
Geoprocessamento aplicado

a hidromorfometria e índice de desflorestamento na microbacia do rio D’Alincourt, Amazônia Ocidental, Brasil

Geoprocésamiento aplicado a hidromorfometría
e índice de deforestación en la microcuenca del río D’Alincourt,
Amazonia Occidental, Brasil

Geoprocessing applied to hydrogeomorphometry
and deforestation index of the watershed of the D’Alincourt River,
Western Amazon, Brazil

André Felipe Silva

Kenia Michele de Quadros Tronco

Jhony Vendruscolo

José Neuton de Oliveira

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Diogo Martins Rosa

Rosalvo Stachiw

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar a morfométrica e a dinâmica de desmatamento na microbacia do rio D'Alincourt, Amazônia Ocidental. Foram calculados os parâmetros geométricos de relevo e drenagem utilizando dados altimétricos do projeto SRTM. A dinâmica de cobertura do solo foi calculada pela diferença do índice de vegetação em intervalos de dez anos, utilizando imagens dos satélites Landsat 5 e 8. A microbacia tem área de 5.867,61 ha, perímetro de 49,77 km, fator de forma de 0,16, índice de circularidade de 0,34, coeficiente de compacidade de 1,82, altitude de 210 m a 419 m, predomínio de relevo suave ondulado, drenagem dendrítica com 135,83 km, 4ª ordem, densidade de drenagem de 2,02 km km⁻², índice de sinuosidade de 1,80 e tempo de concentração de 7,25 h. O desmatamento acumulado na microbacia até 2005 foi de 75,96%, porém em 2015 houve um aumento de 4,47% de cobertura florestal.

Palavras-chave: recursos hídricos; antropização; floresta ombrófila aberta.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar la morfometría y la dinámica de deforestación en la microcuenca del río D'Alincourt, Amazonia Occidental. Se calcularon los parámetros geométricos de relieve y drenaje con datos altimétricos SRTM. La dinámica de cobertura del suelo fue calculada por la diferencia del índice de vegetación en intervalos de diez años, utilizando imágenes de los satélites Landsat 5 y 8. La microcuenca tiene área de 5.867,61 ha, perímetro de 49,77 km, factor de forma de 0,16, índice de circularidad de 0,34, coeficiente de compacidad de 1,82, altitud 210 m a 419 m, el predominio de relieve suave ondulado, drenaje dendrítico con 135,83 km, 4ª orden, densidad de drenaje de 2,02 km km⁻², índice de sinuosidad de 1,80 y tiempo de concentración de 7,25 h. La deforestación acumulada en la microcuenca hasta 2005 fue del 75,96%, pero en 2015 hubo un aumento del 4,47% de cobertura forestal.

Palabras clave: recursos hídricos; antropización; bosque ombrófilo abierto.

Abstract

The objective of this work was to analyze the morphometric and the dynamics of deforestation in the microbasin of D'Alincourt River, Western Amazonia. The geometric, relief and drainage parameters were calculated by using altimetric data from the SRTM project. Land cover dynamics were calculated by the difference of the vegetation index in 10-year intervals, by using images from the Landsat 5 and 8 satellites. The microbasin has an area of 5,867.61 ha, altitude from 210 m to 419 m, predominance of smooth undulating relief, drainage density of 2, 02 km km⁻². Cumulative deforestation in the microbasin until 2005 was 76%, but between 2005 and 2015 there was an increase of 4.5% in forest cover.

Key words: water resources; anthropization; open ombrophylous forest.

1. Introdução

Na década de 1970 ocorreu a migração de aproximadamente 230 mil imigrantes na região Amazônica, motivados com a promessa de terras fartas, baratas e férteis para agricultura (Cim, 2002). Com o desenvolvimento do setor primário, houve aumento da capacidade produtiva da região, formando áreas urbanas por meio dos Projetos Integrados de Colonização (PIC) como: Ji-Paraná, Vilhena, Pimenta Bueno, Cacoal, Rolim de Moura e outros (Henriques, 1984; Coy, 1988). O grande avanço em relação a ocupação territorial, resultou em problemas com desmatamentos desordenados.

