
Uso do geoprocessamento

para caracterização morfométrica e desmatamento da sub-bacia do rio Rolim de Moura, Amazônia, Brasil

Uso del geoprocesamiento para caracterización morfométrica
y deforestación de la subcuenca del río Rolim de Moura,
Amazonia, Brasil

Use of geoprocessing for morphometric characterization
and deforestation of the Rolim de Moura River sub-basin,
Amazon, Brazil

Thiago Luiz Mauro

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Rosalvo Stachiw

Jhony Vendruscolo

Diogo Martins Rosa

Lindomar Alves de Souza

Izaias Médice Fernandes

Resumo

A conservação dos recursos hídricos é essencial para o desenvolvimento sustentável de propriedades rurais e urbanas. O objetivo deste trabalho foi a caracterização morfométrica e a quantificação do desmatamento na sub-bacia do rio Rolim de Moura. A caracterização morfométrica foi obtida com o SRTM. A cobertura do solo foi analisada entre os anos de 1986 a 2016, com imagens Landsat. A sub-bacia tem área de 2.822,46 km², perímetro de 422,24 km, altitude média de 245 m, coeficiente de compactidade de 2,22, índice de circularidade de 0,19, sinuosidade de 74,92%, fator forma de 0,46, padrão de drenagem dendrítico de 7ª ordem, densidade hidrográfica de 1,49 rios km⁻², densidade de drenagem de 1,62 km km⁻² e tempo de concentração de 34,78 h. Houve um aumento da área antropizada de 1986 (35,29%) à 2016 (80,58%). A sub-bacia não está sujeita a inundações, porém devido a sua extensa área antropizada faz necessário projetos de recuperação de matas ciliares.

Palavras chave: sensoriamento remoto; cobertura vegetação; hidrologia; manejo de bacias.

Resumen

La conservación de los recursos hídricos es esencial para el desarrollo sostenible de las propiedades rurales y urbanas. El objetivo de este trabajo fue la caracterización morfométrica y la cuantificación de la deforestación en la subcuenca del río Rolim de Moura. La caracterización morfométrica fue obtenida con el SRTM. La cobertura del suelo fue analizada entre los años 1986 a 2016, con imágenes Landsat. La subcuenca tiene una superficie de 2.822,46 km², perímetro de 422,24 km, altitud media de 245 m, coeficiente de compactidad de 2,22, índice de circularidad de 0,19, sinuosidad del 74,92%, factor forma 0,46, patrón de drenaje dendrítico de 7º orden, densidad hidrográfica de 1,49 ríos km⁻², densidad de drenaje de 1,62 km km⁻² y tiempo de concentración de 34,78 h. Hubo un aumento del área antropizada de 1986 (35,29%) a 2016 (80,58%). La subcuenca no está sujeta a inundaciones, pero su extensa área antropizada hace necesarios proyectos de recuperación de bosques ciliares.

Palabras clave: teledetección; cobertura de la vegetación; hidrología; manejo de cuencas.

Abstract

The conservation of water resources is essential for the sustainable development of rural and urban properties. The objective of this work was the morphometric characterization and the quantification of deforestation in the Rolim de Moura sub-basin. Morphometric characterization was obtained with SRTM. Soil cover was analyzed between 1986 and 2016 with Landsat images. The sub-basin has an area of 2,822.46 km², a perimeter of 422.24 km, an average elevation of 245 m, a compactness coefficient of 2.22, a circularity index of 0.19, a sinuosity of 74.92%, a form factor of 0.46, 7th order dendritic drainage pattern, 1.49 km⁻² hydrographic density, 1.62 km km⁻² drainage density and 34.78 h concentration time. There was an increase of the anthropized area from 1986 (35.29%) to 2016 (80.58%). The sub-basin is not subject to flooding, but its extensive anthropic area makes it necessary to recover riparian forests.

Key word: remote sensing; vegetation cover; hydrology; watershed management.

1. Introdução

O estado de Rondônia apresentou grande fluxo migratório a partir da década de 70, sendo caracterizado por agricultores provenientes de vários estados brasileiros, em busca de terra (Teixeira e Fonseca, 1998). Está crescente explosão populacional provocou elevados níveis de desmatamento na região, para a implantação agropecuária. Em trabalho realizado por Cavalheiro *et al.* (2015), na região da Zona da Mata Rondoniense, verificou-se que a área antropizada passou de 2.438,50 km² no ano de 1985, para 7.804,36 km² no ano de 2011, destacando-se o município de Rolim de Moura, com 81,6% de desmatamento.

O avanço da agropecuária na região possibilitou o ‘desenvolvimento’ do estado, contudo, também ocasionou sérios danos aos recursos hídricos, por afetar diretamente as áreas de preservação permanente, comprometendo a sustentabilidade das propriedades rurais. Neste contexto, verifica-se a necessidade de informações para o planejamento adequado dos recursos hídricos, que podem ser obtidos ao levar em consideração a bacia hidrográfica como unidade de estudo (Brasil, 1997).

Dentre as informações necessárias para o planejamento da bacia, tem-se as relacionadas com as características morfométricas, por controlar a dinâmica do ecossistema (Silva, 2004). Essas informações podem ser obtidas por meio do uso integrado de sistemas de informação geográfica (SIG), o sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, por permitirem a formação de um banco de dados, em tempo hábil e com baixo custo financeiro (Kabite e Gessesse, 2018; Gardiman Junior *et al.*, 2012).

A sub-bacia do rio Rolim de Moura pertence a bacia do rio Machado (SEDAM, 2002), e tem grande importância para o estado de

Rondônia, por abranger 8 municípios e 3.331 propriedades rurais (INCRA, 2018), contudo, existem poucas informações para subsidiar a preservação e/ou a conservação dos recursos hídricos da região. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo realizar a caracterização morfométrica e a dinâmica temporal do desmatamento na sub-bacia do rio Rolim, Amazônia Ocidental, Brasil.

2. Material e métodos

2.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área estudada é a sub-bacia do rio Rolim de Moura, localizada dentro limites dos municípios de Rolim de Moura (29,72%), Santa Luzia D'Oeste (24,05%), São Felipe D'Oeste (18,34%), Pimenta Bueno (8,31%), Primavera de Rondônia (8,14%), Cacoal (5,89%), Castanheiras (5,22%) e Parecis (0,28%), (Figura 1). A região tem clima do tipo Monção (Am), com temperatura média anual de 25,6 °C (Alvares *et al.*, 2014) e precipitação média anual de 1.564,5 a 1.728,9 mm (Franca, 2015).

