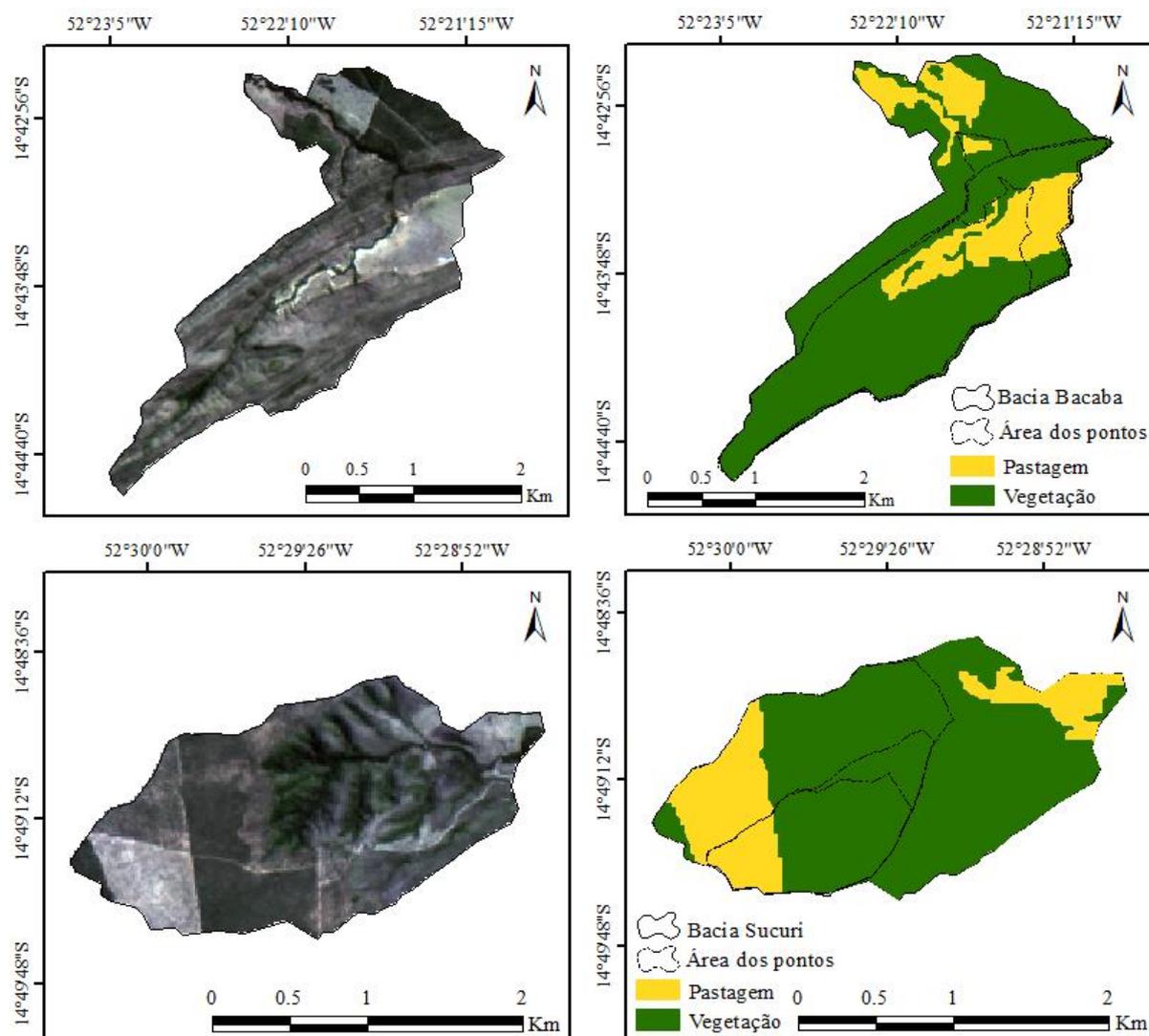


Figura 8. Caracterização do uso e cobertura do solo das bacias hidrográficas dos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. Imagem a esquerda, Landsat 8, ano de 2013, bandas 3,4,5.

Tabela 4. Classes de uso do solo das bacias hidrográficas dos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.

Classes	Córrego Bacaba		Córrego Sucuri		Descrição
	km ²	%	km ²	%	
Vegetação nativa	4,39	78,6	2,56	77,6	Formações savânicas e florestais intactas
Pastagem	1,19	21,4	0,74	22,4	Pastagem e solo exposto
Total	5,58	100	3,3	100	

Tanto a bacia do Córrego Bacaba quanto a do Córrego Sucuri apresentaram mais de 20% de suas áreas ocupadas pela classe pastagem. A presença dessa classe justifica-se pelo relevo e solos favoráveis, visto que as áreas ocupadas por pastagem apresentam relevo plano a suavemente ondulado e solos latossolo vermelho-amarelo e neossolo quartzarênicos, além da economia da região ser voltada para a pecuária.

A qualidade da água é sensível a integridade do habitat

Os menores valores de vazão foram registrados entre os meses de julho e outubro e os maiores de novembro a março refletindo os períodos sazonais de seca e chuva (**Figuras 9a e 9b**). Durante o período de amostragem os meses com os valores de vazão mais elevados foram: março de 2015 ($0,26 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) para o Córrego Bacaba e maio de 2015 para o Córrego Sucuri ($0,29 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). O ano de 2016 apresentou os menores valores de vazão para o Córrego Bacaba, apresentando descontinuidade do fluxo nos pontos B e C durante o período de março a dezembro de 2016, coincidindo com o hidroperíodo que apresentou os menores valores de precipitação (**Tabela 5**).

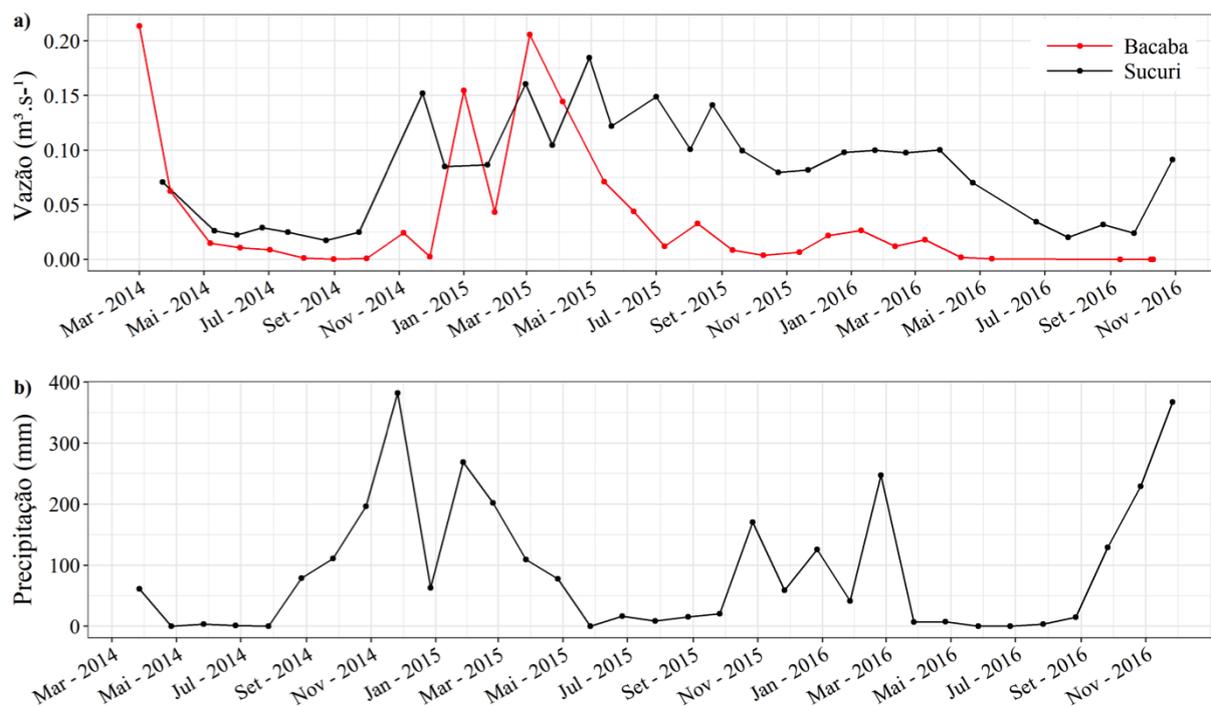


Figura 9. a) Vazão mensal e b) precipitação mensal registradas durante o período de três anos de amostragem. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em Nova Xavantina - MT.

Tabela 5. Precipitação acumulada durante os três hidroperíodos analisados. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em Nova Xavantina - MT.

Hidroperíodo	Precipitação (mm)
2014	1.739,7
2015	1.451,3
2016	698,2

A análise gráfica gerada pela PCA (**Figura 10**) indicou tendência de agrupamento entre todos os pontos do Córrego Sucuri e os pontos A e B do Córrego Bacaba, à esquerda, para a maior parte dos dados. Esse agrupamento demonstra que esses pontos estão positivamente associados ao índice de integridade e inversamente associados aos atributos SO_4 , NH_4^+ , FeT, Mn, PT, que podem ser considerados indicadores de perturbação ambiental. Essa correlação negativa pode ser explicada pelos menores percentuais desses atributos encontradas nestes pontos.