O município de Rolim de Moura em 34 anos de emancipação apresentava 81,6% de sua área desmatada em 2011, afetando inclusive áreas de preservação permanente, como as matas ciliares (Cavalheiro *et al.*, 2015), que são fundamentais para proteção dos cursos d'água. A degradação destas áreas compromete o desenvolvimento sustentável, por afetar diretamente a qualidade e quantidade de água disponível para a zona rural e urbana.

Para mitigar os problemas ocasionados pelo desmatamento desordenado nos recursos hídricos, é necessário uma série de informações relacionadas com as características morfométricas e dinâmica de cobertura do solo. Estas informações podem ser obtidas por meio do uso integrado de sistemas de informação geográfica, sensoriamento remoto e geoprocessamento, apresentando resultados mais próximos da realidade quando comparados a técnicas manuais (Jenson e Domingues, 1988; Valeriano *et al.*, 2006; Merkel *et al.*, 2008).

O objetivo do presente trabalho foi realizar a caracterização morfométrica e a dinâmica de desmatamento na microbacia do rio D'Alincourt, Amazônia Ocidental, Brasil.

2. Material e métodos

O estudo foi realizado na microbacia do rio D'Alincourt, a partir do ponto de captação de água para abastecimento urbano do município de Rolim de Moura (Figura 1). O clima da região é classificado como Am (Monção) (Alvares *et al.*, 2014), com média anual da precipitação pluvial entre 1.650 e 1.850 mm ano⁻¹, temperatura do ar entre 24 e 26°C (SEDAM, 2010). Os solos são classificados como Latossolos Vermelhos eutrófico associado com Latossolos Vermelho-Amarelo distróficos (78,75%), Cambissolos distrófico associado com Argissolo Vermelho (15,88%) e Latossolos Vermelho distrófico associado com Latossolos Vermelho-Amarelo distróficos (5,37%), (SIPAM, 2006).

2.1 Características morfométricas

Foram realizadas análises geométricas (área, perímetro, fator de forma, coeficiente de compactidade e índice de circularidade), de relevo (altitude mínima, máxima e média, amplitude altimétrica e declividade), e de drenagem (padrão de drenagem, ordem dos cursos de água, densidade de drenagem, índice de sinuosidade e tempo de concentração).

A área e o perímetro foram obtidos utilizando o software QGIS 2.10.1 (versão Pisa) (QGIS Development Team, 2015), com os dados altimétricos do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução de 30 m (USGS, 2017), e a ferramenta *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM). Posteriormente, o perímetro foi ajustado no *Google Earth Pro*[®], levando-se em consideração os sulcos naturais do terreno (Vendruscolo, 2011).

O fator de forma relaciona a forma da microbacia com um retângulo e corresponde à razão entre a largura média e o comprimento axial da microbacia. Este parâmetro foi calculado com a equação 1 (Villela e Mattos, 1975).

