
Hidrogeomorfometria e índice

de desmatamento da microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

Hidrogeomorfometría e índice de deforestación
de la microcuenca del río Tinguí, Amazonia Occidental, Brasil

Hidrogeomorphometry and rate of deforestation
of the Tinguí River microbasin, Western Amazon, Brazil

Larissa Pires dos Santos

Diogo Martins Rosa

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Jhony Vendruscolo

Eduardo Candido Franco Rosell

Trent Biggs

Rosalvo Stachiw

Resumo

Características morfométricas e cobertura da terra influenciam na dinâmica de uma bacia hidrográfica e a quantificação das mesmas é necessária para um planejamento ambiental adequado. Objetivou-se caracterizar a morfometria e as taxas de desflorestamento da microbacia do rio Tinguí, onde ocorreram inundações em áreas urbanas, danificando propriedades. Analisou-se as características geométricas, relevo, rede de drenagem e cobertura vegetal para os anos de 1985, 1995, 2005 e 2015. A microbacia tem uma forma alongada, tendência de baixa a média suscetibilidade a inundações, padrão de drenagem dendrítica de 5ª ordem com um tempo de concentração de 8 horas e relevo suavemente ondulado. A área desmatada aumentou de 1985 (58,41 km², 52,5% da área da bacia) para 2005 (98,70 km²), com pequeno aumento na área de cobertura florestal de 2005 a 2015, predominantemente em áreas ripárias (4,37 km²). As informações sobre características morfométricas e cobertura do solo podem ser utilizadas para orientar a formação de políticas públicas, auxiliando o desenvolvimento sustentável. Pesquisas futuras devem investigar o impacto do desmatamento e reflorestamento na magnitude das inundações e tentar vincular a eficácia do Código Florestal Brasileiro.

Palavras chave: impacto da colonização; cobertura do solo; recursos hídricos; risco de inundação; planejamento ambiental.

Resumen

Las características morfométricas y la cobertura de la tierra influyen en la dinámica de las cuencas hidrográficas y su cuantificación es necesaria para una planificación ambiental adecuada. Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar la morfometría y las tasas de deforestación de la microcuenca del río Tinguí, en la que han ocurrido inundaciones que han afectado áreas urbanas, dañando propiedades. Se analizaron características geométricas, de relieve, red de drenaje y cobertura vegetal para los años 1985, 1995, 2005 y 2015. La microcuenca tiene una forma alargada, tendencia de baja a media susceptibilidad a inundaciones, patrón de drenaje dendrítico de 5º orden con un tiempo de concentración de 8 horas y relieve suavemente ondulado. El área deforestada aumentó de 1985 (58,41 km², 52,5% del área de la cuenca) para 2005 (98,70 km²), con un pequeño aumento en el área de cobertura forestal de 2005 a 2015, predominantemente en áreas ribereñas (4,37 km²). Las informaciones sobre características morfométricas y cobertura del suelo pueden ser utilizadas para orientar la formación de políticas públicas, auxiliando el desarrollo sostenible. Las investigaciones futuras deben investigar el impacto de la deforestación y reforestación en la magnitud de las inundaciones e intentar vincular la eficacia del Código Forestal Brasileño.

Palabras clave: impacto de la colonización; cobertura del suelo; recursos hídricos; riesgo de inundación; planificación ambiental.

Abstract

Morphometric characteristics and land cover influence the dynamics of a river basin and their quantification is necessary for adequate environmental planning. The objective was to characterize the morphometry and the deforestation rates of the Tinguí River microbasin, where flooding occurred in urban areas, damaging properties. It was analyzed the geometric characteristics, relief, drainage network and vegetation cover for the years 1985, 1995, 2005 and 2015. The microbasin has an elongated shape, tendency of low to medium susceptibility to floods, 5th order dendritic drainage pattern with a concentration time of 8 hours and gently undulating relief. The deforested area increased from 1985 (58.41 km², 52.5% of the basin area) to 2005 (98.70 km²), with a small increase in forest coverage area from 2005 to 2015, predominantly in riparian areas (4.37 km²). The information on morphometric characteristics and soil cover can be used to guide the formation of public policies, aiding sustainable development. Future research should investigate the impact of deforestation and reforestation on the magnitude of floods and try to link the effectiveness of the Brazilian Forest Code.

Key words: impact of colonization; soil cover; water resources; flood risk; environmental planning.

1. Introdução

A bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um corpo d'água e seus afluentes, que irão retratar as consequências do uso e ocupação do solo (Pires *et al.*, 2002). Em função destas características, a bacia é considerada como uma unidade territorial de planejamento e gestão ambiental (Brasil, 1997), adequada principalmente para o manejo correto dos recursos hídricos. A água é um recurso natural vital para a existência de vida no planeta, e possui indiscutível importância na formação hídrica atmosférica, influenciando o clima das regiões (Donadio *et al.*, 2005; Linhares *et al.*, 2005).

Existem vários fatores que interferem na dinâmica da bacia e, conseqüentemente, no planejamento ambiental, dentre os quais inclui-se a cobertura do solo e as características morfométricas. A supressão da vegetação nativa para a formação de sistemas agropecuários é considerada como um dos principais processos modificadores da paisagem na região da Zona de Mata Rondoniense, como pode ser visto no trabalho de Cavalheiro *et al.* (2015). Esse processo estimula alterações no comportamento hidrológico da bacia (Santos, 2010), afetando as reservas superficiais e subterrâneas de água, e podem ocasionar desastres como enchentes em áreas urbanas (Schutz e Jacques, 2016). A caracterização morfométrica é um dos principais mecanismos utilizados em análises hidrológicas e ambientais, por permitir a obtenção de informações sobre os parâmetros morfológicos da bacia e alterações causadas pela interferência antrópica (Pissarra *et al.*, 2010).

Os sistemas de informações geográficas (SIG) associados a técnicas de geoprocessamento são frequentemente utilizados para avaliação da cobertura florestal e caracterização morfométricas da bacia, como pode

ser observado na literatura (Calil *et al.*, 2012; Ferrari *et al.*, 2013; Piontekowski *et al.*, 2014; Cavalheiro *et al.*, 2015). Essas ferramentas permitem o monitoramento e a obtenção de informações de grandes áreas, que fornecem subsídios para o planejamento adequado da bacia hidrográfica, e tem como principais vantagens o rápido tempo de aquisição de dados e o baixo custo financeiro.