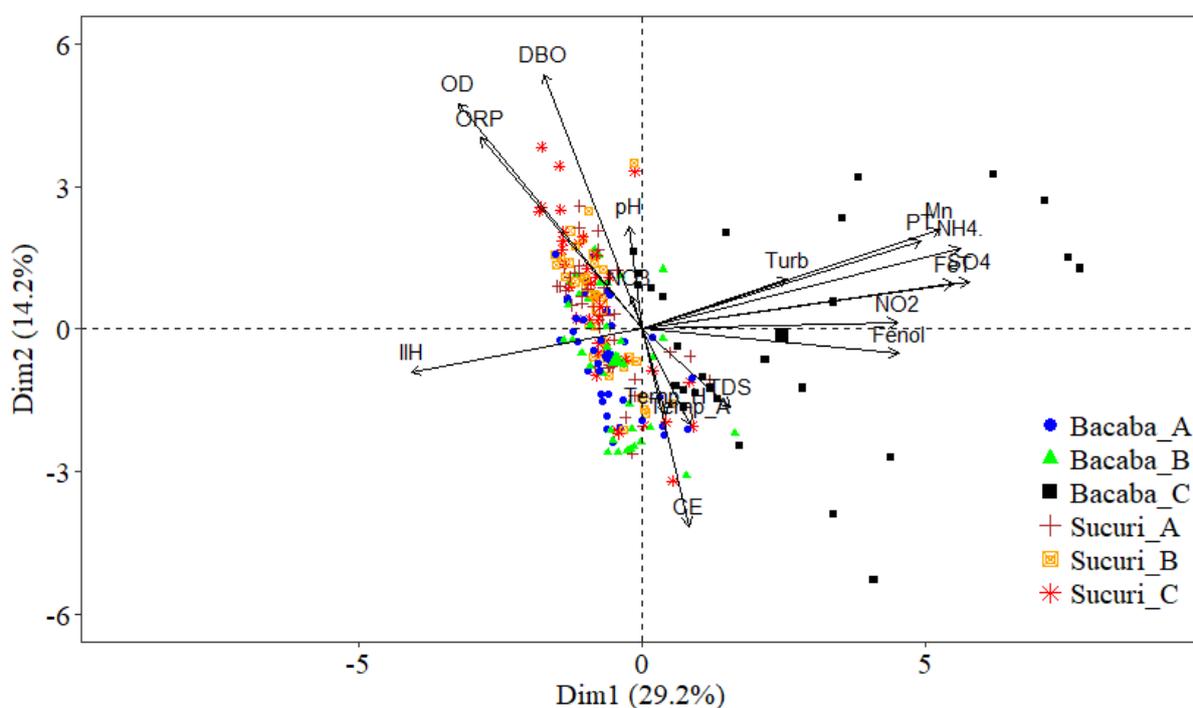


Figura 10. Análise dos componentes principais (PCA) entre os atributos físico-químicos da água e as coletas nos pontos amostrais dos Córregos Bacaba e Sucuri.

Em contrastaste, os dados do ponto C do Córrego Bacaba apresentaram tendência de agrupamento à direita e maior amplitude de variação no eixo 1, em relação aos demais pontos. Esse agrupamento demonstra que o ponto C do Córrego Bacaba está positivamente correlacionado aos atributos SO_4 , NH_4^+ , FeT, Mn, PT, e negativamente ao índice de integridade, posto que é ponto que com menor IIIH. A associação positiva do ponto C do Córrego Bacaba com esses atributos pode ser explicada pelas taxas elevadas desses atributos encontradas nesse ponto.

A seleção de modelos (**Anexos I e II**) mostrou a variável integridade de ambiental dos pontos de coleta como importante para explicar 13 de 17 variáveis da qualidade da água

analisadas nesse estudo. Reduções na integridade do habitat aumentam a concentração na água das variáveis: NH_4^+ , NO_2 , FeT, PT, Mn, Fenol, SO_4 , pH, CE, Turb e TDS enquanto diminuem a concentração de ORP (**Figuras 11 a 13**). O ponto C do Córrego Bacaba, com menor índice de integridade ambiental, apresentou as maiores taxas para os atributos supracitados, a exceção do atributo ORP (**Anexo III**). Especificamente, a redução para 71% na integridade de habitat resultou em aumentos $1,20 \text{ mg.l}^{-1}$ na concentração da variável amônia, $1,36 \text{ mg.l}^{-1}$ na concentração da variável manganês, $2,21 \text{ mg.l}^{-1}$ na concentração da variável ferro, $1,29 \text{ mg.l}^{-1}$ na concentração da variável potássio e $0,34 \text{ mg.l}^{-1}$ na concentração da variável fenol, as quais apresentaram concentrações fora do recomendado para consumo humano (CONAMA, N°357/2005).

Com base nos modelos, verificamos que a sazonalidade climática foi importante para explicar maioria dos atributos analisados (11 de 17), os quais foram: pH, Turb, ORP, OD e DBO, TDS, Tagua, CE, NO_3^- , SO_4 e Vazão (**Figuras 12 e 13**). Com o aumento nas taxas de precipitação foram evidenciados aumentos nos atributos pH, Turb, TDS, Tagua, CE, NO_3^- , SO_4 e Vazão, e diminuição nas taxas dos atributos ORP, OD e DBO em ambos os córregos. Sendo que os atributos NO_3^- e Vazão foram explicados apenas pelo parâmetro precipitação.

Os modelos também apontaram os parâmetros morfométricos das bacias como importante para explicar as concentrações dos atributos de qualidade da água (**Figuras 14 e 15**). Foram verificados aumentos nos íons NH_4^+ , FeT, PT, NO_2 , SO_4 , Mn, além do atributo Turb de acordo com o aumento do parâmetro distância da nascente e comprimento dos canais (Mn). Esses resultados apontam que com o aumento natural dos córregos maior é a entrada desses íons na água.

Os parâmetros amplitude altimétrica, precipitação, distância da nascente (OD) e comprimento da bacia (DBO) foram importantes para a explicação dos atributos DBO e OD. Sendo verificado maiores concentrações desses atributos com o aumento da amplitude altimétrica, o que pode ser visualizado no Anexo III apenas para o Córrego Sucuri. Enquanto que as menores concentrações dos atributos, à medida que o córrego se distancia da nascente, pode ser confirmada apenas para o Córrego Bacaba (**Anexo III**). Essas associações inversamente proporcionais podem ser explicadas pelas alterações estruturais que ocorrem a jusante do Córrego Bacaba, a exemplo o represamento do canal. A influência da precipitação sobre esses atributos pode ser confirmada pelos menores valores encontrados durante a estação chuvosa para todos pontos amostrados (**Anexo IV**).

Os modelos apresentaram o parâmetro razão de relevo como importante para a explicação do atributo pH (**Anexos I e II**), de acordo com o aumento da razão de relevo verifica-se aumentos no pH, o que pode ser observado no Anexo III para ambos os córregos. O parâmetro amplitude altimétrica foi apontado como importante para explicação dos atributos Tagua e ORP (**Anexos I e II**). A diminuição na taxa desses atributos com o aumento da amplitude altimétrica no Córrego Bacaba pode ser visualizado no Anexo III e justificada pela retenção de água pela barragem construída a jusante do ponto B.

Considerando nossa série temporal de três anos, os resultados encontrados mostraram que a maior parte dos parâmetros de qualidade de água aqui estudados estão de acordo com os limites mais restritivos estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, N°357/2005) para cursos de água doce. As exceções foram: NH_4^+ , Fenol, Mn, pH, PT, OD, FeT para o córrego Bacaba e NH_4^+ , Fenol, Mn, pH, DBO e PT para o córrego Sucuri (**Tabela 6**).

Tabela 6. Média e desvio padrão dos atributos de qualidade da água que excederam o limite estabelecido pelo CONAMA N°357/2005, bacias hidrográficas do Córrego Bacaba e Córrego Sucuri, Nova Xavantina – MT.