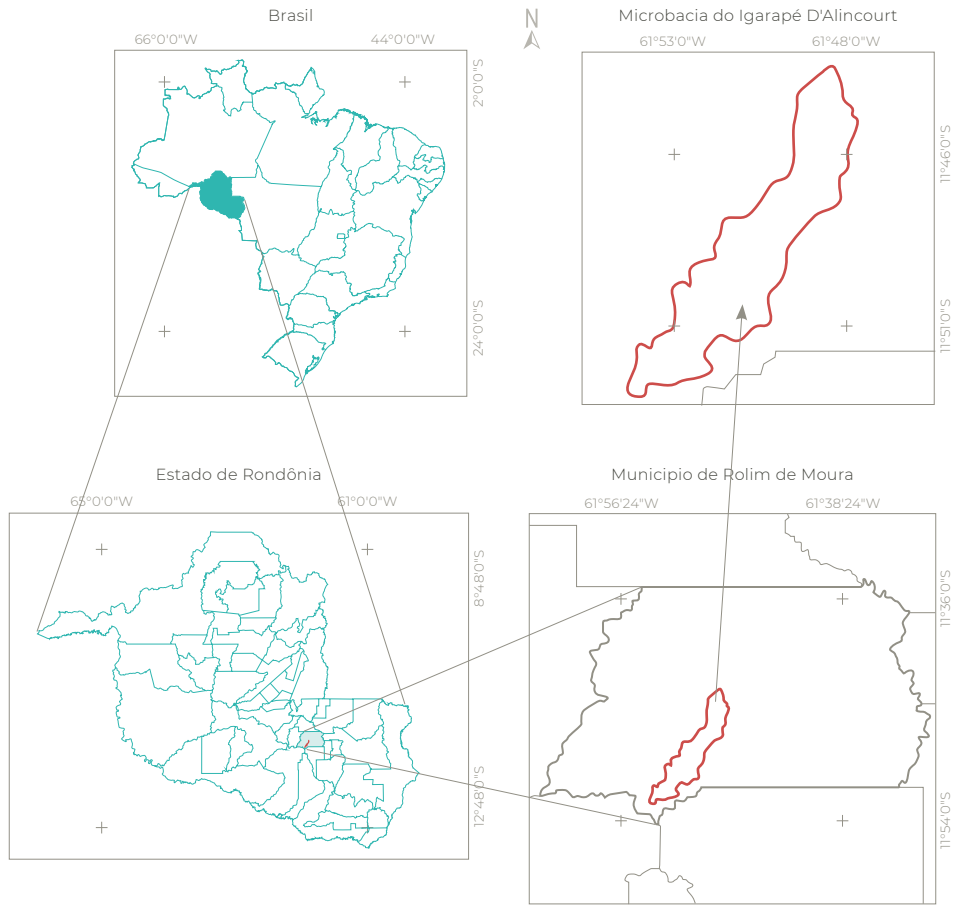


Figura 1 Localização da microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

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

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

O índice de circularidade aproxima-se de 1 à medida que a forma da microbacia se torna mais circular e afasta-se de 1 à medida que se torna mais alongada (Cardoso *et al.*, 2006). Este parâmetro foi calculado com a equação 2 (Schumm, 1956).

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

Onde: IC = índice de circularidade; A = área de drenagem da microbacia (km²) e; P = perímetro da microbacia (km).

O coeficiente de compacidade constitui a relação entre o perímetro da microbacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da microbacia (Cardoso *et al.*, 2006), e foi obtido pela equação 3 (Villela e Mattos, 1975).

$$Kc = 0,28 \times (P/\sqrt{A}) \quad (3)$$

Onde: Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro da microbacia (km) e; A = área de drenagem da microbacia (km²).

Os valores de altitude foram obtidos com os dados do SRTM, utilizando a ferramenta 'estatística por zonas'. O relevo foi calculado com a função *slope* e classificado de acordo com a declividade: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%), montanhoso (45-75%) e escarpado (>75%), (Santos *et al.*, 2013).

O padrão de drenagem foi obtido em duas etapas. Na primeira, mapeou-se a rede hidrográfica utilizando o software *Google Earth Pro*[®], sendo utilizado 70 pontos de controle para ajuste e validação (Figura 2). Na segunda, classificou-se o padrão de drenagem, de acordo com Parvis (1950).

As ordens dos cursos de água foram classificadas manualmente, tendo como base a rede de drenagem obtida no *Google Earth Pro*[®] e o método de Strahler (1957). Neste método, os canais de segunda ordem se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, e assim sucessivamente.

A densidade de drenagem é a correlação do comprimento total dos canais ou rios com a área da microbacia (Christofolletti, 1980), e foi calculada com a equação 4 (Horton, 1945).