O presente trabalho teve como objetivo elaborar o índice de desmatamento e realizar a caracterização morfométricas da microbacia do rio Tinguí.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde à microbacia do rio Tinguí, inserida nos municípios de Alta Floresta D'Oeste (98,04 %), Santa Luzia D'Oeste (0,41 %) e Rolim de Moura (1,55 %), no estado de Rondônia (Figura 1). A região tem clima do tipo Am (Monção), (Alvares *et al.*, 2014), com precipitação anual de 1.730,5 mm, concentrada principalmente nos meses de janeiro a março, temperatura média anual 25,3 °C (SEDAM, 2012), e vegetação nativa classificada como floresta ombrófila aberta submontana com cipós associada com floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras (IBGE, 2012).

2.2 Caracterização morfométrica

Foram analisados os parâmetros de área, perímetro, altitude, relevo, fator de forma (F), coeficiente de compacidade (Kc), índice de circularidade (Ic), padrão de drenagem (Pd), ordem dos cursos d'água, densidade de drenagem (Dd), densidade de nascentes (Dn), número de nascentes (Nn), índice de sinuosidade (Is) e tempo de concentração (Tc), (Tabela 1).

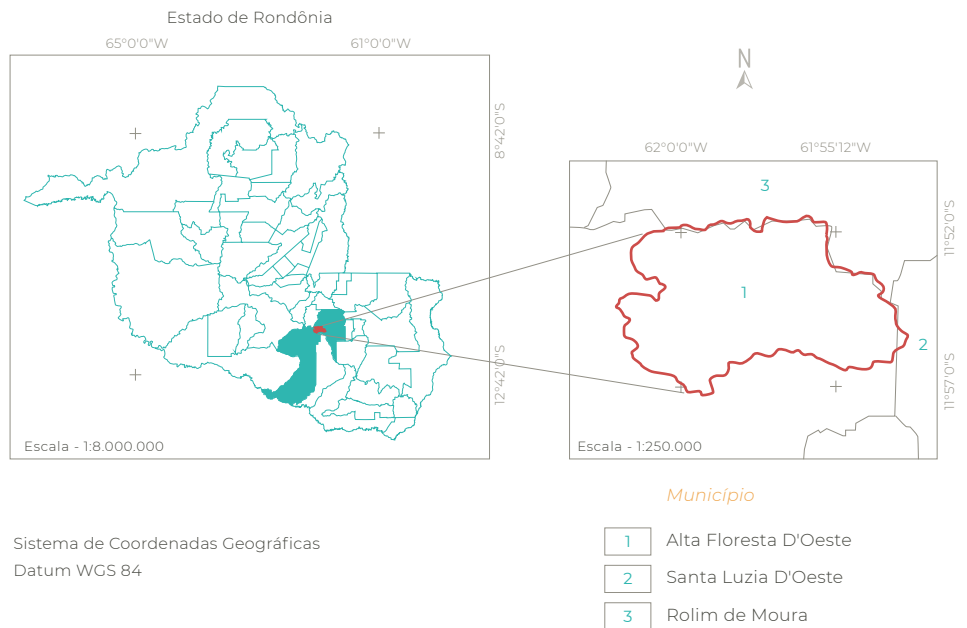


Figura 1 Localização da microbacia do rio Tinguí no estado de Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

A microbacia foi delimitada utilizando software QGIS 2.10.1 (versão Pisa), (QGIS *Development Team*, 2015) e o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM), tendo como base imagem altimétrica do satélite Alos (Sensor Palsar - *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*), com resolução espacial de 12,5 m e comprimentos de onda na banda L (ASF, 2017). Posteriormente, o limite da microbacia foi ajustado com base nas imagens do *Google Earth Pro*[®], considerando a rede de drenagem e os sulcos naturais do terreno. A área e o perímetro foram calculados utilizando a ferramenta 'Calculadora de campo'.

A rede de drenagem foi delimitada manualmente no *Google Earth Pro*[®], e salva no formato kml (*Keyhole Markup Language*), posteriormente realizou-se a classificação da ordem dos cursos d'água manualmente no software *GPS Track Maker free* (versão 13.9.596), (Ferreira Junior, 1998).

Os valores dos parâmetros F, Kc, Ic, Dd e Is, foram classificados com base na literatura (Tabela 2).

Os valores de altitude mínimo, médio e máximo, e o relevo, foram mensurados utilizando imagem Alos e o software QGIS, porém, com procedimentos diferentes. As altitudes mínima e máxima, foram obtidas diretamente da imagem, a altitude média foi obtida com a ferramenta 'Estatística por zona', e o relevo com a ferramenta 'Modelo Digital de Elevação'. Posteriormente, o relevo foi classificado de acordo com a declividade: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%) e montanhoso (45-75%), (Santos *et al.*, 2013).

2.3 Índice de desmatamento

O índice de desmatamento foi realizado na microbacia e nas áreas de preservação permanente dos cursos d'água e nascentes, levan-

Tabela 1 Descrição dos parâmetros morfométricos determinados para microbacia do rio Manicoré

Características geométricas e de relevo			
Parâmetro	Equação	Descrição	Autor
Área (km ²)	*	Área em projeção horizontal delimitada por seus divisores topográficos.	-
Perímetro (km)	*	Comprimento da linha divisora de águas que limita a bacia hidrográfica.	-
Altitude (m)	*	É a distância vertical medida entre um determinado ponto, e o nível médio do mar.	1
Relevo	*	É uma feição contínua e tridimensional da paisagem, representado por pontos cotados.	1
Fator de forma (F)	$F = \frac{A}{L^2}$	A: área de drenagem (km ²); e L: comprimento do eixo da bacia (km).	2
Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$	P: perímetro (km); e A: área de drenagem (km ²).	2
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = \frac{12,57 \times A}{P^2}$	A: área de drenagem (km ²); e P: perímetro (km).	3
Características da rede de drenagem			
Padrão de drenagem	*	Aspecto do traçado do conjunto dos talwegues da bacia hidrográfica.	4
Ordem dos cursos d'água	*	É a ordenação dos cursos d'água: 1 ^o ordem são canais sem tributários; 2 ^a ordem é formado pela junção de dois canais de 1 ^a ordem; 3 ^a ordem é formado pela junção de dois canais de 2 ^a ordem; e assim sucessivamente.	5
Densidade de drenagem (Dd) (km km ⁻²)	$Dd = \frac{L}{A}$	L: comprimento total dos canais (km); e A: área de drenagem total (km ²).	5
Densidade de nascentes (Dn)	$Dn = \frac{Nn}{A}$	Nn: número de nascentes; e A: área de drenagem total (km ²).	6
Índice de sinuosidade (Is) (%)	$Is = 100 \frac{(L - Ev)}{L}$	L: comprimento do rio principal (km); e Ev: distância vetorial entre os pontos extremos do talvegue (km).	2
Tempo de concentração (Tc) (h)	$Tc = \left[0,87 \times \left(\frac{L^3}{H} \right) \right]^{0,385}$	L: comprimento do talvegue principal (km); e H: desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (km).	7