Atributo	Bacaba		Sucuri		Recomendado
	Seca	Chuva	Seca	Chuva	
NH_4^+	0,43 ± 1,54	0,53 ± 0,98	0,11 ± 0,14	0,11 ± 0,1	< 0,02
Fenol	0,2 ± 0,32	0,22 ± 0,25	0,08 ± 0,12	0,12 ± 0,15	< 0,003
Mn	0,63 ± 1,35	0,69 ± 0,97	0,29 ± 0,62	0,32 ± 0,5	< 0,1
pH	5,11 ± 0,74	5,34 ± 0,74	5,62 ± 0,89	5,81 ± 1,09	9-Jun
DBO			3,58 ± 2,03	3,22 ± 1,39	< 3
PT	0,59 ± 2,84	0,47 ± 1,26		0,04 ± 0,19	< 0,01
OD	4,82 ± 1,78	4,6 ± 2,17			> 6
FeT	0,75 ± 2,1	0,97 ± 2,26			< 0,3

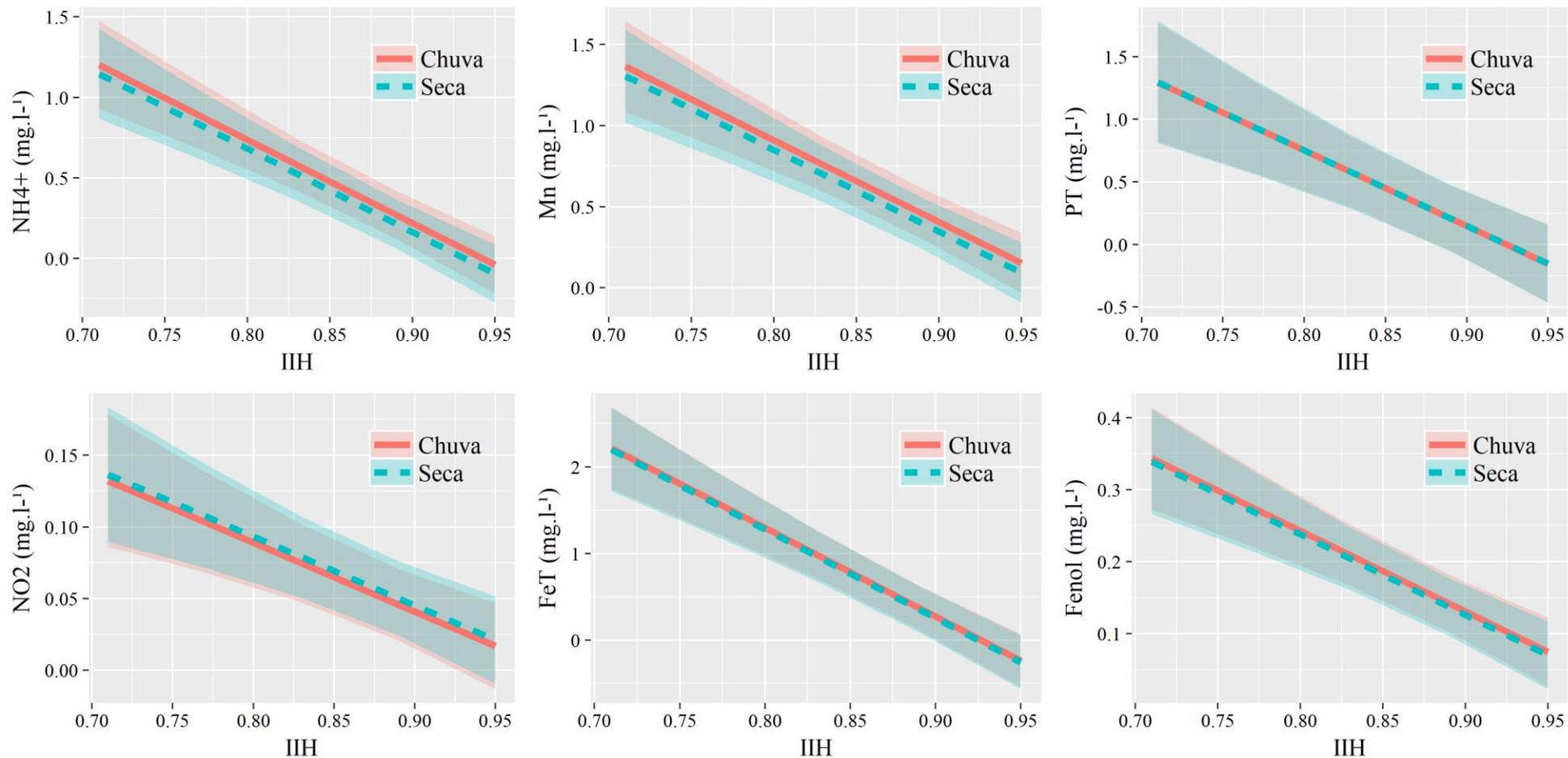


Figura 11. Gráficos preditivos dos atributos da água coletados nos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. IIH = Índice de Integridade de Habitat.

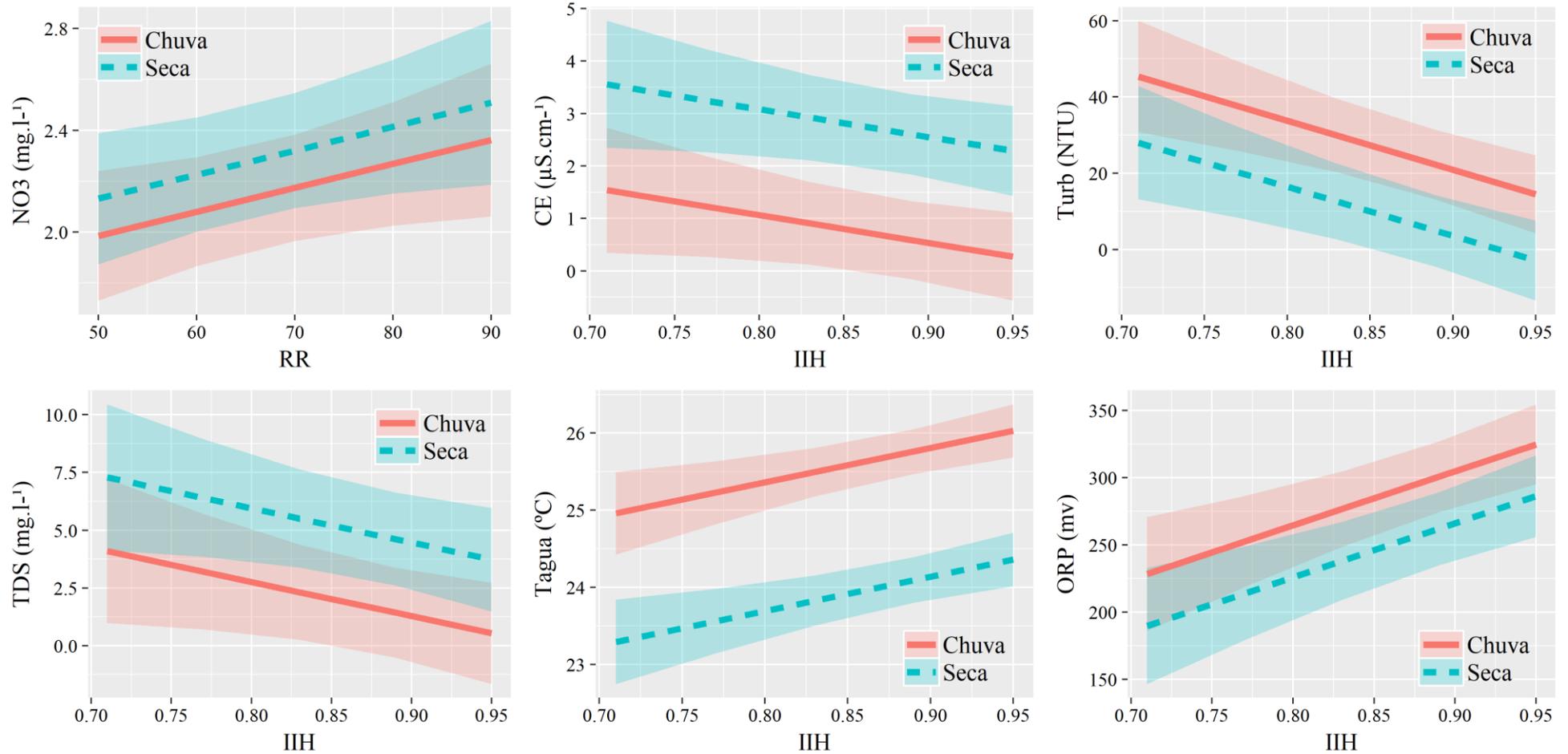


Figura 12. Gráficos preditivos dos atributos da água coletados nos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. IIH = Índice de Integridade de Habitat; CE = Condutividade Elétrica; Turb = Turbidez; TDS = Sólidos Totais Dissolvidos; Tagua = Temperatura da água; ORP = Potencial de Óxido-Redução.