A vegetação da área é caracterizada como floresta ombrófila aberta, sendo uma tipologia de transição entre a floresta amazônica e cerrado que ocorre entre 100-600 m de altitude, associada a quatro faciações florísticas (palmeiras, cipós, bambus e sororoca), (IBGE, 2012).

2.2 Aquisição de dados e metodologia da caracterização morfométrica

Foram utilizados dados altimétricos do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 m, Banda X (3,1 cm), disponíveis no site do *United States Geological Survey* (USGS, 2017). Os dados foram

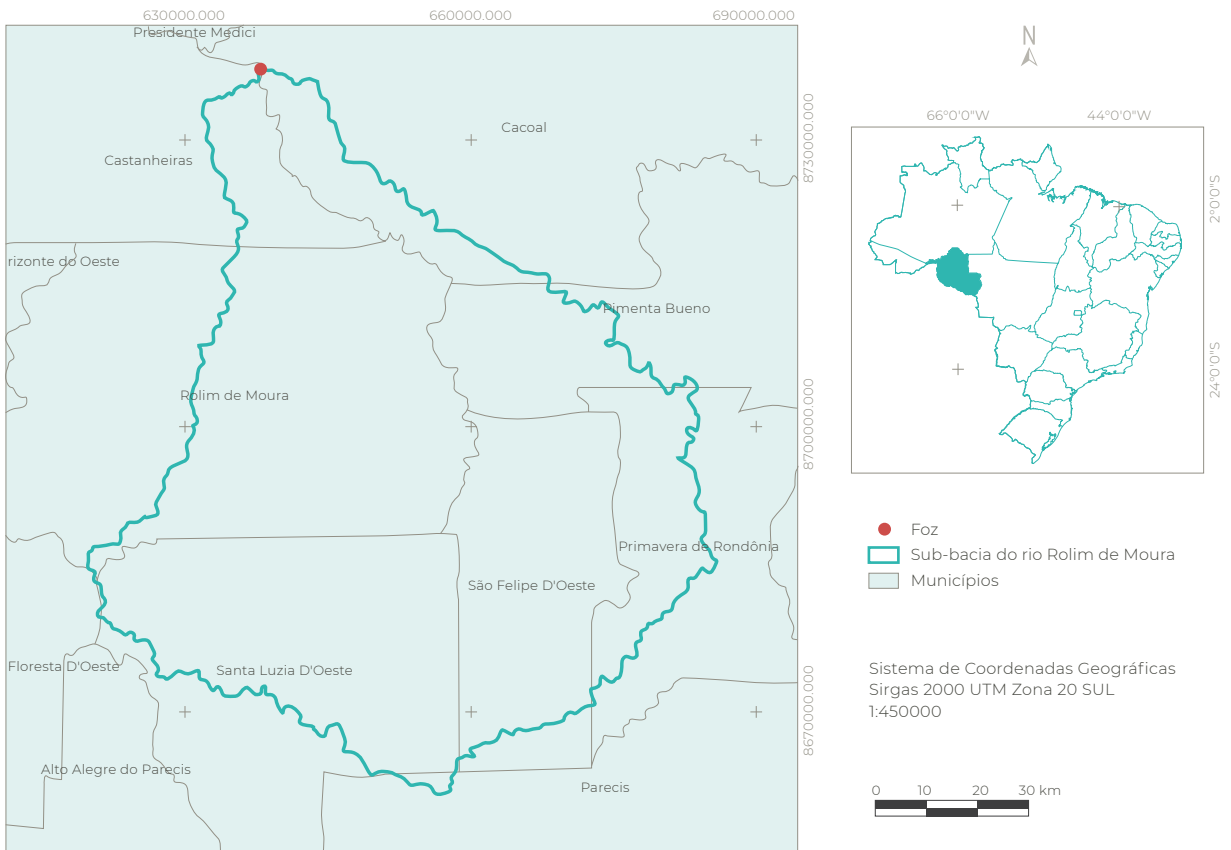


Figura 1 Localização geográfica da sub-bacia do rio Rolim de Moura, Rondônia

analisados utilizando o software QGIS 2.18.7 (versão Las Palmas), (QGIS Development Team, 2015) e o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM).

2.3 Parâmetros analisados

Os parâmetros analisados foram: área, perímetro, altitude mínima, média e máxima, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, padrão de drenagem, ordem de drenagem, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, índice de sinuosidade, tempo de concentração e índice de desmatamento.

2.3.1 Área, perímetro, rede e ordem de drenagem

O complemento TauDEM contém algoritmos específicos para análises de elevação e métricas hidrológicas. O processo consistiu nos seguintes passos: *Pit Remove* < *D8 Flow Directions* < *D8 Contributing Area* (1ª versão) < *Stream Definition by Threshold* (1ª versão) < *Criação do ponto Shapefile (exutório)* < *D8 Contributing Area* (2ª versão) < *Stream Definition by Threshold* (2ª versão) < *Stream Reach and Watershed* (Santos, 2017).

2.3.2 Altitude

As altitudes, mínima e máxima, foram obtidos com base na imagem altimétrica SRTM, utilizan-

do o software QGIS. A altitude média foi mensurada com o complemento 'Estatística por zona'.

2.3.3 Fator de forma

É a relação entre a largura média e o comprimento axial da sub-bacia, foi calculado conforme a equação 1 (Villela e Mattos, 1975) e classificado com a **Tabela 1**.

$$F = A/L^2 \quad (1)$$

Onde: F = fator de forma; A = área da drenagem da sub-bacia (km²); L = comprimento do eixo da sub-bacia (km).

Tabela 1 Valores de referência para classificação do fator de forma

Fator de forma	Classe
< 0,50	Não sujeito a enchente
0,50 - 0,75	Tendência mediana a enchentes
0,75 - 1,00	Bacia sujeita a enchentes

Fonte: Lima Júnior et al. (2012)

2.3.4 Coeficiente de compacidade

Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia, e foi calculado conforme a equação 2 (Villela e Mattos, 1975). O coeficiente de compacidade foi classificado de acordo com a

Tabela 2.

$$Kc = 0,28 \times (P/\sqrt{A}) \quad (2)$$

Onde: Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro da sub-bacia (km); A = área de drenagem da sub-bacia (km²).