1) Veiga et al. (2012); 2) Villela e Mattos (1975); 3) Schumm (1956); 4) Parvis (1950); 5) Horton (1945); 6) Machado e Souza (2005); 7) Kirpich (1940); * Dados obtidos por geoprocessamento

do-se em consideração os anos de 1985, 1995 e 2005, com imagens do satélite Landsat 5 (resolução espacial de 30 m, resolução radiométrica de 8 bits e bandas 3 e 4), e o ano de 2015, com imagens do satélite Landsat 8 (resolução espacial de 30 m, resolução radiométrica de

16 bits e bandas 4 e 5). As imagens, localizadas na órbita 231 e ponto 68 (USGS, 2017), correspondem aos meses de agosto a setembro, por terem a menor incidência de nuvens.

Para cada ano foi calculado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI),

Tabela 2 Valores de referência para classificação de parâmetros geométricos e de drenagem

Parâmetro	Limite	Classe	Autor
Fator de forma (F)	< 0,50	Não sujeito a enchentes	1
	0,50 – 0,75	Tendência mediana a enchentes	
	0,76 – 1,00	Sujeito a enchentes	
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,00 – 1,25	Alta propensão a enchentes	1
	1,26 – 1,50	Tendência mediana a enchentes	
	> 1,50	Não sujeito a enchentes	
Índice de circularidade (Ic)	0,36 – 0,50	Forma alongada	2
	0,51 – 0,75	Forma intermediária	
	0,76 – 1,00	Forma circular	
Densidade de drenagem (Dd)	< 0,50	Baixa	3
	0,50 – 2,00	Média	
	2,01 – 3,50	Alta	
	> 3,50	Muito alta	
Índice de sinuosidade (Is)	< 20	Muito reto	4
	20 – 29	Reto	
	30 – 39,9	Divagante	
	40 – 49,95	Sinuoso	
	> 50	Muito sinuoso	

1) Lima Júnior et al. (2012); 2) Silva (2012); 3) Beltrame (1994); 4) Romero et al. (2017)

(Equação 1), (Rouse, 1973), que leva em consideração a densidade de cobertura vegetal. Para esta mensuração utilizou-se o software QGIS.

$$NDVI = \frac{IP - V}{IP + V} \quad (1)$$

Onde: *IP*: Infravermelho Próximo (B4 = Landsat 5; B5 = Landsat 8); *V*: vermelho (B3 = Landsat 5; B4 = Landsat 8).

Para auxiliar na classificação, realizou-se uma correlação dos pixels com as classes de cobertura (Floresta, Área antropizada e Água) utilizando observações de campo, com pontos de controle (N = 20) georreferenciados com GPS 60CSx. Para a delimitação das áreas ciliares considerou-se a faixa de 50 m em raio

na nascente e 30 m em cada lado dos cursos de água, visto que não ultrapassam 10 m de largura (Brasil, 2012).

3. Resultados e discussão

Os resultados das características geométricas denotam que a microbacia do rio Tinguí tem área de 111,26 km², perímetro de 54,05 km, fator de forma de 0,45, coeficiente de compacidade de 1,43 e índice de circularidade de 0,48.

Estas características sugerem que a microbacia tem uma forma mais alongada, contribuindo para o processo de escoamento (Schumm, 1956), com tendências medianas a enchentes, segundo o coeficiente de compaci-

dade, e baixa suscetibilidade a enchentes, segundo o fator de forma (Tucci, 1997). Contudo, recomenda-se estudos mais detalhados para melhor compreensão da dinâmica hidrológica da microbacia, principalmente com relação a capacidade de infiltração de água no solo, distribuição (temporal e espacial) e intensidade pluviométrica.

Ao analisar os parâmetros de relevo, constatou-se que a microbacia tem altitude

mínima de 288 m, média de 362 m e máxima de 491 m (Figura 2). As informações de altitude são necessárias para entender a dinâmica da microbacia, visto que a altitude influencia diretamente na incidência de radiação, evapotranspiração, precipitação e clima (Silva Neto *et al.*, 2013). Estes autores observaram a importância da altitude no auxílio referente a agricultura, uma vez que a resposta das culturas é dependente da disponibilidade de água.