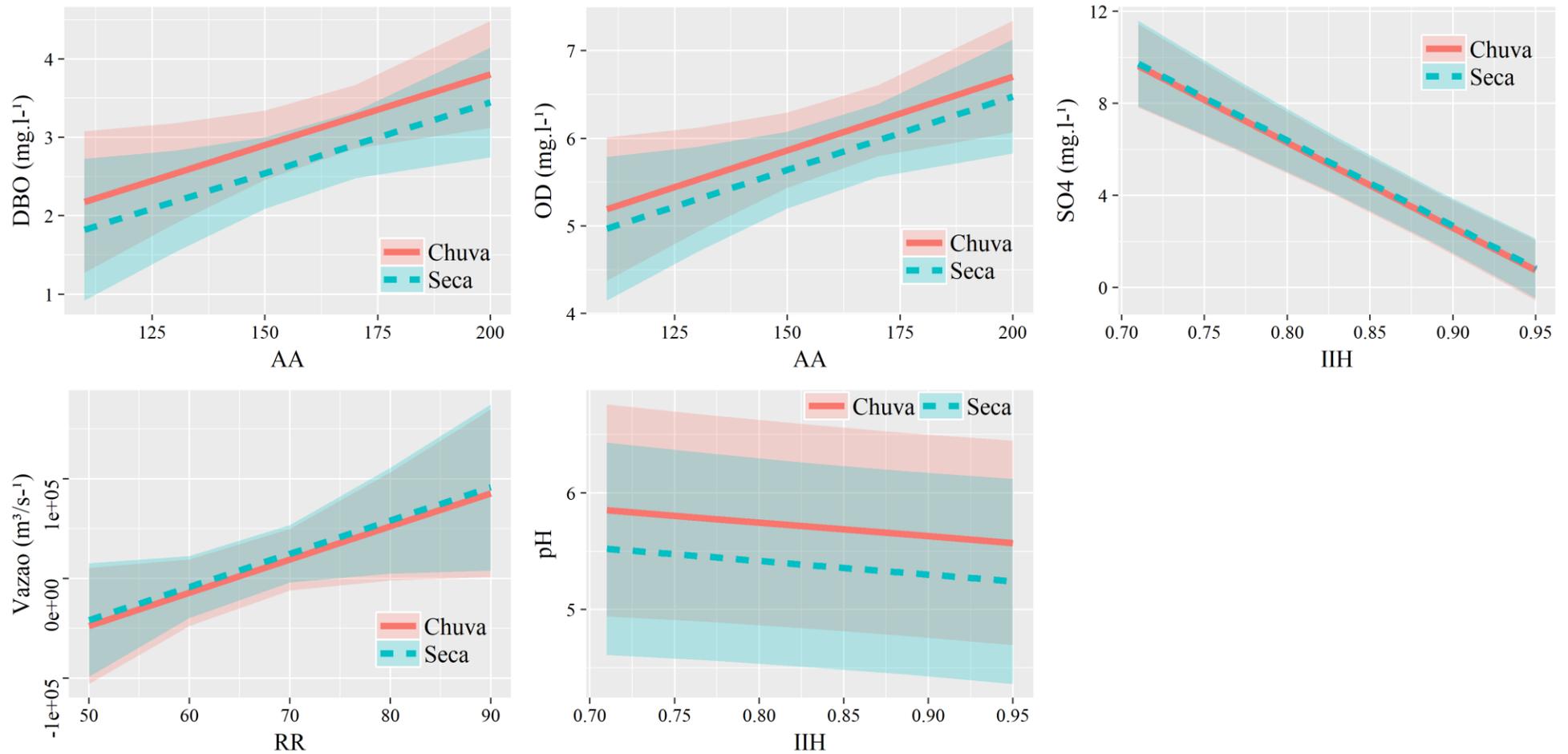


Figura 13. Gráficos preditivos dos atributos da água coletados nos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. DBO = Demanda bioquímica de oxigênio; AA = Amplitude altimétrica; OD = Oxigênio dissolvido; RR = Razão de relevo.

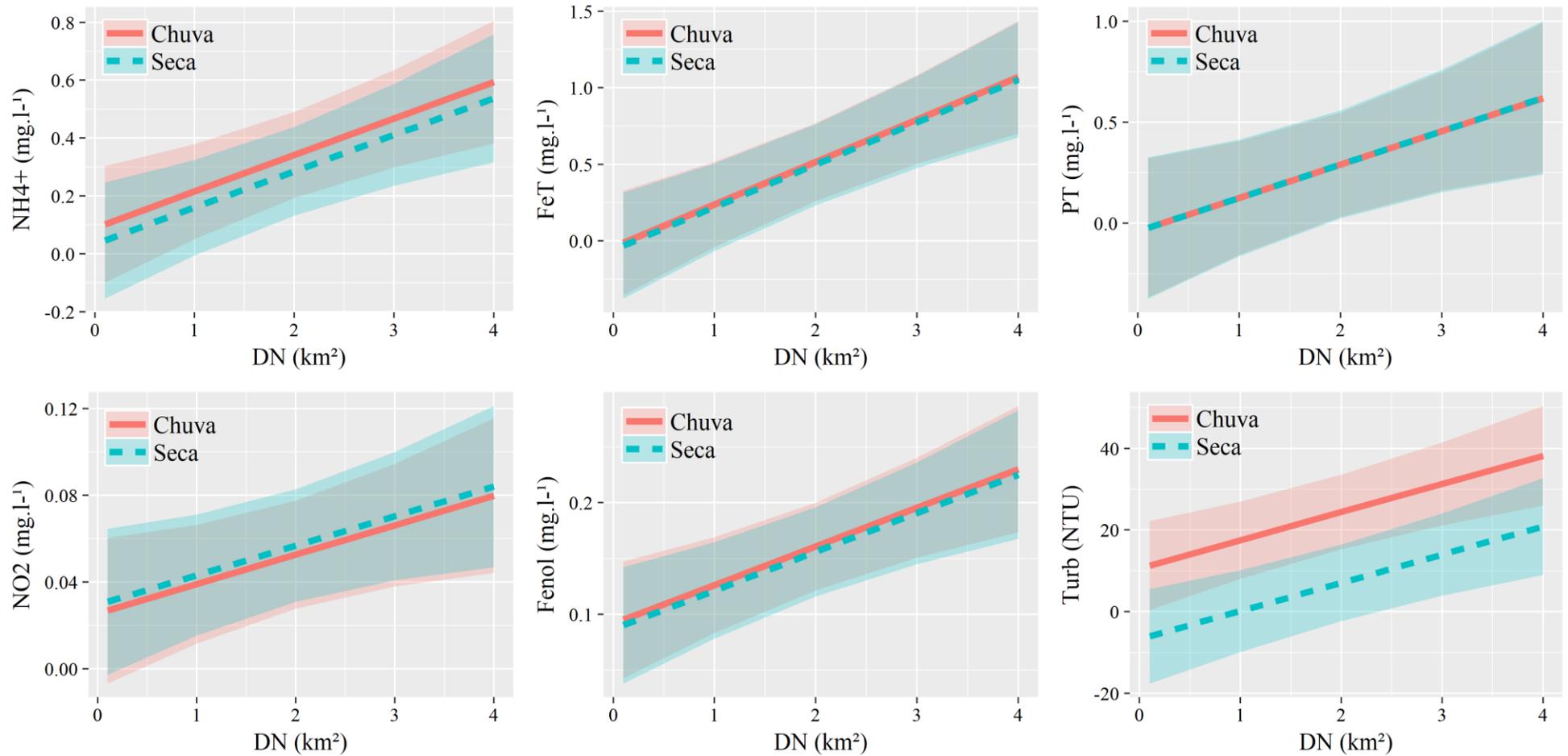


Figura 14. Gráficos preditivos dos atributos da água coletados nos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. DN = Distância da nascente; FeT = Ferro total; PT = Fósforo total; Turb = Turbidez.