Tabela 2 Valores de referência para classificação do coeficiente de compacidade

Coeficiente de compacidade	Classe
1,00 - 1,25	Alta propensão a enchentes
1,25 - 1,50	Tendência mediana a enchentes
> 1,50	Não sujeito a enchentes

Fonte: Lima Júnior et al. (2012)

2.3.5 Índice de circularidade

O índice de circularidade tende para unidade 1 à medida que a bacia se aproxima da forma circular, e diminui à medida que a forma se torna alongada (Cardoso *et al.*, 2006). Esse parâmetro foi calculado com a equação 3 (Schumm, 1956) e classificado com a **Tabela 3**.

$$IC = (12,57 \times A)/P^2 \quad (3)$$

Onde: IC = índice de circularidade; P = perímetro da sub-bacia (km); A = área de drenagem da sub-bacia (km²).

Tabela 3 Valores de referência para classificação do índice de circularidade

Índice de circularidade	Classe
0,36 - 0,50	Forma alongada
0,51 - 0,75	Forma intermediária
0,76 - 1,00	Forma circular

Fonte: Silva (2012)

2.3.6 Padrão de drenagem

A distribuição geoespacial dos rios e seus afluentes é utilizada para determinação do padrão de drenagem da bacia hidrográfica (Christofoletti, 1980). O padrão de drenagem foi obtido comparando a forma da distribuição da drenagem (Parvis, 1950).

2.3.7 Densidade hidrográfica

É a relação existente entre o número de cursos d'água e a área da bacia hidrográfica, e foi calculado conforme a equação 4. A densidade hidrográfica foi classificada de acordo com a

Tabela 4.

$$Dh = N/A \quad (4)$$

Onde: Dh = densidade hidrográfica (rios km⁻²); N = número de cursos d'água da sub-bacia (unidades); A = área de drenagem da sub-bacia (km²).

Tabela 4 Valores de referência para classificação da densidade hidrográfica

Densidade hidrográfica (rios km ²)	Classe
< 3	Baixa
3 – 7	Média
7 – 15	Alta
> 15	Muito alta

Fonte: Lollo (1995)

2.3.8 Densidade de drenagem

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica (Christofoletti, 1969), sendo considerado tanto os rios perenes como os temporários (Horton, 1945). Esse parâmetro foi calculado com a equação 5 (Villela e Mattos, 1975) e classificado com a **Tabela 5**.

$$Dd = L/A \quad (5)$$

Onde: Dd = densidade de drenagem (km km⁻²); L = comprimento total da rede de drenagem da sub-bacia (km); A = área de drenagem da sub-bacia (km²).

Tabela 5 Valores de referência para classificação da densidade de drenagem

Densidade de drenagem (km km ⁻²)	Classe
< 0,50	Baixa
0,50 - 2,00	Média
2,01 - 3,50	Alta
> 3,50	Muito alta

Fonte: Beltrame (1994)

2.3.9 Índice de sinuosidade

É a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2003). O índice foi mensurado com a equação 6 (Villela e Mattos, 1975) e o valor classificado com a **Tabela 6**.

$$IS = 100 (L-Ev)/L \quad (6)$$

Onde: IS = índice de sinuosidade (%); L = comprimento do canal principal da sub-bacia (km); Ev = distância vetorial do canal principal da sub-bacia (km).

Tabela 6 Valores de referência para classificação do índice de sinuosidade

Índice de sinuosidade (%)	Classe
< 20	Muito Reto
20 a 29	Reto
30 a 39,9	Divagante
40 a 49,95	Sinuoso
> 50	Muito sinuoso

Fonte: Romero et al. (2017)

2.3.10 Tempo de concentração

É o tempo de percurso da água precipitada desde o ponto mais afastado da bacia hidrográfica até a secção de referência (Kirpich, 1940). Este parâmetro foi calculado com a equação 7.

$$Tc = [0,87 \times (L^3/H)]^{0,385} \quad (7)$$

Onde: Tc = tempo de concentração (h); L = comprimento do talvegue principal da sub-bacia (km); H = desnível ente a parte mais elevada e a secção de controle da sub-bacia (m).

2.3.11 Índice de desmatamento

Utilizou-se os softwares QGIS 2.18.7 (QGIS Development Team, 2015) e SPRING 5.2.3 (Câmara et al., 1996), e imagens do satélite Landsat 5 (1986, 1996 e 2006) e Landsat 8 (2016), disponível no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2017a), (**Tabela 7**). As imagens correspondem aos meses de julho a setembro, em função da menor incidência de nuvens, e bandas 1, 4 e 7 no satélite Landsat 5, e 2, 5 e 7 no satélite Landsat 8. O uso destas bandas está relacionado com o ótimo contraste entre a vegetação e o solo (Silva et al., 2013).

Tabela 7 Características das imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8

Satélite	Sensor	Resolução espacial (m)	Resolução radiométrica (bits)	Bandas R-G-B	Órbita	Ponto	Ano
Landsat 5	TM	30	8	7-4-1	230-231	68	1986
Landsat 5	TM	30	8	7-4-1	230-231	68	1996
Landsat 5	TM	30	8	7-4-1	230-231	68	2006
Landsat 8	OLI	30	16	7-5-2	230-231	68	2016

TM: Thematic Mapper; OLI: Operacional Terra Imager

A classificação da cobertura do solo foi realizada em três etapas. Na primeira, efetuou-se a reprojeção (WGS 84 para SIRGAS 2000), georeferenciamento e recorte da sub-bacia. Na segunda, aplicou-se o contraste linear para melhor realce da imagem. E na terceira etapa, utilizou-se a segmentação do tipo pixel a pixel e classificação supervisionada das imagens (algoritmo da máxima verossimilhança), levando-se em consideração as amostras obtidas durante o treinamento (classes: floresta, área desmatada e água).

3. Resultados e discussão

3.1 Características morfométricas

A sub-bacia tem área de 2.822,46 km² e perímetro de 333,10 km. Essas informações diferem dos dados disponibilizados pelo Atlas Geoambiental de Rondônia (SEDAM, 2002), área de 2.818,90 km² e perímetro de 234,73 km, em função dos diferentes tipos de base de dados utilizados nos levantamentos. A Sedam utilizou dados altimétricos SRTM com resolução espacial de 90 m, enquanto no atual trabalho foram utilizados dados altimétricos com resolução espacial de 30 m.

A altitude da sub-bacia variou de 158 a 454 m, com valor médio de 245 m (Figura 2). Valores de altitude semelhantes foram obser-

vados por Santos (2017) na microbacia do rio Tinguí, e Vendruscolo (2017) na microbacia do rio Manicoré, regiões próximas da área de estudo, demonstrando que esta característica da paisagem também ocorre no entorno.