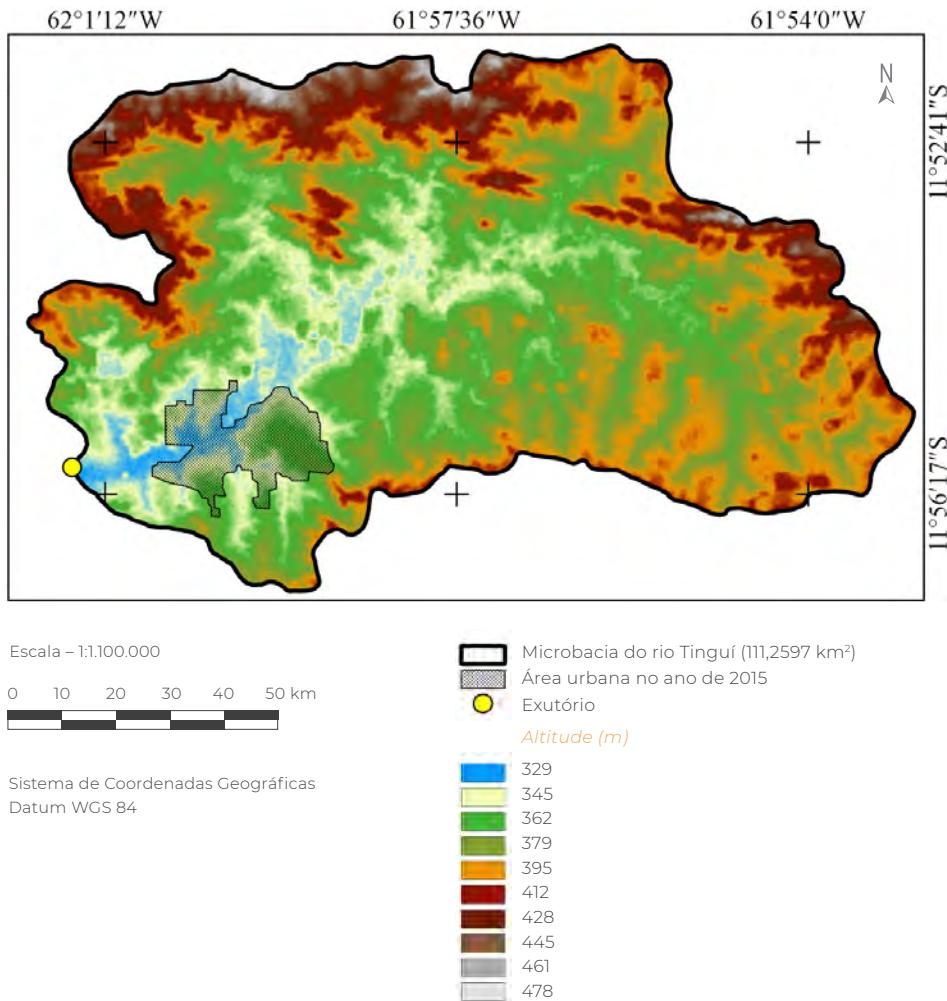


Figura 2 Hipsometria da microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

A declividade variou de 0 a 56 %, havendo, portanto, relevos planos a montanhosos, com predominância dos relevos suave ondulado (41,5 %) e ondulado (40,1 %), (Figura 3).

Resultados de declividade similares foram encontrados por Silva *et al.* (2014), na bacia hidrográfica do rio Cacau - MA. Estes autores descrevem que relevos mais planos são responsáveis por reduzir o tempo do escoamento superficial, amenizando a magnitude das

enchentes. Essas informações, ao serem relacionadas com dados de uso e ocupação do solo, precipitação e características do solo, possibilitam avaliar o nível de suscetibilidade da área a erosão hídrica (Paes e Manzione, 2011).

Levando-se em consideração que o relevo predominante na microbacia varia de plano a ondulado (94,07 %), (Figura 3), constata-se que o relevo não é um fator limitante para infiltração de água no solo, tendendo a reduções do poten-

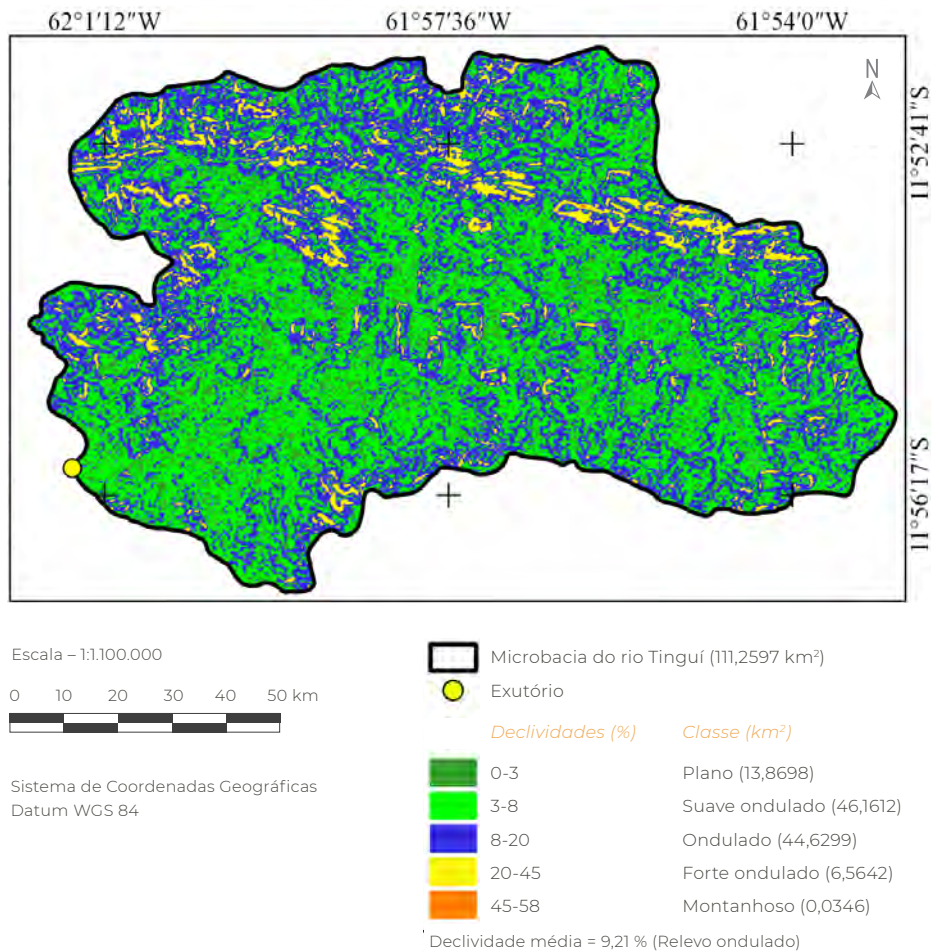


Figura 3 Declividade da microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

cial de escoamento superficial. Nessas condições, podem ser observados a redução dos processos erosivos e assoreamento dos cursos d'água, como observado por Pinto (2015), na bacia hidrográfica do rio Sararé (MT). Contudo, é importante ressaltar que podem ocorrer reduções com a taxa de infiltração e o aumento do escoamento superficial, devido a problemas com compactação do solo (Hamza e Anderson, 2005; Klein e Klein, 2014).

Estudos em Rondônia demonstra que o escoamento superficial ocorre nas pastagens, mesmo nas áreas planas, devido ao solo muito compactado, e trilhas de bovinos que direcionam a água diretamente para os igarapés (Biggs *et al*, 2006). Bacias com relevo plano

a ondulado tem mais escoamento produzido através do '*saturation overland flow*', onde a água subterrânea intercepta o curso de água e as áreas ciliares (Dunne e Leopold, 1978). Investigações nos processos hidrológicos devem ter foco em escoamento superficial nas pastagens, e em nas áreas de mata e nas pastagens.