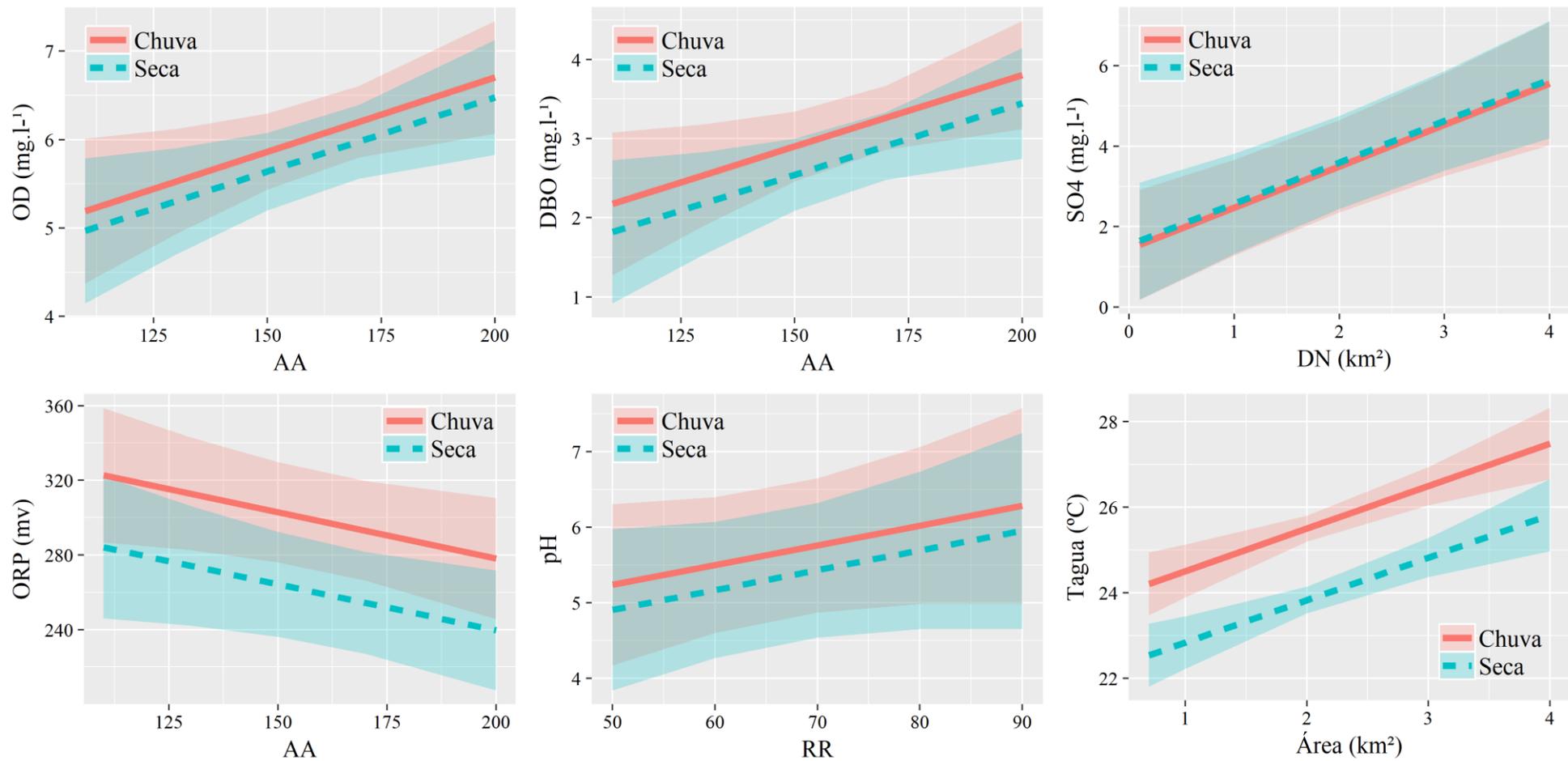


Figura 15. Gráficos preditivos dos atributos da água coletados nos Córregos Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT. OD = Oxigênio dissolvido; DBO = Demanda bioquímica de oxigênio; DN = Distância da nascente; ORP = Potencial de óxido-redução; AA = Amplitude altimétrica; RR = Razão de relevo; Tagua = Temperatura da água.

O ordenamento das bacias é um fator importante visto que reflete sobre o grau de ramificação e a velocidade que o fluxo percorre a área da bacia. Ambas as microbacias aqui estudadas são de 2ª ordem, indicando serem pouco ramificadas, ordem inferior ou igual a 4 são comuns em pequenas bacias hidrográficas, sendo que, quanto mais ramificada for uma rede hidrográfica mais eficiente será o sistema de drenagem (Ferrari *et al.* 2013). Análises de bacias hidrográficas de pequeno porte permitem visualizar com mais clareza os efeitos das atividades antrópicas para a qualidade da água e a dinâmica hídrica, sendo consideradas essenciais para compreensão de riscos ambientais e desenvolvimento de políticas públicas (Kanth e Hassan 2012, Brogna *et al.* 2018). Em relação a densidade de drenagem Vilela e Mattos (1975) apontam que bacias com baixa capacidade de drenagem variam de 0,5 km.km⁻² a 3,5 km.km⁻², enquanto que em bacias bem drenadas esse valor é superior a 3,5 km.km⁻². A baixa capacidade de drenagem das bacias estudadas (Bacaba = 1,46 km.km⁻²; e Sucuri = 0,80 km.km⁻²) pode ser explicada pelos solos profundos, altamente permeáveis, e a cobertura vegetal densa (Kanth e Hassan 2012). Embora os valores sejam baixos para ambas as bacias, a bacia do Córrego Bacaba apresenta maior capacidade de drenagem do que a bacia do Córrego Sucuri, o que pode ser justificado pelo formato alongado da bacia do Córrego Bacaba, que favorece o escoamento rápido. A velocidade dos fluxos superficiais influencia outros fatores do relevo, tais como a ocorrência de processos erosivos (Kanth e Hassan 2012), levando em consideração que a maior parte das bacias está inserida em solos do tipo neossolo litólicos, característicos de relevos declivosos e pedregosos com alta susceptibilidade a erosão, é indicada a preservação dessas áreas devido a baixa aptidão agrícola (EMBRAPA 2018).

Com a classificação do uso e cobertura do solo verificou-se que as duas bacias aqui estudadas apresentam a maior parte de suas áreas conservadas. Ao comparar os mapas de declividade e classificação do uso solo, de ambas as bacias, nota-se que as áreas desmatadas apresentam relevo plano a suavemente ondulado. Portanto, a conservação das áreas naturais dessas bacias pode ser justificada pela maior declividade dessas áreas, as quais são inadequadas para os usos agropecuários. Entretanto, o Córrego Bacaba apresenta alterações na vegetação ripária (Áreas de Preservação Permanente - APP), com efeitos negativos para a qualidade da água. Alterações na vegetação ripária também foram verificadas no Córrego Sucuri, visto que as regiões de solo neossolo quartzarênico próximas a mananciais devem ser obrigatoriamente mantidas para preservação dos recursos hídricos, da fauna e da flora (EMBRAPA 2018). Essas alterações são frequentemente verificadas devido a falta de planejamento e fiscalização na

ocupação dessas áreas. Tornando necessária a implantação de ações de recuperação da vegetação ripária suprimida, tendo em vista que essas áreas são essenciais para a manutenção da qualidade da água, por exercerem proteção contra erosão do solo e a lixiviação de nutrientes (Bleich *et al.* 2014).

Nesse contexto, o ponto C do Córrego Bacaba, com menor índice de integridade ambiental, apresentou maiores valores dos atributos considerados indicadores de perturbação ambiental, a exemplo: NH_4^+ , Mn, FeT, PT, NO_2 , SO_4 e Fenol. Esses aumentos podem ser explicados pelas alterações presentes nesse ponto, como ausência de parte da vegetação ripária, erosão do solo e barramento a montante. Dessa forma, aumentos nas concentrações de materiais em suspensão evidenciados em áreas em qual a vegetação natural foi removida indicam que o ambiente aquático é sensível às alterações na paisagem (Bleich *et al.* 2009). Estudos realizados em outros córregos também indicam as alterações no entorno como responsáveis pela deterioração da qualidade da água (Bleich *et al.* 2014, Brogna *et al.* 2018).

Sabe-se que a entrada excessiva de íons de NH_4^+ , NO_2 , SO_4 , Mn, PT, FeT, e a elevação das concentrações de fenol e turbidez na água dos córregos se deve principalmente a atividades antrópicas desenvolvidas na área da bacia (Scorsafava *et al.* 2010). Portanto, o aumento dessas partículas ao longo dos canais, apontado pelo modelo, pode ser explicado pelo aumento da área de abrangência dos pontos de coleta, os quais frequentemente apresentam alterações ambientais em direção a foz, como foi possível verificar nos córregos analisados neste estudo. O acréscimo de íons na água ao longo dos canais se torna evidente quando os córregos apresentam disrupção da mata ciliar, como é o caso do Córrego Bacaba.

O aumento nas concentrações de OD e DBO em decorrência da amplitude altimétrica, sugeridas no modelo, são justificáveis pelo fato de que uma das fontes de entrada de oxigênio na água é a difusão turbulenta. As corredeiras formadas pelas diferenças de altitude são condições excelentes para gerar turbilhonamento da água (Von Sperling 2014). O modelo mostrou influência negativa da precipitação para esses atributos, que pode ser relacionada ao maior consumo de oxigênio no período chuvoso, utilizado no processo de decomposição de material alóctone carregado pela chuva (Bleich *et al.* 2014). O modelo também encontrou relação negativa desses atributos com a distancia da nascente (OD) e comprimento dos canais (DBO), possivelmente devido ao barramento presente no ponto B do Córrego Bacaba causar diminuição do fluxo e na oxigenação da água.

A influência da variável razão de relevo nas taxas de pH indicadas pelo modelo, com pH mais ácido nos pontos mais próximos a nascente em ambos os córregos, onde não foram constatadas fortes alterações antropogênicas, demonstrando que essas áreas apresentam pH

naturalmente mais ácido em relação aos pontos mais a jusante. De acordo com Sioli (1985) a densa cobertura vegetal presente na cabeceira dos córregos fornecem grandes quantidades de biomassa vegetal, que ao entrar em processo de decomposição liberam ácidos húmicos, os quais contribuem para a elevação do pH da água dessas áreas. O caráter ácido da água prevaleceu durante todo ano possivelmente devido a maior acidez dos solos presentes nas bacias.

Esteves (2011) considera a radiação solar como principal causa para as variações de temperatura da água dos córregos, todavia, os maiores valores de temperatura verificados a montante dos córregos analisados, apesar da presença da mata ciliar, demonstram que existem outros fatores, não detectados nesse estudo, que influenciam a temperatura da água. Ademais, as variações sazonais e diárias da temperatura da água são reflexo do regime climático da região (Esteves 2011), sendo verificadas variações na temperatura da água de acordo com as variações na temperatura do ar.