Os dados de altitude também podem ser utilizados para identificar os limites da distribuição potencial e preferência de habitat de espécies madeireiras. Em trabalho realizado por Figueiredo *et al.* (2015), testando modelos com base em dados ambientais (ex. altitude), constatou-se que as espécies *Aspidosperma macrocarpon* Mart. e *Amburana acreana* (Ducke) A. C. Smith mostraram uma maior preferência por habitats em área de várzea não inundável e altitude variando entre 108 a 255 m. Estas espécies também ocorrem na área de estudo e podem ter potencial madeireiro, porém, recomenda-se estudos mais aprofundados para confirmar essa hipótese.

Os parâmetros fator de forma (F), coeficiente de compacidade (Kc) e índice de circularidade (Ic) tem valores de 0,46, 1,75 e 0,31, respectivamente. Esses dados demonstram que a sub-bacia do rio Rolim de Moura tem forma alongada e baixa suscetibilidade a enchentes. Resultados semelhantes foram observados por Siqueira *et al.* (2018) na microbacia do rio Conceição (F = 0,31, Kc = 2,60 e IC = 0,01), município de São Francisco do Guaporé,

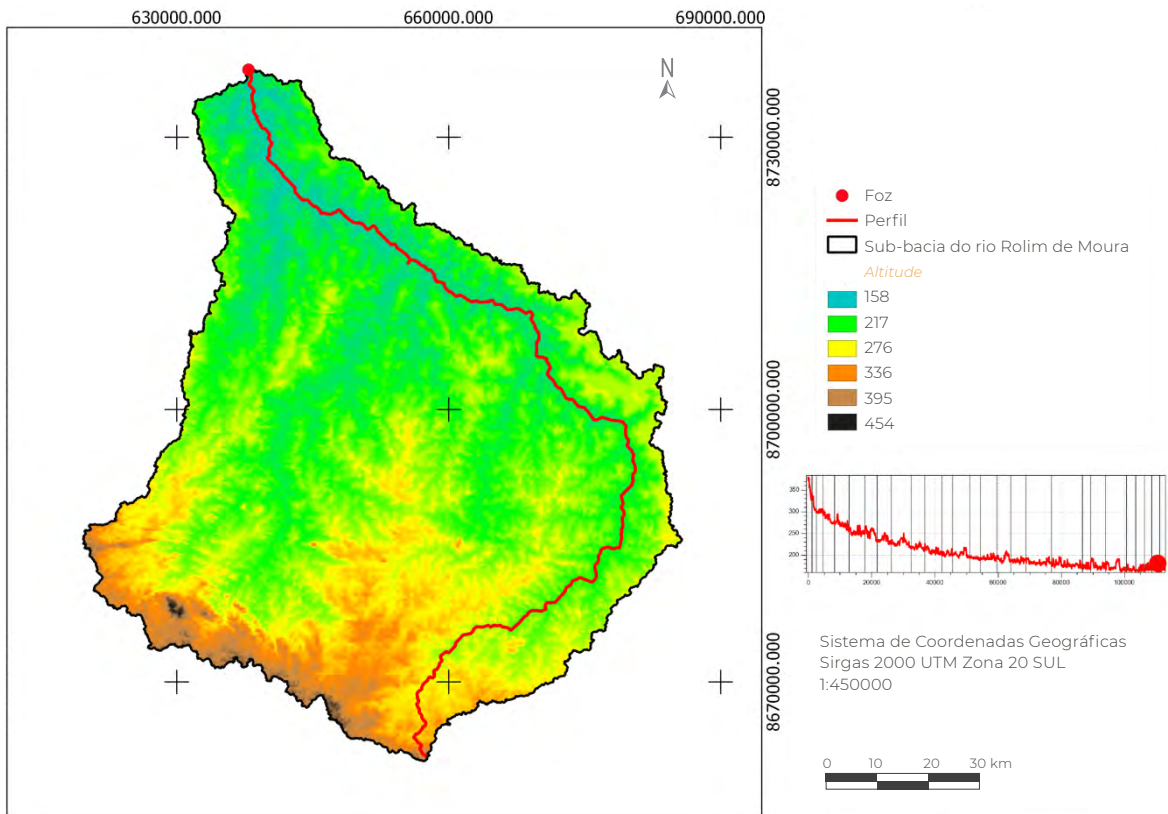


Figura 2 Elevação da sub-bacia do rio Rolim de Moura, Amazônia, Brasil

e Johem *et al.* (2018) na microbacia do rio Bananeira ($F = 0,41$, $Kc = 2,45$ e $Ic = 0,16$), município de Seringueiras, demonstrando que essa característica é comum na estado de Rondônia, assim como a altitude.

A sub-bacia tem drenagem dendrítica de 7ª ordem (Figura 3), densidade hidrográfica de 1,49 rios km^{-2} e densidade de drenagem de 1,62 km km^{-2} . Esses resultados demonstram que a sub-bacia tem elevada complexidade ecológica da fauna aquática, de acordo com dados de Fairfull e Witheridge (2003), baixa densidade hidrográfica e média densidade de drenagem.

O índice de sinuosidade e tempo de concentração são de 74,92 % e 34 horas e 47 minutos, respectivamente, denotando um canal

principal muito sinuoso, elevado tempo de concentração. Apesar do elevado nível de sinuosidade retardar o tempo de concentração, reduzindo o risco de inundações, constata-se inundações frequentes, principalmente na área urbana do município de Rolim de Moura. Este problema está relacionado com a combinação de precipitações intensas, ocupação das áreas de mata ciliar e manejo inadequado do solo (redução da permeabilidade).

É importante destacar, de acordo com as características da rede de drenagem, que a sub-bacia pode ter restrições para o fornecimento de recursos hídricos superficiais para o desenvolvimento de irrigação, tornando-se um problema principalmente para a implantação de sistemas de cultivo de café clonal. Em