Com relação as características de drenagem, verifica-se que a microbacia tem 327 nascentes (Figura 4), que abastecem os cursos de água, formando uma drenagem de padrão dendrítico de 5ª ordem (Figura 5), com densidade de drenagem de 2,15 km km⁻², índice de sinuosidade de 1,76 (76%) e tempo de concentração de 8 horas e 5 minutos. É interessante ressaltar que as 327 nascentes se encontram

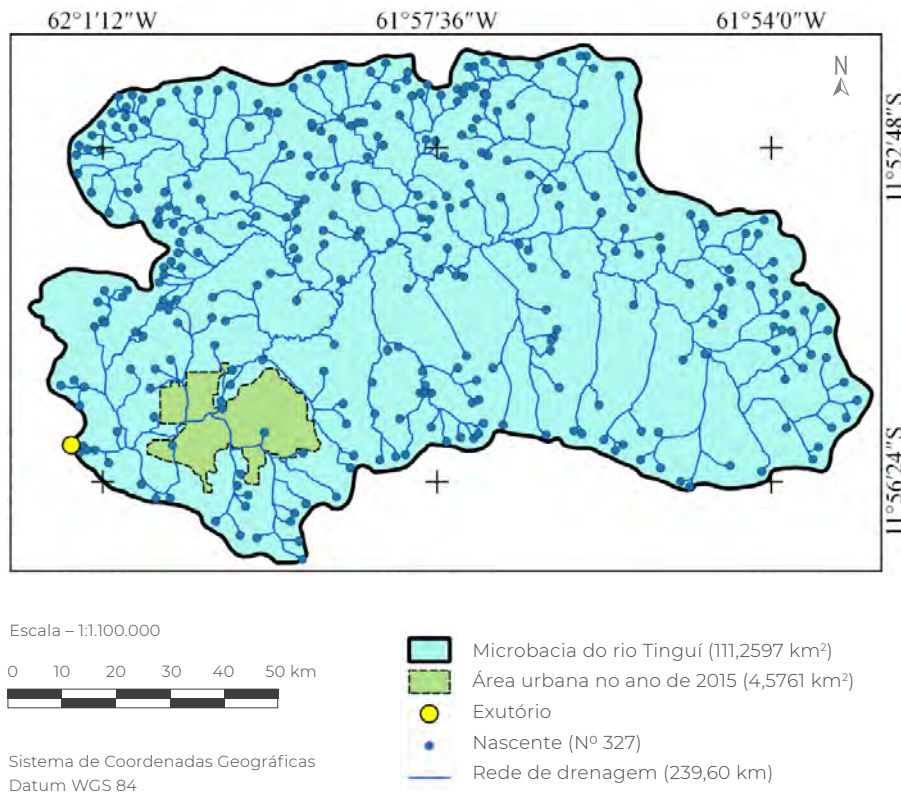


Figura 4 Distribuição espacial das nascentes na microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

bem distribuídas em toda microbacia, resultando em uma densidade de 2,94 nascentes km^{-2} (Figura 4).

O padrão de drenagem encontrado na microbacia assemelha-se ao constatado por Silva Neto *et al.* (2013) na bacia do rio Gramame, indicando um sistema de drenagem bem ramificado. Essas características geralmente ocorrem em regiões que tem rochas de baixa permeabilidade, alto índice pluviométrico e chuvas de alta intensidade (Pinheiro *et al.*, 2011).

O número de ordens desta microbacia (Figura 5) está diretamente relacionada com as características do relevo, que tem 53,96% da área nas classes plano a suave ondulado. Nes-

as condições a água proveniente da precipitação tende a não ter caminhos definidos para escoamento, tendendo a criar vários canais de escoamento.

A microbacia tem alta capacidade de escoamento da água proveniente das precipitações, devido ao grande número de ordens e alta densidade de drenagem. A elevada densidade de drenagem, associada ao número de nascentes (327), demonstra que a região tem boa distribuição dos recursos hídricos, denotando potencial para implantação de sistemas de irrigação na agropecuária. Contudo, recomendando-se análises de vazões ao longo do ano, para provar a hipótese e avaliar a quantidade de água que será disponível para uso.

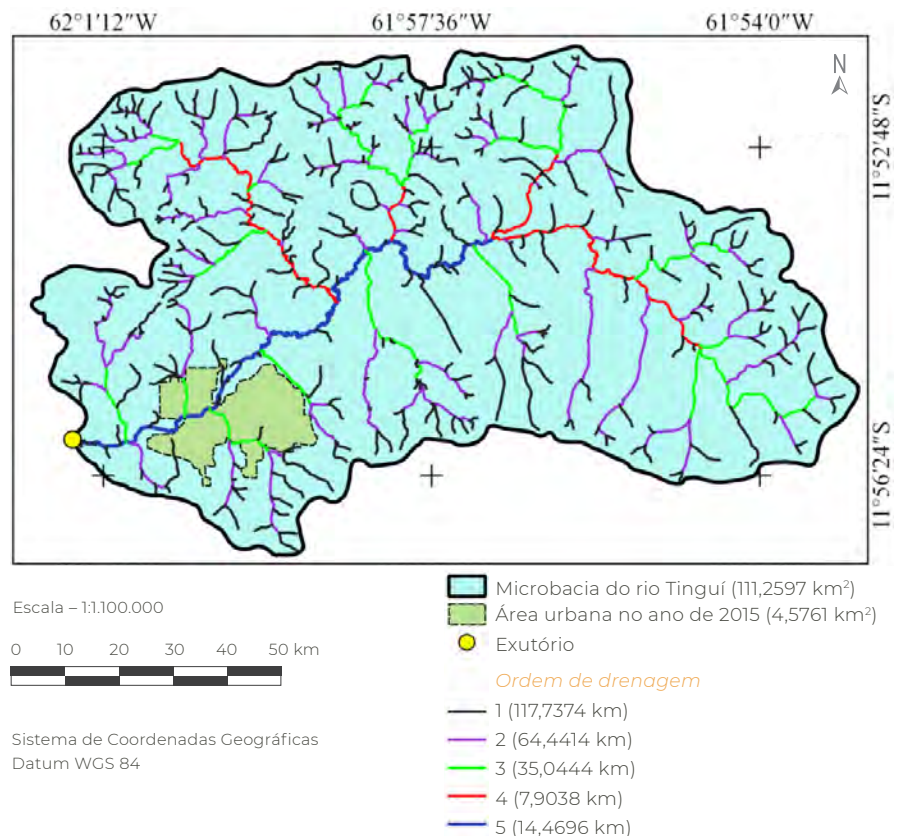


Figura 5 Rede de drenagem e ordem dos cursos d'água da microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

O índice de sinuosidade da microbacia é considerado muito sinuoso. Esse dado sugere que a bacia tem drenagem lenta, e explica porque o tempo de concentração é de 8 horas e 5 minutos para percorrer 26,2 km, ou seja, teoricamente é necessário esse tempo para que a água precipitada no ponto mais distante da microbacia (fz) leva para chegar ao exutório, alcançando o potencial máximo da enchente, considerado condições normais de intensidades pluviométricas.