Pereira-Silva *et al.* (2011) também encontraram aumento de sólidos em suspensão a jusante, os mesmos atribuíram as taxas mais elevadas de TDS em direção a foz pelo aumento natural do volume de água. Contudo os aumentos significantes de TDS verificados a jusante dos córregos analisados demonstra que ausência de mata ciliar no ponto C do córrego Bacaba, aliada ao pisoteio de gado verificado em direção a foz de ambos os córregos também contribui para a entrada de sólidos na água. O aumento de TDS no período chuvoso possivelmente é provocado pela entrada de matéria orgânica alóctone acumulada durante a estiagem.

A diminuição de ORP em direção a foz do Córrego Bacaba demonstra que esse atributo é sensível a alterações ambientais. O potencial de óxido-redução envolve transferência de elétrons e influencia os íons presentes na água, definindo o caráter redutor ou oxidante da água (Manahan 2013). Os maiores valores de ORP foram registrados durante o período de estiagem favorecendo os processos de oxidação em função das concentrações de oxigênio, e durante o período chuvoso os processos redutivos ocorreram em decorrência da respiração anaeróbica das bactérias decompondo material húmico (Valle-Junior *et al.* 2013).

Os maiores valores de CE relacionados a baixa integridade ambiental são semelhantes aos resultados de Pereira-Silva *et al.* (2011), que verificaram maiores valores de CE para áreas alteradas quando comparadas a áreas conservadas. O aumento da condutividade elétrica no período chuvoso pode ser atribuído pela maior entrada de matéria orgânica e inorgânica carregado pela chuva. A Resolução CONAMA (Nº357/2005) não define um limite para esse parâmetro, todavia Gasparotto (2011) considera amostras com valores de CE superiores a 100

$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ como águas poluídas. Partindo dessa premissa, os córregos aqui estudados não se enquadram como poluídos.

Em um estudo anterior realizado no Córrego Bacaba durante o período de um ano foram encontradas variações sazonais apenas para dois dos oito atributos analisados (Bleich *et al.* 2009). Enquanto nos três anos analisados nesse estudo foi possível verificar influência sazonal para a maior parte dos atributos analisados. Evidenciando a necessidade de estudos com maior duração para compreender de forma mais clara as variações sazonais. As diferenças de precipitação, entre períodos de chuva e seca, causam variações naturais na dinâmica hídrica dos ecossistemas aquáticos, contudo, as interferências antrópicas podem comprometer o funcionamento desses ambientes em escala espacial e temporal tornando os mais homogêneos e simplificados durante o ano (Bleich *et al.* 2014). As heterogeneidades estruturais dos corpos hídricos proporcionam diversidade biológica e são essenciais para a manutenção dos serviços ecossistêmicos (Masele *et al.* 2014). Apesar de serem verificadas alterações antrópicas nos córregos estudados, os dois córregos apresentam a maior parte de suas áreas conservadas, possibilitando a distinção de heterogeneidades espaciais e temporais, mesmo se tratando de bacias de pequeno porte.

Esse estudo, bem como diversos outros realizados em microbacias, associaram a perda de qualidade da água com as alterações na paisagem, enfatizando a necessidade de conservar a zona ripária dos córregos para manutenção dos serviços ecossistêmicos por ela prestados (Bleich *et al.* 2014, Brogna *et al.* 2018). Estudos como estes, confirmam que microbacias são bons campos de estudo para verificação dos efeitos das alterações ambientais na qualidade da água e na dinâmica hídrica.

Conclusões

Nossos resultados corroboraram a hipótese de que os atributos físico-químicos da água avaliados apresentam grande variabilidade ao longo do riacho, em função dos diferentes índices de alterações antrópicas dos pontos de coleta. Estes resultados reforçam a necessidade de se avaliar a qualidade da água em vários pontos ao longo de um mesmo riacho visando uma compreensão adequada da dinâmica hídrica e limnológica.

As bacias estudadas apresentam a maior parte de suas áreas conservadas, contudo os parâmetros da qualidade da água foram particularmente sensíveis as alterações nas zonas ripárias. Nesse sentido, este estudo aponta a necessidade de recuperação e preservação dessas áreas para manutenção da qualidade da água.

Verificamos que a extensão e o relevo das microbacias influencia diretamente os atributos NH_4^+ , FeT, PT, NO_2 , SO_4 , Mn, pH, OD, DBO, ORP, Turbidez e Temperatura da água, corroborando a hipótese de que os atributos físico-químicos da água variam de acordo com os parâmetros morfométricos das microbacias.

A hipótese de que atributos físico-químicos da água apresentam variações de acordo com a sazonalidade climática foi corroborada, e os resultados indicaram que o acréscimo de partículas pelo escoamento superficial altera os atributos pH, OD, DBO, CE, Turb, TDS, ORP, NO_3^- , SO_4 , Tagua e Vazão. Dessa forma, é possível concluir que tanto a heterogeneidade ambiental quanto a sazonalidade climática são importantes para a dinâmica limnológica dos córregos analisados.

Referências Bibliográficas

- Abad, J.C.S., Marimon, B.S. 2008. Caracterização e diagnóstico ambiental do Parque Municipal do Bacaba (Nova Xavantina-MT). In: Santos, J. E. & Galbiati, C., eds. *Gestão e Educação Ambiental: Água, Biodiversidade e Cultura*. São Carlos, RJ: RiMa 23-56.
- Alencar, A., Nepstad, D., McGrath, D., Moutinho, P., Pacheco, P., Diaz, M.D.C., Soares-Filho, B. 2004. *Desmatamento na Amazônia: Indo Além Da “ Emergência Crônica ”*. Belém, PA: IPAM.
- Bleich, M.E., Silva, C.J., Rossete, A.N. 2009. Variação temporal e espacial das características limnológicas de um ecossistema lótico no Cerrado do Mato Grosso. *Biotemas*, 22 (2), 161–171. DOI: 10.5007/2175-7925.2009v22n2p161.
- Bleich, M.E., Mortati, A.F., André, T., Teresa, M., Piedade, F. 2014. Riparian deforestation affects the structural dynamics of headwater streams in Southern Brazilian Amazonia Patterns and processes in streams are determined by ecological and hydrological connectivity. *Tropical Conservation Science*, 7 (4), 657–676.
- Bleich, M.E., Piedade, M.T.F., Mortati, A.F., André, T. 2015. Autochthonous primary production in southern Amazon headwater streams: Novel indicators of altered environmental integrity. *Ecological Indicators*, 53, 154–161. DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.01.040.
- Brogna, D., Dufrière, M., Michez, A., Latli, A., Jacobs, S., Vincke, C., Dendoncker, N. 2018. Forest cover correlates with good biological water quality. Insights from a regional study (Wallonia, Belgium). *Journal of Environmental Management*, 211, 9–21. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.01.017.
- Calvão, L., 2012. *Teoria ecofisiológica para a distribuição de Odonata : Consequências para a previsão de perda de espécies em função da conversão de áreas*. Dissertação (mestrado). UNEMAT.
- Campos, L., 2015. *Estudo dos atributos físicos e químicos da água do Córrego Sucuri e suas relações com um índice de integridade ambiental*. Monografia (graduação). UNEMAT.
- CONAMA. 2005. Resolução Nº 357, 18 de março de 2005. *Diário Oficial* (53): 58–63 DOI: nº 053, de 18/03/2005.
- Deegan, L.A., Neill, C., Hauptert, C.L., Ballester, M.V.R., Krusche, A.V., Victoria, R.L., Thomas, S.M., de Moor, E. 2011. Amazon deforestation alters small stream structure, nitrogen biogeochemistry and connectivity to larger rivers. *Biogeochemistry*, 105 (1), 53–74. DOI:

10.1007/s10533-010-9540-4.

EMBRAPA. 1979. *Súmula da X reunião técnica de solos*. (SNLCS, série Miscelânea), Rio de Janeiro.

EMBRAPA. 2018. *Árvore do Conhecimento: Solos Tropicais*. Available from: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html [Accessed 9 January 2018].

Esteves, F.D.A., 2011. *Fundamentos de Limnologia*. 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciência. DOI: 10.1515/znc-1987-0514.

Ferrari, J.L., Da Silva, S.F., Santos, A.R., Garcia, R.F. 2013. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8 (2), 181–188. DOI: 10.5039/agraria.v8i2a1575.

Gasparotto, F.A. 2011. *Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP*. Dissertação (mestrado) USP.

Horton, R. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *GSA Bulletin*, 56 (3), 275–370. DOI: 10.1130/0016-7606(1945)56[275:edosat]2.0.co;2.

Kanth, T.A. e Hassan, Z. ul. 2012. Morphometric Analysis and Prioritization of Watersheds for Soil and Water Resource Management in Wular Catchment Using Geo-Spatial Tools. *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, 2 (1), 2277–208130.

Manahan, S.E., 2013. *Química Ambiental*. São Paulo, SP: Bookman.