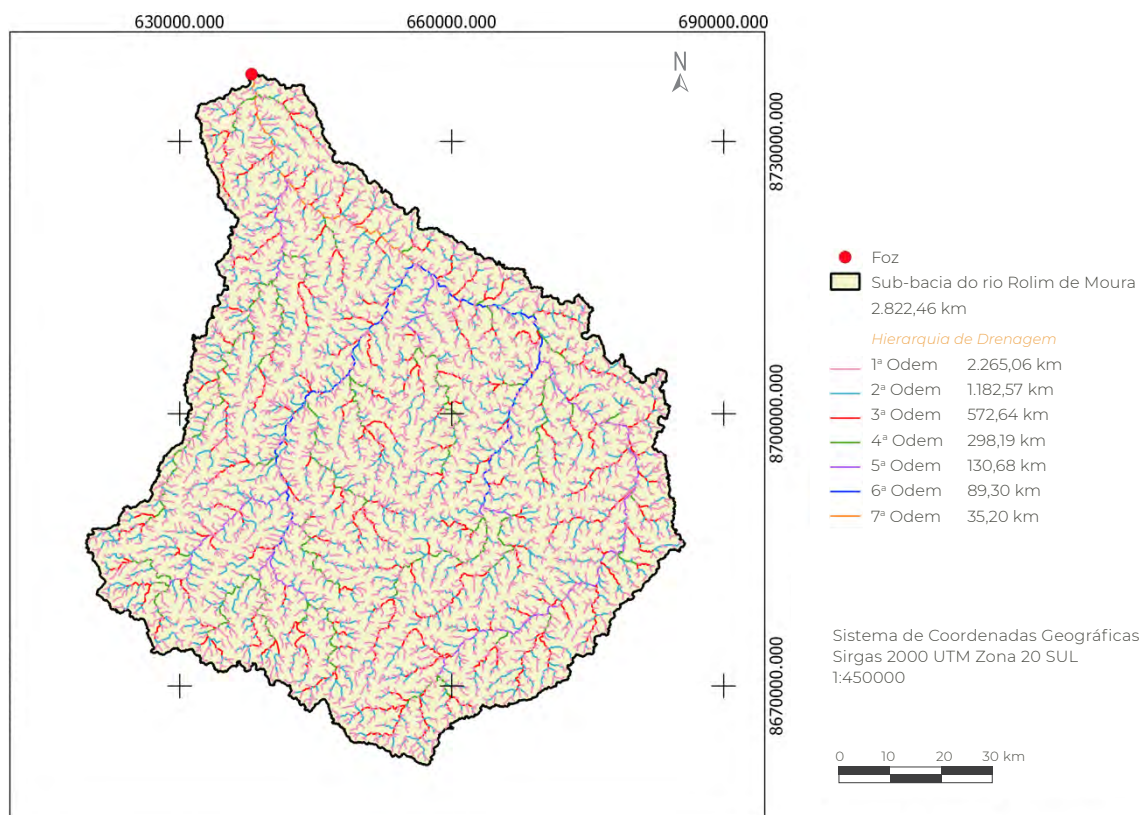


Figura 3 Hierarquia de drenagem na sub-bacia do rio Rolim de Moura, Rondônia

Rondônia, a floração do café ocorre no mês de julho, ou seja, em um período com elevado déficit hídrico, sendo recomendado a irrigação para evitar o abortamento floral e dos frutos (Cararo e Dias, 2015). Além dos danos econômicos, também pode ocorrer problemas ambientais severos, caso seja realizado o usufruto indiscriminado dos recursos hídricos, seja por escassez hídrica, ou perda de qualidade da água.

3.2 Desmatamento (1986-2016)

Com base nas Figuras 4 (1986), 5 (1996), 6 (2006) e 7 (2016), constata-se que houve redução das áreas de floresta nativa (63,69 % para 18,56 %) e espelho d'água (1,02 % para 0,56 %), em função do desmatamento (35,29 % para 80,58 %). Esses resultados corroboram

com os obtidos por Cavalheiro *et al.* (2015) e INPE (2017b), e estão relacionados com o crescimento de atividades agrícolas no estado a partir do ano de 1985, com destaque para a pecuária de corte (Tabela 8). Além disso, a redução da taxa de desmatamento ao longo dos anos está associada a redução da área disponível para o desmatamento.

Diante do pressuposto, verifica-se que existem correlações positivas entre a expansão do desmatamento e da bovinocultura, como descrito por Cavalcante (2011), no estado de Rondônia. Esta relação entre o desmatamento e a bovinocultura não se aplica somente para o estado de Rondônia, vai além destas fronteiras, atingindo grande parte da Amazônia, como observado por Rivero *et al.* (2009).

Tabela 8 Censo agropecuário de 1985 a 2016

Município	Data de emancipação ¹	Nº cabeças (bovino)			
		1985 ²	1996 ³	2006 ⁴	2016
Santa Luzia D'Oeste	1986	-	79.136	133.922	167.818
Rolim de Moura	1983	41.161	114.314	182.298	235.599
Castanheiras	1992	-	49.498	71.513	112.474
São Felipe D'Oeste	1994	-	-	88.404	102.749
Cacoal	1977	86.291	237.747	341.522	452.130
Primavera de Rondônia	1994	-	-	62.396	76.826
Pimenta Bueno	1977	66.755	270.768	144.074	287.288
Rondônia	-	770.531	3.937.291	8.490.822	13.682.200

¹Sedam (2002); ²IBGE (1990); ³IBGE (1996); ⁴IBGE (2009); ⁵IBGE (2016)

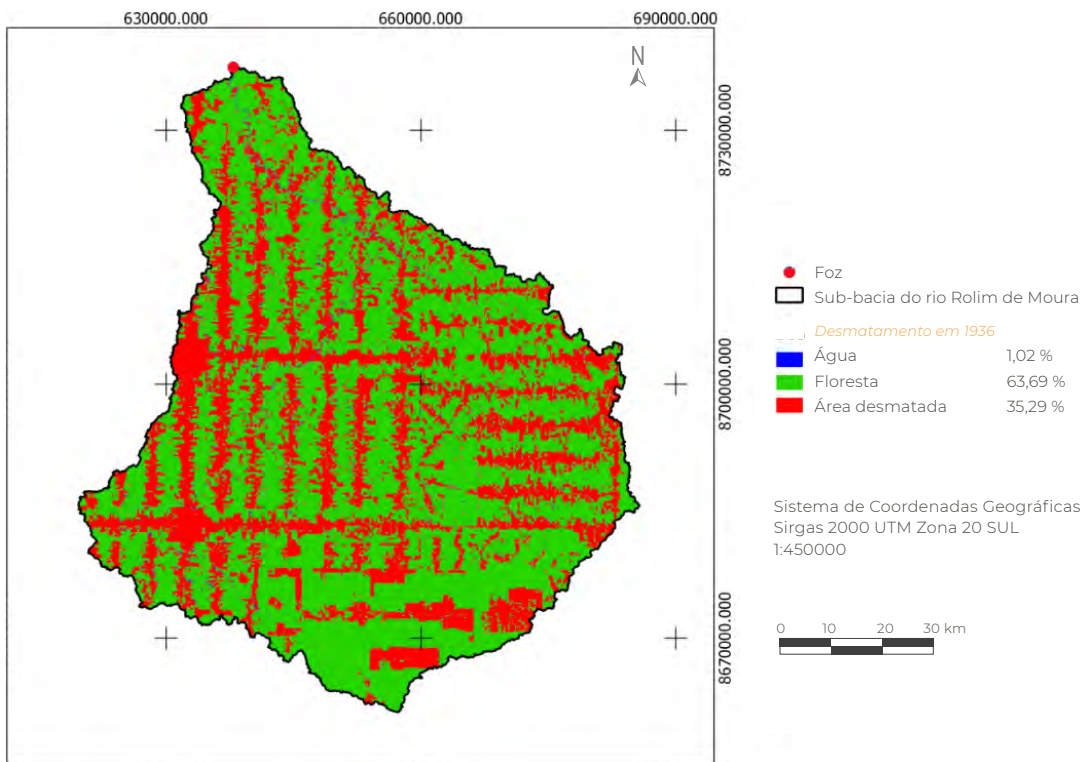


Figura 4 Desmatamento na sub-bacia do rio Rolim de Moura no ano de 1986, Rondônia, Brasil