$$Dd = L/A \quad (4)$$

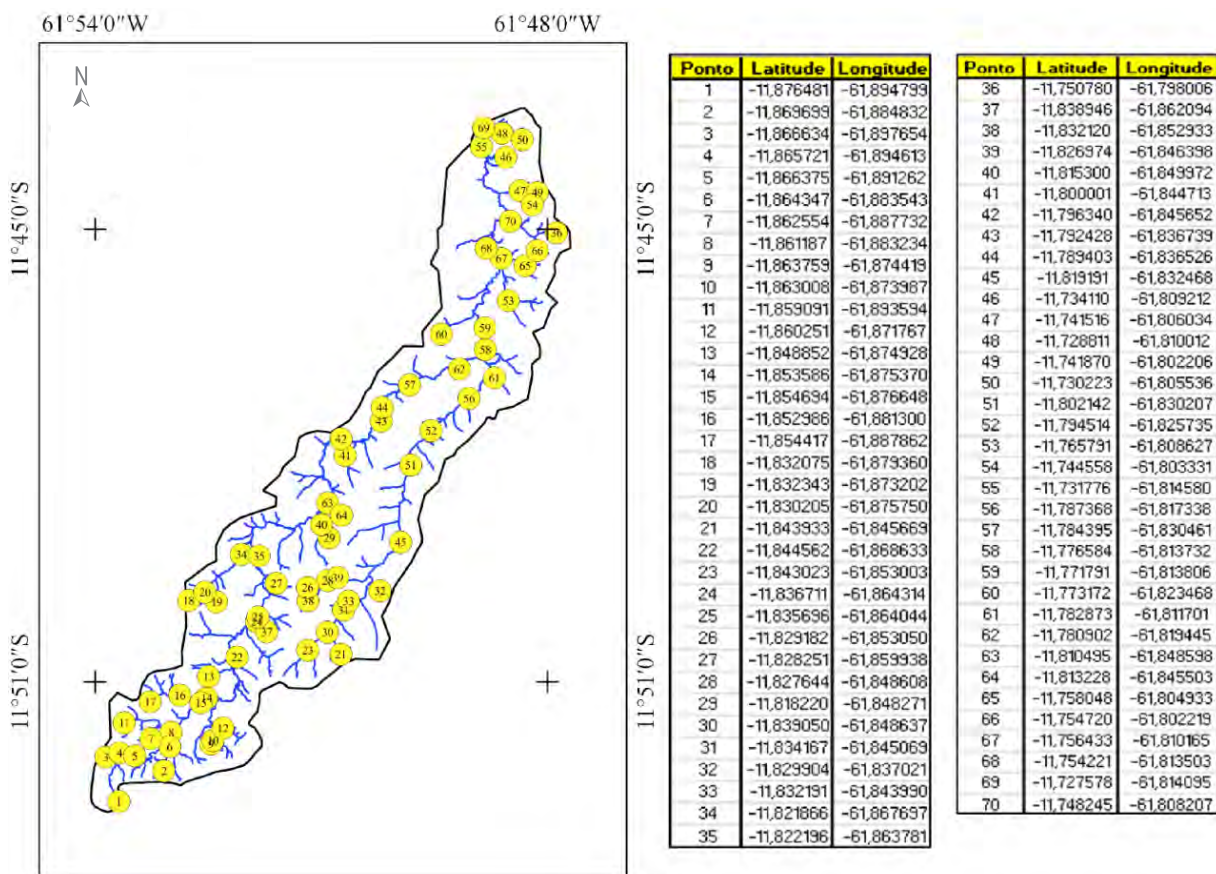


Figura 2 Pontos de controle para a validação da rede de drenagem na microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

Onde: Dd = densidade de drenagem (km km^{-2}); L = comprimento total dos rios ou canais da microbacia (km) e; A = área de drenagem da microbacia (km^2).

O índice de sinuosidade é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2016), e foi calculado com a equação 5 (Villela e Mattos, 1975).

$$Is = L/Dv \quad (5)$$

Onde: Is = índice de sinuosidade; L = comprimento do canal principal da microbacia (km) e; Dv = distância vetorial do canal principal da microbacia (km).

O tempo de concentração é o tempo necessário para o escoamento deslocar-se do ponto hidraulicamente mais distante da microbacia para a saída, sendo regulado pela combinação de inclinação, características da microbacia e caminho de fluxo (Kent *et al.*, 2010). Este parâmetro foi calculado com a equação 6 (Kirpich, 1940).

$$Tc = [0,87 \times (L^3/H)]^{0,385} \quad (6)$$

Onde: Tc = tempo de concentração (h); H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle da microbacia (m) e; L = comprimento do talvegu principal da microbacia (km).

2.2 Índice de desmatamento de 1985 a 2015

O índice de desmatamento foi realizado com imagens dos satélites Landsat 5 (1985, 1995 e 2005) e Landsat 8 (2015), (INPE, 2017), adqui-

ridas durante os meses de junho a agosto, por conterem menor incidência de nuvens (Tabela 1), e quando a pastagem esta em senescência, e por isso tem um reflectância diferente da mata.