Masele, F.O., Kitaka, N., Kipkemboi, J., Gettel, G.M., Irvine, K., McClain, M.E. 2014. Litter processing and shredder distribution as indicators of riparian and catchment influences on ecological health of tropical streams. *Ecological Indicators*, 46, 23–37. DOI: 10.1016/j.ecolind.2014.05.032.

Neill, C., Coe, M.T., Riskin, S.H., Krusche, A.V., Elsenbeer, H., Macedo, M.N., McHorney, R., Lefebvre, P., Davidson, E.A., Scheffler, R. 2013. Watershed responses to Amazon soya bean cropland expansion and intensification. *Philosophical transactions of the Royal Society of London*, 368 (1619), 20120425. DOI: 10.1098/rstb.2012.0425.

Nessimian, J.L., Venticinque, E.M., Zuanon, J., De Marco, P., Gordo, M., Fidelis, L., D'arc Batista, J., Juen, L. 2008. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central

- Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 614 (1), 117–131. DOI: 10.1007/s10750-008-9441-x.
- Nobrega, R.L.B., Guzha, A.C., Torres, G.N., Kovacs, K., Lamparter, G., Amorim, R.S.S., Couto, E., Gerold, G. 2015. Identifying hydrological responses of micro-catchments under contrasting land use in the Brazilian Cerrado. *Hydrology & Earth System Sciences Discussions*, 12 (9), 9915–9975. DOI: 10.5194/hessd-12-9915-2015.
- Nooka Ratnam, K., Srivastava, Y.K., Venkateswara Rao, V., Amminedu, E., Murthy, K.S.R. 2005. Check Dam positioning by prioritization micro-watersheds using SYI model and morphometric analysis - remote sensing and GIS perspective. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 33 (1), 25–38. DOI: 10.1007/BF02989988.
- Pereira-Silva, E.F.L., Pires, J.S.R., Hardt, E., Santos, J.E. Dos Ferreira, W.A. 2011. Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas de uma Unidade de Conservação do Nordeste do estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, 9 (3), 371–381.
- Santhanam, S., Suresh, V.M., Eswaran, Y. 2016. An analysis of morphometric and hypsometric characteristics of thirumanimuthar basin in tamil nadu using gis. *Journal of Multidisciplinary Scientific Research*, 4 (4), 6–12.
- Scorsafava, M.A., Souza, A., Stofer, M., Nunes, C.A., Milanez, T.V. 2010. Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 69 (2), 229–232.
- Sioli, H. 1985. *Amazônia Fundamentos da Ecologia da Maior Região de Florestas Tropicais*. Petrópolis, RJ: Editora Vozes.
- Strahler, A.N. 1957. Quantitative classification of watershed geomorphology. *Transactions American Geophysical Union*, 38 (6), 915–920.
- Strahler, A.N. 1956. Quantitative Slope Analysis. 67 (5), 571–596.
- Strahler A.N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. *Handbook of Applied Hydrology*.
- TerraClass. 2013. *Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013*.
- Valle-Junior, R.F., Abdala, V.L., Guidolini, J.F., Siqueira, H.E., Candido, H.G. 2013. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do rio Uberaba - MG. *Caminhos de Geografia*, 14 (45), 1–11. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v9i3.2312.

- Villela, S.M. e Mattos, A. 1975. *A Hidrologia Aplicada*. São Paulo, SP: McGraw-Hill do Brasil.
- Von Sperling, M. 2014. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte, MG: UFMG.
- Zaratim, E. C. 2015. *Águas do córrego Bacaba: uma análise integrada*. Dissertação (Mestrado) UNEMAT.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A., Smith, G.M. 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. New York: Springer-Verlag. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Anexos

Anexo I. Modelo I. Parâmetros e critério de informação de Akaike corrigido (AICc) para os três melhores modelos. Comp. = Comprimento da bacia; CC = Comprimento dos canais; AA = Amplitude altimétrica; IC = Índice de Circularidade; Veg. = Vegetação; Past. = Pastagem; IIH = Índice de Integridade ambiental; Est = Estações.

N	PPT	Área	DN	Comp.	CC	AA	IC	RR	Veg.	Past.	IIH	Est	AICc	Weights
HN4														
1								+				+	482,71	0,25
2			+									+	483,11	0,2
3							+					+	483,21	0,19
Fenol														
1								+				+	-68,55	0,33
2			+									+	-67,92	0,24
3		+	+	+									-66,95	0,15
Mn														
1						+						+	487,28	0,32
2												+	487,33	0,31
3												+	489,16	0,12
pH														
1	+		+					+				+	556,12	0,26
2	+							+				+	556,56	0,21
3	+	+	+					+				+	556,84	0,18
DBO														
1	+			+		+							819,59	0,35
2	+			+		+						+	820,59	0,21
3	+			+		+						+	821,42	0,14
OD														
1	+		+			+							828,21	0,39
2	+			+		+						+	830,03	0,15
3	+					+		+				+	830,12	0,15
Fe														
1								+				+	726,61	0,25
2			+									+	726,84	0,22
3				+								+	727,25	0,18
P														
1								+				+	730,83	0,21
2			+									+	730,83	0,21
3				+								+	730,92	0,2
CE														
1	+											+	1099,27	0,33
2	+			+		+						+	1100,58	0,17
3	+						+					+	1100,70	0,16

... continua

N	PPT	Área	DN	Comp.	CC	AA	IC	RR	Veg.	Past.	IIH	Est	AICc	Weights
Turb														
1	+							+			+	+	2167,54	0,25
2	+		+								+	+	2167,83	0,21
3	+			+							+	+	2168,20	0,18
TDS														
1	+			+	+							+	1509,18	0,23
2	+										+	+	1509,48	0,2
3	+									+	+	+	1509,67	0,18
Tagua														
1		+				+					+	+	791,55	0,33
2	+	+				+					+	+	792,49	0,21
3		+	+					+				+	793,09	0,15
ORP														
1	+					+					+	+	2621,25	0,32
2	+					+					+		2622,14	0,2
3	+	+									+	+	2622,61	0,16
NO₃⁻														
1	+												538,96	0,2
2	+							+	+	+			539,01	0,2
3	+							+	+				539,01	0,2
NO₂														
1								+			+		-248,44	0,21
2			+								+		-248,4	0,2
3							+				+		-248,3	0,19
SO₄														
1	+		+								+		1221,02	0,23
2	+							+			+		1221,05	0,22
3	+						+				+		1221,44	0,18
Vazão														
1	+						+	+					4830,3	0,23
2	+												4830,562	0,21
3	+							+	+				4830,829	0,18

Anexo II. Parâmetros, interceptos, erro padrão e valor de t para os melhores modelos.

Parâmetros	Erro padrão	Valor de t
NH₄⁺		
Intercepto	0,62	6,73
DN	0,03	3,42
IHH	0,69	-6,8
Fenol		
Intercepto	0,16	5,85
DN	0	3,58
IHH	0,18	-5,47
Mn		
Parâmetros	Erro padrão	Valor de t
Intercepto	0,63	7,36
CC	0,03	3,13
IHH	0,7	-7,14
pH		
Intercepto	0,74	8,22
PPT	0	-2,22
RR	0	3,84
EST (SECA)	0,17	-1,89
IHH	0,77	-1,64
DBO		
Intercepto	0,8	3,1
PPT	0	-4,25
Comp	0,2	-3,5
AA	0	2,37
OD		
Intercepto	0,9	6,39
PPT	0	-3,79
DN	0,14	-7,84
AA	0	2,47
FeT		
Intercepto	1,08	7,48
DN	0,06	4,37
IHH	1,2	-7,72
PT		
Intercepto	1,09	4,35
DN	0,06	2,57
IHH	1,21	-4,51
... continua		

Parâmetros	Erro padrão	Valor de t
CE		
Intercepto	2,5	1,49
PPT	0	5,29
EST (SECA)	0,62	3,23
IHH	2,76	-1,9
Turb		
Intercepto	31,52	3,47
PPT	0,03	-1,73
DN	1,79	3,82
EST (SECA)	7,63	-2,26
IHH	34,21	-3,07
TDS		
Intercepto	6,57	1,68
PPT	0	4,74
EST (SECA)	1,63	1,95
IHH	7,24	-2,04
Tagua		
Intercepto	1,56	15,5
Area	0,22	4,45
AA	0	-3,44
EST (SECA)	0,2	-8,1
IHH	1,34	3,3
ORP		
Intercepto	101,61	0,59
PPT	0,09	-3,58
AA	0,24	-2,03
EST (SECA)	22,12	-1,74
IHH	98,84	4,06
NO₃⁻		
Parâmetros	Erro padrão	Valor de t
Intercepto	0,08	24,94
PPT	0	1,84
NO₂		
Intercepto	0,1	3,86
DN	0	2,18
IHH	0,11	-3,7
... continua		

Parâmetros	Erro padrão	Valor de t
SO4		
Intercepto	3,86	8,66
PPT	0	1,72
DN	0,22	4,54
IIIH	4,25	-8,69
Vazão		
Intercepto	10062,81	-0,41
PPT	74,55	1,78

Anexo III. Médias e desvio padrão dos atributos físico-químicos por ponto amostral para os Córregos Bacaba e Sucuri.