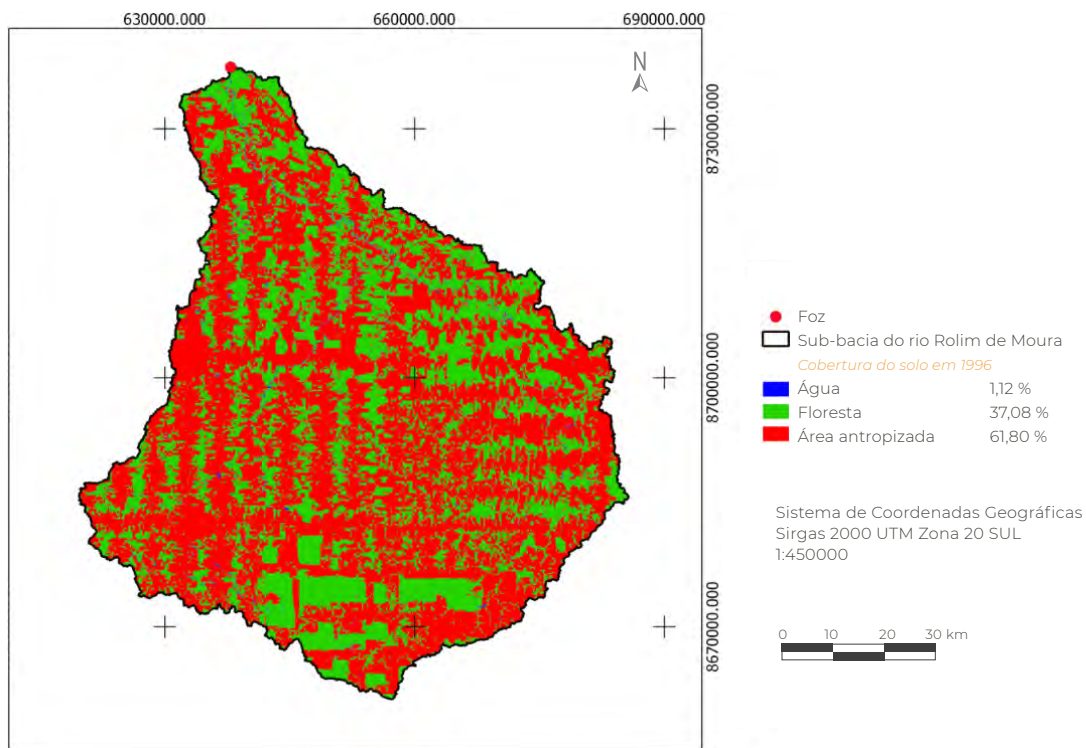


Figura 5 Desmatamento na sub-bacia do rio Rolim de Moura no ano de 1996, Rondônia, Brasil

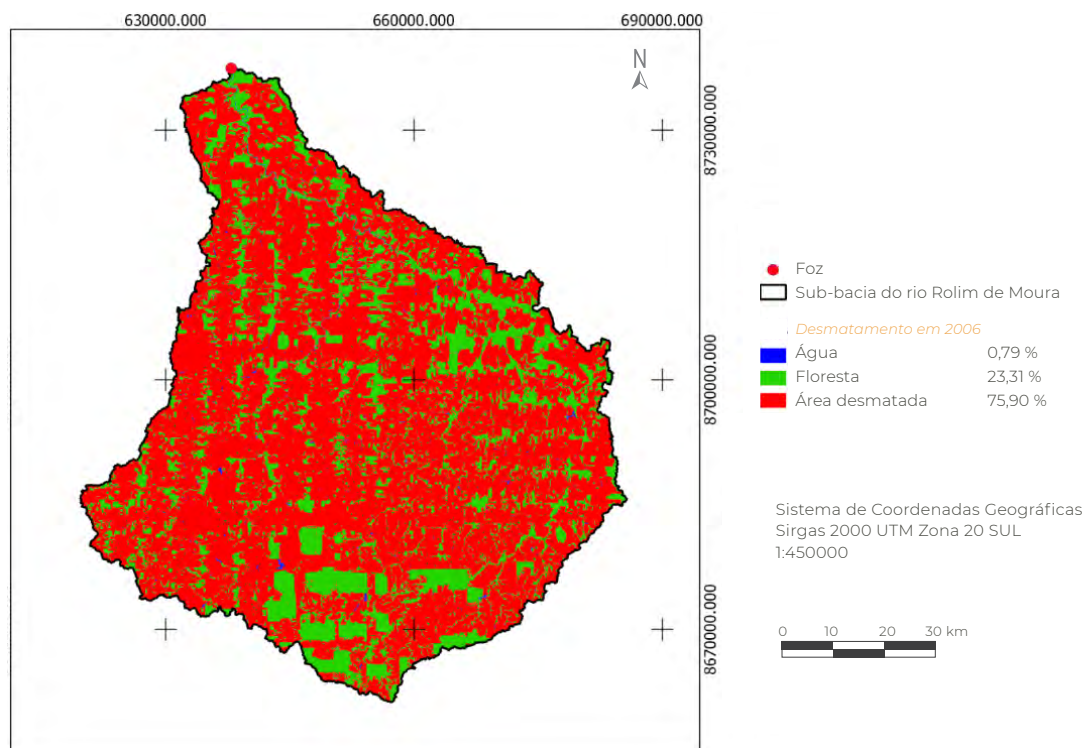


Figura 6 Desmatamento sub-bacia do rio Rolim de Moura no ano de 2006, Rondônia, Brasil