Para o processamento dos dados foi utilizado o software QGIS 2.10.1 (versão Pisa), (QGIS *Development Team*, 2015) e o complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Foram realizadas as seguintes etapas: ajuste das imagens Landsat para reflectância da superfície e correção atmosférica, recorte da área de interesse para todas as bandas, criação de um *Band set* contendo todas as seis bandas e a classificação supervisionada. Para classificação coletou-se amostras por regiões de interesse (ROIs).

Foram criadas 2 categorias: Floresta e Desmatamento. Para cada categoria foram coletadas 50 amostras para as quais foram mantidas o *Range radius* de 0,01. Os primeiros 25 pontos foram gerados com tamanho mínimo e máximo do ROI igual a 40 e 100. Posteriormente, foi utilizado o algoritmo de classificação com a técnica máxima verossimilhança (MAXVER), para qual o valor do limiar foi de no mínimo 100. Para o cálculo das áreas utilizou-se a ferramenta 'calculadora de campo'.

3. Resultados e discussão

3.1 Características morfométricas

Os dados geométricos da área de estudo (Tabela 2), indicam que a microbacia tem índice de circularidade inferior a 0,51, sendo considerada alongada de acordo com Silva (2012).

Tabela 1 Características das imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, nos períodos de 1985 a 2015

Satélite	Resolução espacial (m)	Resolução radiométrica (bits)	Bandas utilizadas na classificação	Órbita	Ponto	Ano da Imagem
Landsat 5	30	8	1, 2, 3, 4, 5, 7	231	68	1985, 1995 e 2005
Landsat 8	30	16	2, 3, 4, 5, 6, 7	231	68	2015

Tabela 2 Características geométricas da microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

Característica geométrica	Unidade	Valor
Área	ha	5,867,61
Perímetro	km	49,77
Índice de circularidade	--	0,3418
Fator de forma	--	0,1618
Coefficiente de Compacidade	--	1,8192

O formato alongado permite que os fluxos de água cheguem ao ponto de exutório em tempos diferentes, de modo que os fluxos que se localizam na cabeceira levam mais tempo para chegar no exutório (Oliveira *et al.*, 2007). Assim, o formato alongado favorece o escoamento da água (Schumm, 1956).

Com relação ao coeficiente de compacidade, microbacias de forma circular, apresentam os valores mínimo de 1. Assim verifica-se que a área de estudo possui forma irregular e baixa propensão a enchentes (Tabela 2). Esses resultados corroboram com os dados obtidos por Villela e Mattos (1975), na bacia do Ribeirão do Lobo, no estado de São Paulo.

O valor observado no fator de forma (Tabela 2), encontra-se abaixo de 0,27, de modo que, a microbacia não está sujeita a enchentes e este resultado pode ser comparado com os obtidos nas sub-bacias Perdizes e Fojo, estudadas por Santos *et al.* (2012) no estado de São Paulo.

O índice de circularidade, o coeficiente de compacidade e o fator de forma indicam que o formato desta microbacia propicia menor concentração de deflúvio, menor risco de enchentes em condições normais de precipitação, menor probabilidade de uma grande quantidade de água vinda de diferentes tributários contribuir simultaneamente à calha principal, o que reduz o risco de extravasamento da água no canal (Villela e Mattos,

1975). Contudo, devido a maior extensão da área da microbacia ser antropizada, ela não está livre da ocorrência de enchentes, principalmente pela compactação do solo, resultado do manejo inadequado da agropecuária.

A microbacia possui rede de drenagem dendrítica, com cursos de água classificados de 4ª ordem, com destaque em relação ao comprimento para os cursos de 1ª ordem (Figura 3).

A ordem dos canais é uma classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia (Tucci, 2007). Quanto maior o grau de ramificação, maior é a ordem da microbacia. Estes resultados vão de encontro com a classificação de 5ª ordem na microbacia do rio Anta Atirada (Paula *et al.*, 2015), sendo essa microbacia, adjacente do D'Alincourt.