Essas informações são relevantes em função da localização da área urbana do município de Alta Floresta D'Oeste, que se encontra próximo ao ponto mais baixo da microbacia, estando propensa a enchentes, como ocorrido no ano de 2009 (Figura 6).

Para a redução dos prejuízos ocasionados pela enchente na área urbana do município, é necessário a realocação dos moradores que estão localizados em áreas de risco. E para redução do risco de enchentes na área urbana recomenda-se a adoção de práticas integradas, destacando-se a recuperação de áreas de matas ciliares e manejos conservacionistas,

que possibilitem a redução do escoamento superficial e o aumento da infiltração de água no solo, como curvas de nível, plantio em contorno, recuperação e manejo de pastagens degradadas (Wadt *et al.*, 2003).

A microbacia do rio Tinguí teve uma redução da área de floresta nativa de 1985 a 2005, porém, a partir deste ano ocorreu um incremento de florestas até o ano de 2015. Resultados inversos foram observados com relação as áreas antropizadas, como esperado, tendo em vista que estas classes estão diretamente relacionadas, como uma balança, quando uma aumenta a outra tende a diminuir, e vice-versa. Ao analisar a dinâmica temporal das áreas de espelho de água, constatou-se que nos anos de 1985 e 1995 não era possível identificar esta classe nas imagens do satélite, devido a densidade de vegetação que as protegiam, contudo, nos anos de 2005 e 2015 observou áreas de 0,2 e 0,6 km² de espelho d'água, respectivamente (Figura 7).

Os resultados obtidos da análise do índice de desmatamento, mostram uma coerência com o processo de supressão das florestas



Figura 6 Enchente no município de Alta Floresta D'Oeste no ano de 2009, após precipitação com período acima de 8 horas. Fonte: Guizolfe, 2017

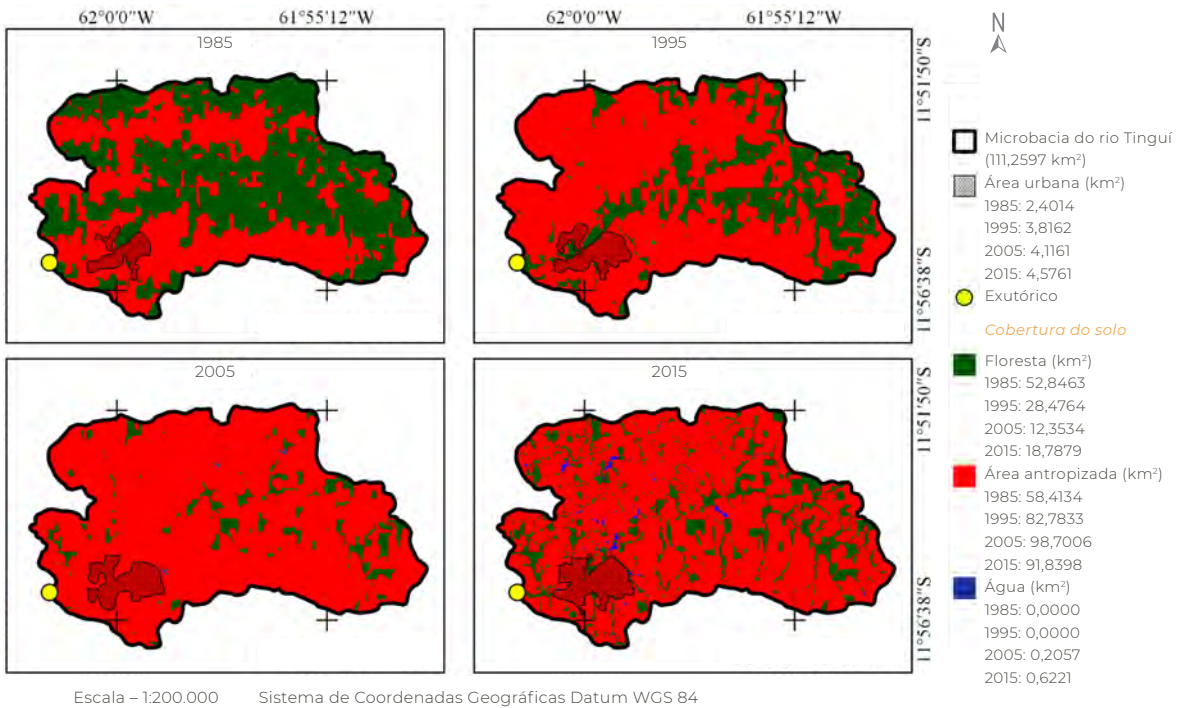


Figura 7 Índice de desmatamento nas áreas de matas ciliares na microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

nativas ocorrido nas últimas décadas na região, como demonstrado por Cavalheiro *et al.* (2015), na região da Zona da Mata Rondoniense, caracterizando um desflorestamento e antropização da microbacia crescentes até o ano de 2005.

Na década de 1980s, o desmatamento já era uma realidade no estado de Rondônia, devido as políticas de expansão das fronteiras agrícolas, fomentada pelo governo para a ocupação territorial rondoniense (Otoni, 2015). Essas políticas que não visavam um desenvolvimento sustentável, explicam o desmatamento crescente na microbacia do rio Tinguí, onde em intervalos de 10 anos a vegetação foi reduzida à metade, com área de vegetação nativa de 28,5 km² no ano de 1995 e 12,4 km² em 2005, consequentemente aumentando a área antropizada e a expansão da área urbana do município de Alta Floresta D'Oeste.

Com base na crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável, Becker (2005) observou que a principal maneira de solucionar os efeitos negativos causados pelas políticas tradicionais de ocupação territorial, é dar foco a legislação ambiental para recuperação e proteção dos ecossistemas amazônicos.