Atributo	Bacaba			Sucuri		
	A	B	C	A	B	C
pH	5,26 ± 0,77	5,06 ± 0,7	5,48 ± 0,73	5,54 ± 0,85	5,81 ± 1,02	5,81 ± 1,12
OD	4,97 ± 1,59	4,84 ± 1,99	4,16 ± 2,44	6,96 ± 1,01	7,21 ± 1,25	7,48 ± 1,78
DBO	2,5 ± 1,53	2,65 ± 1,66	2,48 ± 2,19	2,98 ± 1,03	3,45 ± 1,66	3,73 ± 2,21
NH₄⁺	0,15 ± 0,18	0,1 ± 0,1	1,35 ± 1,98	0,12 ± 0,13	0,12 ± 0,12	0,08 ± 0,1
FeT	0,14 ± 0,13	0,21 ± 0,4	2,59 ± 3,49	0,09 ± 0,1	0,06 ± 0,13	0,05 ± 0,07
PT	0,09 ± 0,37	0,1 ± 0,59	1,52 ± 3,46	0,03 ± 0,17	0,01 ± 0,08	0,04 ± 0,18
Mn	0,29 ± 0,4	0,28 ± 0,32	1,54 ± 1,67	0,31 ± 0,54	0,23 ± 0,42	0,38 ± 0,69
Fenol	0,1 ± 0,18	0,15 ± 0,28	0,39 ± 0,28	0,11 ± 0,12	0,11 ± 0,16	0,08 ± 0,13
CE	1,26 ± 2,29	1,53 ± 2,82	2,73 ± 6,16	1,12 ± 2,18	1,39 ± 2,34	1,9 ± 3,12
Turb	14,63 ± 46,9	17,64 ± 55,93	46,05 ± 61,27	6,37 ± 9,68	5,29 ± 10,16	4,56 ± 7,51
TDS	1,49 ± 2,44	2,38 ± 3,49	5,73 ± 9,15	2,14 ± 6,89	2,6 ± 7,46	4,93 ± 15,98
ORP	292,57 ± 107,63	297,41 ± 95,46	190,48 ± 109,63	313,19 ± 128,67	287,65 ± 129,76	272,33 ± 116,39
NO₃⁻	2,2 ± 0,8	2,01 ± 0,77	2,23 ± 0,8	2,18 ± 1,04	2,45 ± 1,12	2,15 ± 0,72
NO₂	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,04	0,15 ± 0,33	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
SO₄	1,96 ± 2,08	2,26 ± 2,45	11,75 ± 10,7	1,78 ± 3,47	1,96 ± 2,42	1,76 ± 2,12
Tagua	25,32 ± 1,29	25,86 ± 1,48	24,67 ± 2,04	24,98 ± 1,68	24,31 ± 1,78	24,17 ± 2,06
Q	0,033 ± 0,06	0,039 ± 0,053	0,037 ± 0,072	0,054 ± 0,034	0,084 ± 0,06	0,103 ± 0,65

Anexo IV. Média e desvio padrão dos atributos de qualidade da água entre os períodos sazonais, para as bacias do Córrego Bacaba e Sucuri, Nova Xavantina - MT.

Atributos	Pontos	Córrego Bacaba		Córrego Sucuri	
		Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
PH	A	5,37 ± 0,73	5,09 ± 0,81	5,6 ± 0,84	5,47 ± 0,88
	B	5,14 ± 0,72	4,95 ± 0,69	5,94 ± 1,09	5,67 ± 0,96
	C	5,54 ± 0,75	5,37 ± 0,72	5,89 ± 1,32	5,71 ± 0,87
OD	A	5,02 ± 1,67	4,91 ± 1,5	6,77 ± 0,86	7,16 ± 1,14
	B	4,73 ± 2,09	4,99 ± 1,88	7,11 ± 1,2	7,32 ± 1,35
	C	4 ± 2,65	4,47 ± 2,07	7,24 ± 1,95	7,75 ± 1,57
DBO	A	2,22 ± 1,35	2,89 ± 1,72	2,94 ± 1,01	3,04 ± 1,08
	B	2,41 ± 1,51	3 ± 1,85	3,28 ± 1,28	3,64 ± 2,05
	C	2,27 ± 2,44	2,88 ± 1,66	3,43 ± 1,79	4,08 ± 2,64
NH ₄ ⁺	A	0,2 ± 0,21	0,07 ± 0,09	0,12 ± 0,09	0,13 ± 0,17
	B	0,1 ± 0,11	0,1 ± 0,09	0,13 ± 0,09	0,1 ± 0,15
	C	1,36 ± 1,43	1,33 ± 2,8	0,09 ± 0,12	0,08 ± 0,09
FeT	A	0,16 ± 0,16	0,1 ± 0,08	0,1 ± 0,11	0,07 ± 0,09
	B	0,16 ± 0,2	0,28 ± 0,58	0,06 ± 0,06	0,07 ± 0,19
	C	2,76 ± 3,46	2,27 ± 3,69	0,06 ± 0,07	0,04 ± 0,06
PT	A	0,13 ± 0,47	0,04 ± 0,15	0,05 ± 0,23	0
	B	0,16 ± 0,77	0	0,03 ± 0,11	0
	C	1,18 ± 1,9	2,14 ± 5,34	0,05 ± 0,21	0,04 ± 0,15
MN	A	0,35 ± 0,46	0,19 ± 0,28	0,43 ± 0,66	0,19 ± 0,34
	B	0,23 ± 0,31	0,36 ± 0,33	0,17 ± 0,27	0,29 ± 0,55
	C	1,53 ± 1,26	1,55 ± 2,32	0,37 ± 0,49	0,39 ± 0,89
Fenol	A	0,11 ± 0,2	0,09 ± 0,16	0,13 ± 0,12	0,09 ± 0,12
	B	0,1 ± 0,1	0,22 ± 0,41	0,13 ± 0,2	0,08 ± 0,11
	C	0,44 ± 0,25	0,3 ± 0,33	0,09 ± 0,14	0,07 ± 0,13
CE	A	1,4 ± 2,36	1,06 ± 2,24	0,95 ± 1,67	1,32 ± 2,68
	B	1,56 ± 2,66	1,49 ± 3,14	1,4 ± 2,46	1,39 ± 2,27
	C	3,27 ± 7,37	1,75 ± 3	2,08 ± 3,65	1,7 ± 2,49
Turb	A	11,21 ± 31,23	19,64 ± 64,4	4,74 ± 8,85	8,19 ± 10,5
	B	25,68 ± 71,7	5,85 ± 9,09	2,15 ± 1,42	8,81 ± 14,09
	C	60,78 ± 71,48	19,28 ± 18,29	1,94 ± 1,28	7,49 ± 10,2
TDS	A	1,46 ± 2,46	1,54 ± 2,5	2,67 ± 7,5	1,53 ± 6,32
	B	2,32 ± 3,44	2,47 ± 3,7	3,65 ± 8,65	1,43 ± 5,89
	C	6,58 ± 10,52	4,19 ± 6,04	7,75 ± 21,18	1,78 ± 5,83
ORP	A	291,86 ± 101,17	310,63 ± 116,47	293,6 ± 120,12	316,06 ± 144,71
	B	295,86 ± 79,94	293,32 ± 104,79	299,67 ± 117,63	281,32 ± 156,2
	C	166,7 ± 100,99	265,05 ± 106,06	233,73 ± 116,13	280,47 ± 129,78
NO ₃ ⁻	A	2,2 ± 0,85	2,19 ± 0,76	1,87 ± 0,99	2,55 ± 1
	B	2,15 ± 0,53	1,8 ± 1,02	2,48 ± 1,37	2,41 ± 0,73
	C	2,24 ± 0,71	2,2 ± 0,97	2,15 ± 0,92	2,16 ± 0,39
NO ₂	A	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,01
	B	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,06	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01
	C	0,12 ± 0,24	0,21 ± 0,47	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
SO ₄	A	2,56 ± 2,02	1,11 ± 1,92	2,16 ± 4,56	1,34 ± 1,62
	B	2,46 ± 2,34	1,99 ± 2,64	2,22 ± 1,66	1,66 ± 3,1
	C	12,4 ± 11,48	10,57 ± 9,51	1,8 ± 2,33	1,71 ± 1,95

... continua

Atributos	Pontos	Córrego Bacaba		Córrego Sucuri	
		Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
Tagua	A	26,03 ± 0,61	24,29 ± 1,36	25,3 ± 0,78	24,64 ± 2,3
	B	26,66 ± 0,77	24,7 ± 1,52	25 ± 1,31	23,54 ± 1,96
	C	25,52 ± 1,71	23,13 ± 1,71	25 ± 1,55	23,28 ± 2,23
Q	A	0,046 ± 0,07	0,013 ± 0,02	0,064 ± 0,02	0,049 ± 0,03
	B	0,050 ± 0,06	0,023 ± 0,03	0,090 ± 0,03	0,073 ± 0,07
	C	0,052 ± 0,08	0,011 ± 0,021	0,136 ± 0,05	0,076 ± 0,06