Com relação a densidade de drenagem (Tabela 3), constata-se que a área tem alta densidade de drenagem, conforme a classificação de Beltrame (1994). Esse resultado está relacionado com o alto índice pluviométrico e com as características do relevo (predominância de plano à suave ondulado), e sugere que a microbacia apresenta um grande potencial para uso agropecuário e abastecimento urbano, desde que sejam adotadas práticas de manejo conservacionista, para manutenção da quantidade e qualidade de água ao longo do ano.

O manejo conservacionista envolve práticas edáficas, mecânicas e vegetativas, sendo recomendado o uso de forma integrada. Dentre as práticas que podem ser adotadas na microbacia destacam-se a avaliação da qualidade do solo, para verificar a necessidade de correção e adubação (visando melhorar as condições edáficas), curva de nível, construção racional de estradas dentro das propriedades, construção de bacias de sedimentação, plantio em faixas e contorno, recuperação de áreas degradadas e matas ciliares.

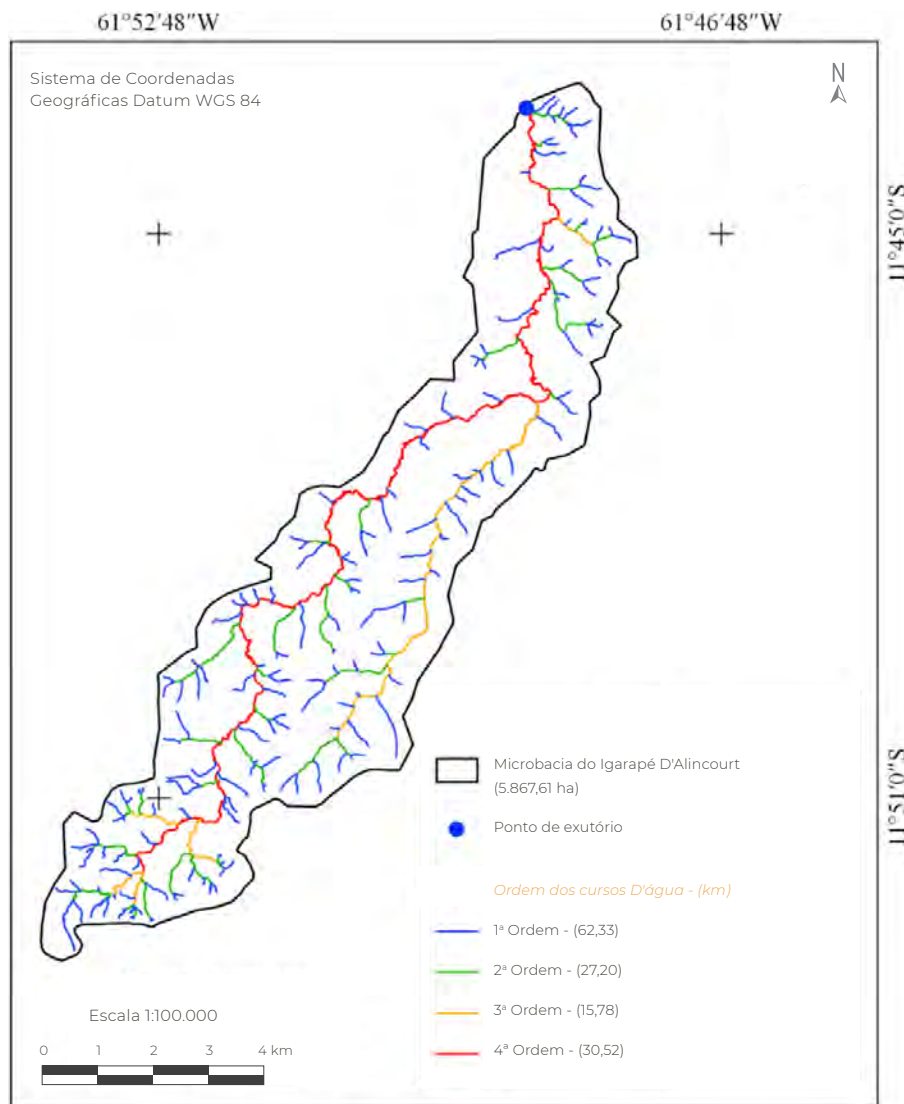


Figura 3 Ordem de drenagem da microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