A floresta tem papel fundamental no controle da erosão e na quantidade e qualidade da água, ocorre devido as atividades realizadas pelas raízes, favorecendo as atividades microbiológicas, proporcionando maiores concentrações de matéria orgânica, que favorece a formação de micro e macroporosidade, melhorando a infiltração da água no solo, enquanto que o desmatamento causa um efeito contrário, devido à compactação do solo (Bacellar, 2005).

Ao avaliar a dinâmica temporal de desmatamento nas áreas de matas ciliares, verificou-se o comportamento semelhante ao ocorrido em toda a área da microbacia, com acréscimo de 4,37 km² de floresta de 2005 a 2015 (Figura 8). O incremento de áreas florestais as margens dos cursos d'água e nascentes, indicam melhoria na qualidade e quantidade de água disponível para as populações, visto que, as matas ciliares atuam como filtro de partículas sólidas contendo impurezas e contaminantes, oriundos principalmente das atividades agropecuárias (Martins e Dias, 2001). A mata ciliar também permite o ancoramento das partículas de solo nas margens dos cursos de água, através de uma rede formada pelos sistemas radiculares, estabilizando o solo (Couto *et al.*, 2010).

A maior capacidade de infiltração e retenção de água no solo está relacionada com a menor densidade do solo e maior teor de matéria orgânica nas áreas de florestas da região, como observado por Vendruscolo (2012) na microbacia do rio D'Alincourt. Áreas florestais, quando comparadas com áreas de agropecuária, tendem a apresentar maior capacidade de infiltração e armazenamento de água (Bacellar, 2005), reduzindo os riscos de enchentes ao mesmo tempo que reduz os riscos de escassez hídrica, por possibilitar o abastecimento do lençol freático ao longo do ano.

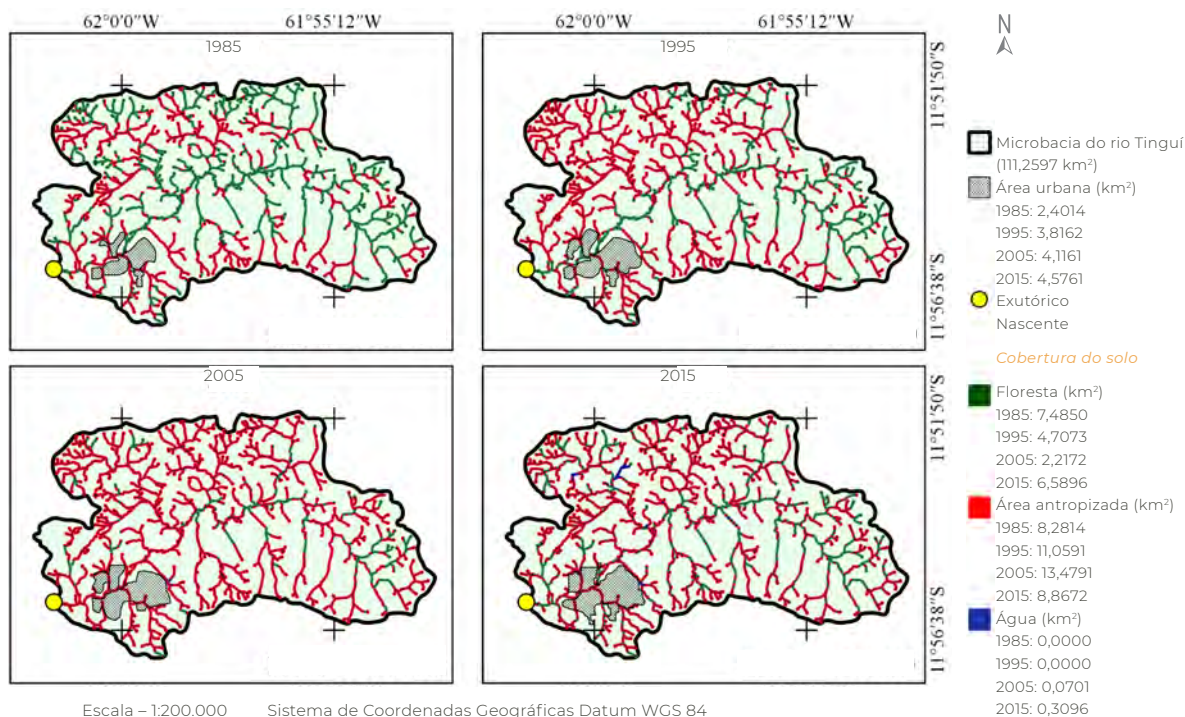


Figura 8 Índice de desmatamento na microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

4. Conclusão

A microbacia tem características morfométricas que denotam de baixa à média suscetibilidade a enchente, contudo, também tem alto índice pluviométrico, sendo recomendado a adoção de práticas vegetativas, edáficas e mecânicas para reduzir os riscos.

O desmatamento na microbacia do rio Tinguí tem valores crescentes de 1985 a 2005,

abrangendo 88,71 % da área total. Para o ano de 2015 houve um acréscimo na área de floresta nativa de 6,43 km² em relação ao ano de 2005, principalmente nas áreas de matas ciliares (4,37 km²). Investigações no futuro devem analisar o efeito do desmatamento e reflorestamento na magnitude e frequência de enchentes, para quantificar o valor de serviços ecossistêmicos da floresta amazônica.

5. Agradecimentos

Ao Laboratório de Geotecnologia (LabGeotec) e ao grupo de pesquisa em Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA), Universidade Federal de Rondônia, *campus* de Rolim de Moura por disponibilizar o espaço e equipamentos para o processamento e análise dos dados.

6. 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.
- ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF). 2017. Disponível em: <<https://www.asf.alaska.edu/>>. [Consulta: setembro, 2017].
- BACELLAR, L. A. P. 2005. "O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas". *Geo. br*, 1(1) 1-39.
- BECKER, B. K. 2005. "Geopolítica da Amazônia". *Estudos avançados*, 19(53): 71-86.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.
- BIGGS, T. W.; DUNNE, T. & T. MURAOKA. 2006. "Transport of water, solutes, and nutrients from a pasture hillslope, southwestern Brazilian Amazon". *Hydrological Processes*, 20: 2.527-2.547, 10.1002/hyp.6214.
- BRASIL. 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.
- 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.

- CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. e V. A. OLIVEIRA. 2012. "Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(4): 433-442.
- 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.
- COUTO, L.; GONÇALVES, W.; COELHO, A. T.; PAULA, C. C.; GARCIA, R.; AZEVEDO, R. F.; LOCATELLI, M. V.; ADVÍNCULA, T. G. L.; BRUNETTA, J. M. F. C.; COSTA, C. A. B.; GOMIDE, L. C. e P. H. MOTTA. 2010. "Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil". In: *Boletim Técnico CBCN*, n. 001. Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A. e R. C. PAULA. 2005. "Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo". *Brasil. Eng. Agríc.*, 25(1): 115-125.
- DUNNE, T. & L. B. LEOPOLD. 1978. *Water in Environmental Planning*. W. H. Freeman and Company. New York, USA.
- FERRARI, J.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R. e R. F. GARCIA. 2013. "Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES". *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8(2): 181-188.
- FERREIRA JUNIOR, O. 1998. *Geo Studio Tecnologia Ltda. Belo Horizonte, MG – Brasil*. Registro INPI nº 28.820. Disponível em: <<http://www.trackmaker.com/main/pt/>>. [Consulta: outubro, 2017].
- GUIZOLFE, A. 2017. Emergência: Após mais de oito horas de chuva Alta Floresta enfrenta nova enchente. Disponível em: <http://rondoniaovivo.com/interior/alta-floresta-doeste/noticia/emergencia-apos-mais-de-oito-horas-de-chuva-alta-floresta-enfrenta-nova-enchente-confira-fotos/59071>.
- HAMZA, M. A. & W. K. ANDERSON. 2005. "Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions". *Soil and tillage research*, 82: 121-145.
- 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). 2012. *Manual técnico da vegetação brasileira*. 2º ed. Rio de Janeiro, Brasil.
- KIRPICH, Z. P. 1940. "Time of concentration in small agricultural watersheds". *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- KLEIN, C. e V. A. KLEIN. 2014. "Influência do manejo do solo na infiltração de água". *Revista Monografias Ambientais*, 13(5), 3.915-3.925.
- 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)*. 1-7. Tocantins, Brasil. (19-21 de outubro).
- LINHARES, C. A.; SOARES, J. V. e G. T. BATISTA. 2005. Influência do desmatamento na dinâmica da resposta hidrológica na bacia do Ji-Paraná. *XII Simpósio de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. 3.097-3.105. Goiânia, Goiás, Brasil.
- MACHADO, G. e J. SOUZA. 2005. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Chôco-Ibaiti-PR. *Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina*. 8.366-8.382.

- MARTINS, S. V. e H. C. T. DIAS. 2001. "Importância das florestas para a qualidade e quantidade da água". *Revista Ação Ambiental*, 4(20): 14-16.
- OTONI, K. B. 2015. *Desmatamento em áreas protegidas no Estado de Rondônia*. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestais. Brasília, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação.
- PAES, R. e L. MANZIONE, L. 2011. Geração de mapas de declive e análise dos padrões geomorfológicos na bacia do Ribeirão da Onça, Brotas/SP a partir de dados topográficos em diferentes escalas. *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. pp. 5.148. Curitiba, Brasil.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- PINHEIRO, R. C.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. O. A.; MINGOTI, R. e I. P. SANTOS. 2011. "Ocupação e caracterização hidrológica da microbacia do córrego Ipaneminha, Sorocaba - SP". *Irriga*, 16(3): 234-245.
- PINTO, V. R. 2015. *Caracterização morfométrica e capacidade de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Sararé, sudoeste do Estado do Mato Grosso*. Universidade do Estado do Mato Grosso. Cáceres, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- PIONTEKOWSKI, V. J.; MATRICARDI, E. A. T.; PEDLOWSKI, M. A. e L. C. FERNANDES. 2014. "Avaliação do desmatamento no Estado de Rondônia entre 2001 e 2011". *Floresta e Ambiente*, 21(3): 297-306.
- PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. e M. E. DEL PRETTE. 2002. "A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais". In: A. SCHIAVETTI e A. F. M. CAMARGO (Eds). *Conceito de bacias hidrográficas: Teorias e aplicações*. pp. 17-35. Editus. Ilhéus, Brasil.
- PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; POLITANO, W. e J. A. GALBIATTI. 2010. "Morfo-metria de microbacias do córrego Rico, afluente do rio Mogi- Ghaçu, Estado de São Paulo, Brasil". *Revista Árvore*, 34(4): 669-676.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M. e F. F. N. MARCUZZO. 2017. "Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO". *Ciência e Natura*, 39(2): 320-340.
- ROUSE, J. 1973. Monitoring vegetation system in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third ERTS Symposium, Goddard Space Flight Center*. pp. 309-317. NASA.
- SANTOS, E. A. 2010. *Influência do uso do solo no regime hidrológico da bacia do rio Lontra*. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. e S. H. SHINIZU. 2013. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SCHUMM, S. A. 1956. "Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy, New Jersey". *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.
- SCHUTZ, F. C. A. e L. U. JACQUES. 2016. "Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do Rio Alegria/PR". *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, 2(14): 47-59.
- SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2012. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. SEDAM, Porto Velho. 2: 151 p. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/110424383/Atlas-Geoambiental-de-Rondonia>. [Consulta: janeiro, 2017].

- SILVA NETO, A. F.; GUIMARÃES, C. L.; ARAÚJO, J. S. e J. S. ARAÚJO. 2013. Geotecnologias para a caracterização morfométrica de bacia hidrográfica. *XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. 5.483-5.490. Foz do Iguaçu, Brasil.
- SILVA, A. R.; SILVA, M. F. e L. C. A. SANTOS. 2014. "Caracterização morfométrica do rio Cacaú - MA". *Revista Percurso*, 6(2): 141- 153.
- SILVA, Q. D. 2012. *Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão*. Departamento de Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, São Paulo. Tese de Doutorado em Geografia.
- TUCCI, C. E. M. 1997. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. (2 ed). Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH, v. 4) / Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: earthexplorer.usgs.gov
- VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z. e P. L. FAGGION. 2012. *Fundamentos de topografia*. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.
- VENDRUSCOLO, J. 2012. *Atributos físicos e químicos de diferentes tipos de solos sob quatro coberturas vegetais na área ciliar do igarapé D'Alincourt-RO*. Universidade Federal da Paraíba. Areias, Paraíba, Brasil. Dissertação de Mestrado em Manejo de Solo e Água.
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.
- WADT, P. G. S.; PEREIRA, J. E. S.; GONÇALVES, R. C.; SOUZA, C. B. C. e L. S. ALVES. 2003. *Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas*. Rio Branco, AC. Embrapa, Acre. Documentos, 90.