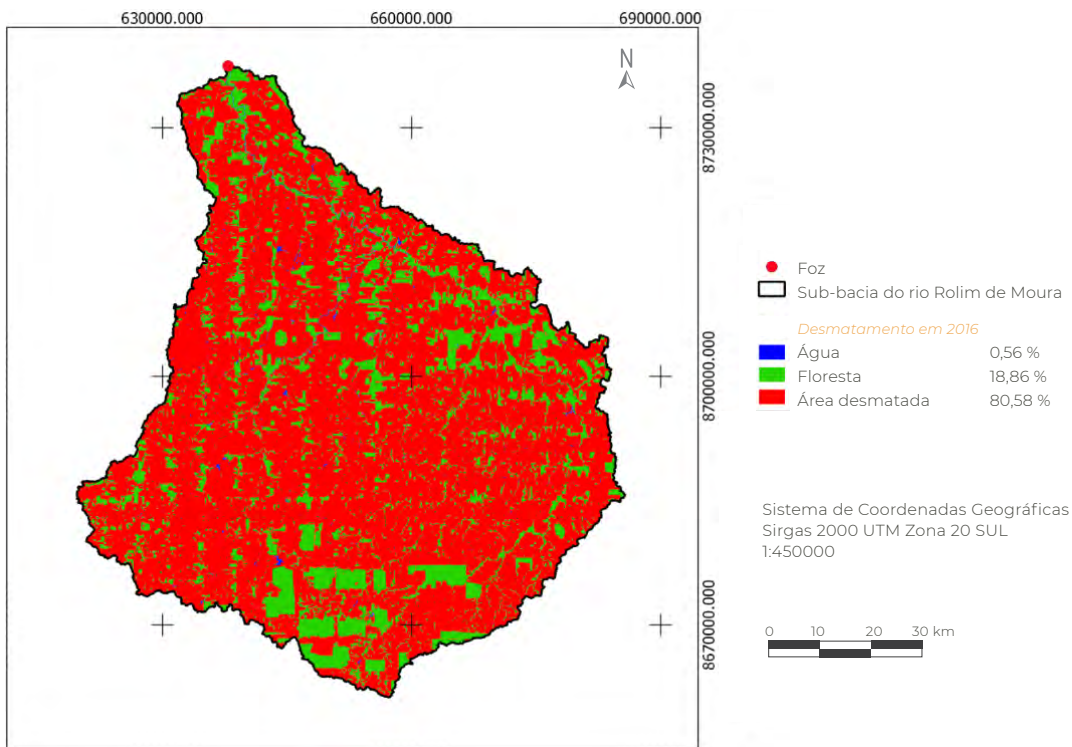


Figura 7 Desmatamento na sub-bacia do rio Rolim de Moura no ano de 2016, Rondônia, Brasil

É perceptível que a colonização ocorreu em um formato conhecido como ‘Espinha de Peixe’, onde a distribuição dos lotes pelo INCRA, no início da colonização do estado, e a abertura de estradas, para o acesso a essas propriedades, serviu como ponto inicial para o processo de desmatamento (Florenzano, 2002).

A redução da área de espelho d’água, observada de 1986 a 2016, provavelmente está relacionada com a degradação do solo na região, que tende a reduzir a capacidade de infiltração e conseqüentemente, o armazenamento de água no perfil do solo, ou seja, a reserva de água (lençol freático) que posteriormente abastecerá o fluxo hídrico superficial ao longo do ano. Além disso, o assoreamento dos corpos d’água causado pela erosão hídrica

e pisoteio do gado contribui para a redução da profundidade e desconfiguração dos leitos dos rios.

A perda de qualidade do solo ocorre em função da conversão de uso do solo, como de floresta nativa para agroecossistemas inadequadamente manejados, que promovem a compactação do solo e a perda de matéria orgânica no sistema, elevando o escoamento superficial e reduzindo a infiltração. Em áreas de pastagem, como é o caso da maior parte da área da sub-bacia, ocorre a compactação por meio do pisoteio animal, visto que a pressão exercida pela pata destes sobre o solo é 106,5% maior que a pressão exercida por um trator (Sousa *et al.*, 1998). Já a perda de matéria orgânica, reduz a densidade do solo e a infiltração e água no sistema (Brandão *et al.*, 2009),

umentando o escoamento superficial, tendo em vista que a matéria orgânica pode armazenar aproximadamente 20 vezes sua massa em água (Stevenson, 1982).

4. Conclusão

A sub-bacia do rio Rolim de Moura tem formato alongado, baixa suscetibilidade a enchentes, relevo predominantemente plano a suave ondulado, padrão de drenagem dendrítico de 7ª ordem, densidade hidrográfica baixa,

densidade de drenagem mediana, canal principal muito sinuoso e tempo de concentração elevado.

O processo de desflorestamento na sub-bacia do rio Rolim de Moura ocorreu de forma progressiva, sendo observado uma perda de 45,29 % da vegetação natural entre os anos de 1986 a 2016.

As características morfométricas citadas no estudo podem auxiliar na formação de políticas públicas, com intuito de gerenciamento dos recursos hídricos presentes na sub-bacia.

5. Referências citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & G. SPAROVEK. 2014. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Gerbrüder Borntraeger*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M.D. P e P. T. A. CASTRO. 2003. "Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 3(2): 117-124.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- BRANDÃO, V. S.; PRUSKI, F. P. e D. D. SILVA. 2009. *Infiltração da água no solo*. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil.
- BRASIL. 1997. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm [Consulta: julho, 2017].
- CÂMARA, G.; SOUZA R. C. M.; FREITAS U. M. & J. GARRIDO. 1996. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object oriented data modelling". *Computers & Graphics*. 20(3): 395-403.
- CARARO, D. C. e A. F. S. DIAS. 2015. "Irrigação em cafeeiros". In: A. L. MARCOLAN e M. C. ESPINDULA (Eds). *Café na Amazônia*. pp. 310-343. Embrapa Rondônia. Porto Velho, Brasil.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B. e S. V. MARTINS. 2006. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ". *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CAVALCANTE, F. R. C. 2011. *Análise da desigualdade regional no Estado de Rondônia à luz da teoria institucionalista de Douglas North*. Programa de Pós-Graduação