Tabela 3 Características da rede de drenagem da microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

Características da rede de drenagem	Unidade	Valor ou descrição
Comprimento do curso de água principal	km	34,5391
Comprimento da rede de drenagem total	km	135,8283
Densidade de drenagem	km km ²	2,02
Índice de sinuosidade	--	1,80
Tempo de concentração	h	7,25

O índice de sinuosidade da rede de drenagem da microbacia do rio D'Alincourt (Tabela 3) é considerada sinuosa de acordo com classificação de Mansikkamäki (1972). Para Alves e Castro (2016), canais sinuosos retêm mais carga de sedimentos comparado a canais retilíneos. Assim, constata-se que a microbacia do rio D'Alincourt tem grande propensão de sedimentação de solos na parte interna dos meandros.

O parâmetro tempo de concentração reflete o tempo necessário para que toda a microbacia contribua para o escoamento superficial no exutório. Neste contexto, verifica-se que são necessárias 7 horas e 15 minutos de precipitação média a alta para atingir a enchente máxima (Tabela 3), precipitações assim comuns

na região durante os meses de dezembro a março (SEDAM, 2010).

A microbacia tem altitude mínima de 210 m, média de 273 m e máxima de 419 m, resultando em uma amplitude altimétrica de 209 m (Figura 4).

A altitude influencia o clima na região, pois, conforme se eleva a altitude, decresce a temperatura, sendo que esse fenômeno é resultado da redução da pressão atmosférica (Begon *et al.*, 2006).

Na microbacia do rio D'Alincourt constatou-se que a declividade variou de 0 a 90%, com classes de relevo entre plano e escarpado, e predominância de relevo suave ondulado (Figura 5).

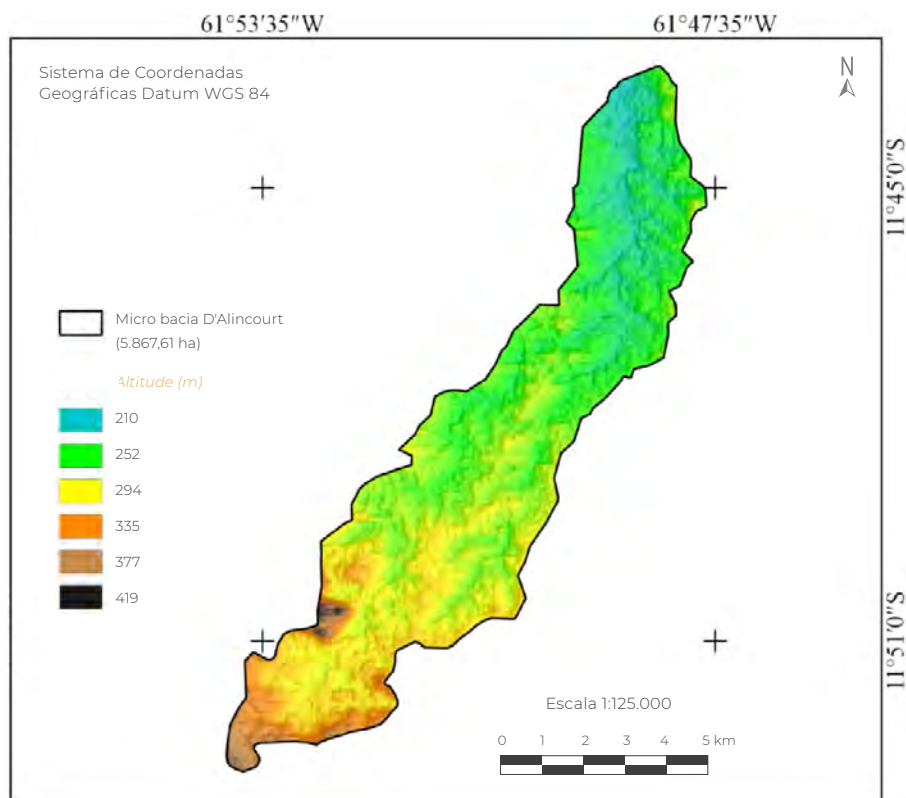


Figura 4 Mapa hipsométrico da microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