- em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. Universidade Federal do Pará. Belém, Brasil. Tese de Doutorado.
- CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; SANTOS, L. M. H. e A. M. SANTOS. 2015. “Impacto da colonização na Zona Da Mata Rondoniense, Amazônia Ocidental-Brasil”. *Revista Geográfica Venezolana*, 56(1): 41-57.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1969. “Análise morfométrica de bacias hidrográficas”. *Notícia Geomorfológica*, 18(9): 35-64.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. Edgard Blücher. São Paulo, Brasil.
- FIGUEIREDO, S. M. M.; VENTICINQUE, E. M.; FIGUEIREDO, E. O. e E. J. L. FERREIRA. 2015. “Predição da distribuição de espécies florestais usando variáveis topográficas e de índice de vegetação no leste do Acre, Brasil”. *Acta Amazonica*, 45(2): 167-174.
- FAIRFULL, S. & G. WITHERIDGE. 2003. *Why do Fish Need to Cross the Road? Fish Passage Requirements for Waterway Crossings*. NSW Fisheries, Cronulla. Sydney, Australien.
- FLORENZANO, T. G. 2002. *Imagens de satélite para estudos ambientais*. Oficina de textos. São Paulo, Brasil.
- FRANCA, R. R. 2015. “Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011”. *Revista Geografias*, 11(1): 44-58.
- GARDIMAN JUNIOR, B. S.; COUTO, D. R.; SOUZA, F. B. C.; JUNIOR, G. N. S.; GARCIA, G. O. e A. R. SANTOS. 2012. *Estimativa da perda de solo em área de preservação permanente na bacia hidrográfica do córrego horizonte, geotecnologias aplicadas aos recursos florestais*. CAUFES. Alegre (ES), Brasil.
- HORTON, R. E. 1945. “Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology”. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56(3): 275-370.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 1990. *Censos Econômicos de 1985*. Número 2 – Rondônia. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/CA/A/40/T/Q>. [Consulta: maio, 2017].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 1996. *Efetivos de bovinos, suínos e aves em 31.07.1996, segundo Mesorregiões, Microrregiões e Municípios – Rondônia*. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/CA/A/40/T/Q>. [Consulta: maio, 2017].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2009. *Censo Agropecuário de 2006*. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/CA/A/40/T/Q>. [Consulta: maio, 2017].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2012. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. [Consulta: novembro, 2018].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2016. *Censo Agropecuário de 2016*. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/CA/A/40/T/Q>. [Consulta: maio, 2017].
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). 2018. *Acervo fundiário*. Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. [Consulta: maio, 2019].
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). 2017a. *Catálogo de imagens*. Disponível em: www.dgi.inpe.br/CDSR/. [Consulta: março, 2017].

- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). 2017b. *Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal Brasileira (AMZ)*, Gerado por INPE/OBT/DPI/TerraBrasilis em 27/11/2017, sob licença CC BY-SA 4.0 Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/dashboard/prodes-rates.html>. [Consulta: novembro, 2017].
- JOHEM, J.; BOONE, N. R. V.; SILVA, R. F. A.; LIMA, A. C. R.; VENDRUSCOLO, J. e D. M. ROSA. 2018. “Caracterização morfométrica da microbacia do rio Bananeira. Amazônia Ocidental”. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 7(1): 42-50.
- KABITE, G. & B. GESSESSE. 2018. “Hydro-geomorphological characterization of Dhidhessa River basin, Ethiopia”. *International Soil and Water Conservation Research*, 6(2): 175-183.
- KIRPICH, Z. P. 1940. “Time of concentration in small agricultural watersheds”. *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- LIMA JÚNIOR, J. C.; VIEIRA, W. L.; MACÊDO, K. G.; SOUZA, S. A. e F. A. L. NASCIMENTO. 2012. Determinação das características morfométricas da sub-bacia do Riacho Madeira Cortada, Quixelô. CE. *VII Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI). Anais... 1-7*. Tocantins, Brasil. (19-21 de outubro).
- LOLLO, J. A. 1995. *O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadricula de Campinas*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil. Tese de Doutorado em Geotecnia.
- PARVIS, M. 1950. “Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks”. *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. [Consulta: abril, 2017].
- RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S. e W. OLIVEIRA. 2009. “Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia”. *Nova economia*, 19(1): 41-66.
- ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M. e F. F. N. MARCUZZO. 2017. “Estudo hidromorfológico da bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO”. *Ciência e Natura*, 39(2): 320-340.
- SANTOS, J. 2017. *QGIS 2.8 Delimitação de bacias hidrográficas com TauDEM*. Processamento digital geotecnologias e software livre, Brasília-DF, Brasil. Disponível em: <http://www.processamentodigital.com.br/2017/11/06/qgis28-delimitacao-de-bacias-hidrograficas-com-taudem/> [Consulta: novembro, 2017].
- SANTOS, L. P. 2017. *Índice de desmatamento e características morfométricas da microbacia do rio Tinguí, Amazônia, Brasil*. Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- SCHUMM, S. A. 1956. “Evolution of drainage systems and slopes in bad lands at Perth, Amboi, New Jersey”. *Geological society of America bulletin*, 67(5): 597-646.
- SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2002. *Boletim Climatológico de Rondônia ano 2002*. Porto Velho. Disponível em: <http://www.sedam.ro.gov.br/images/stories/metereologia/DLFE4.pdf>. [Consulta: março, 2017].
- SILVA, A. M.; XAVIER, A. P. C.; MEDEIROS, I. C. D.; MARANHÃO, K. U. D. A. e R. M. D. SILVA. 2013. Análise multitemporal e atualização do mapa de uso e ocupação do solo do município de Monteiro/PB. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 1.548-1.555, Foz do Iguaçu (PR), Brasil. (13 a 18 de abril).

- SILVA, A. M. 2004. "Rainfall erosivity map for Brasil". *Catena*, 57: 251-259.
- SILVA, Q. D. 2012. *Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão*. Departamento de Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado em Geografia.
- SIQUEIRA, A. da S.; LA TORRE, J. J.; PARREIRA, C. F.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M. e W. C. S. CAVALHEIRO. 2018. "Caracterização morfométrica na microbacia do rio Conceição, Rondônia". *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 7(1): 59-67.
- SOUSA, A. R.; SILVA, A. B. e M. RESENDE. 1998. Influência da pressão exercida por pisoteio de animais na compactação do solo do vale do Pajeú, em Pernambuco. *Reunião Brasileira de Manejo de Manejo e Conservação do Solo e Água (SBCS)*, 12. *Anais...* 256-257. Fortaleza- Brasil.
- STEVENSON, E. J. 1982. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. John Wiley & Sons. New York, USA.
- TEIXEIRA, M. A. D. e D. R. FONSECA. 1998. *História regional (Rondônia)*. Rondoniana. Porto Velho, Brasil.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*, 2017, Disponível em: <http://www.earthexplorer.usgs.gov> [Consulta: novembro, 2017].
- VENDRUSCOLO, R. 2017. *A microbacia do rio Manicoré: caracterização morfométrica e desmatamento*. Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.