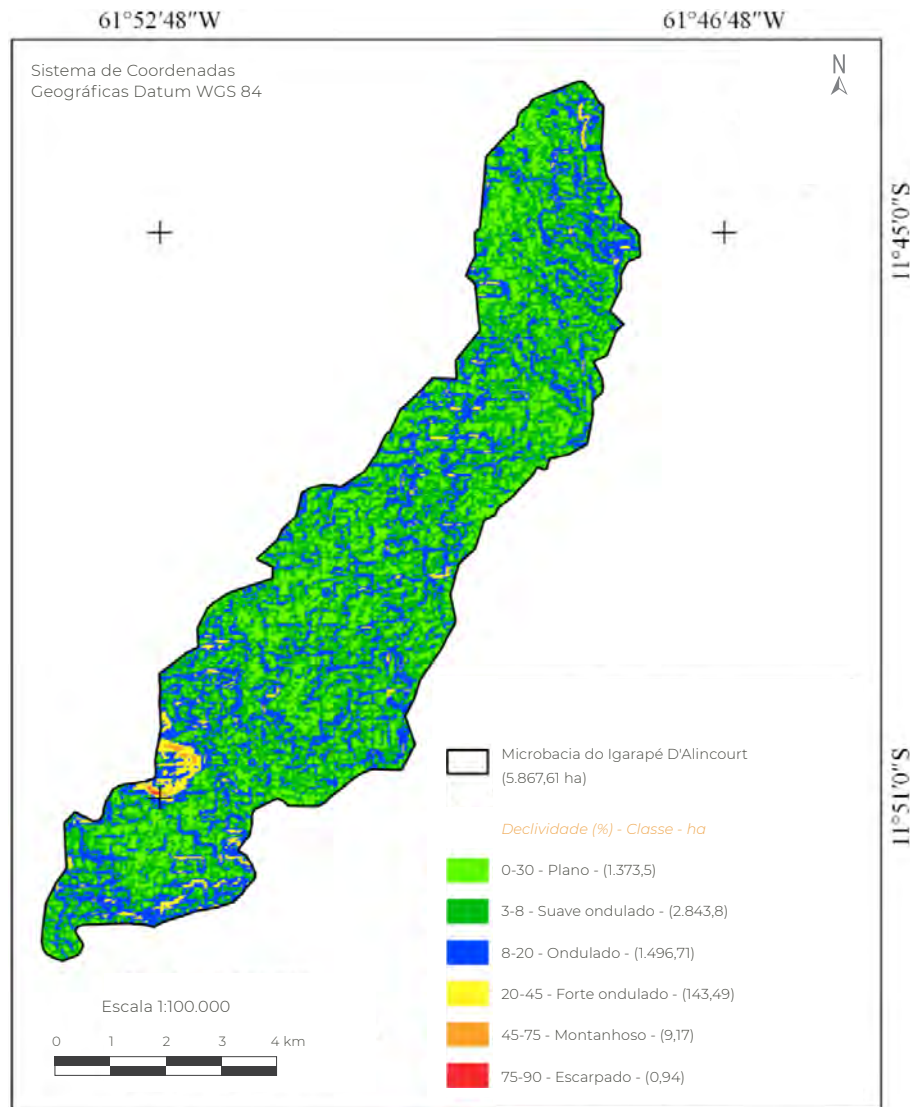


Figura 5 Classificação em relação a declividade da microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

A declividade determina a velocidade de escoamento superficial, controlando o tempo necessário para que a água precipitada alcance a rede de drenagem. Quanto maior a declividade, maior a velocidade de escoamento. Portanto, observa-se que a microbacia tende a não apresentar grandes velocidades de escoamento, reduzindo os riscos de enchentes (Feltran Filho e Lima, 2007).

As classes de relevo plano e suave ondulado, abrangem 71,87% da área total da microbacia e são comuns em regiões com Latossolos na microbacia. Essa característica influencia a distribuição do escoamento superficial, que geralmente ocorre de forma uniforme, favorecendo a formação da rede de drenagem do tipo dendrítico. O padrão de drenagem dendrítico é comum em regiões planas

(Almeida-Filho *et al.*, 2010) de grande representação na microbacia do rio D'Alincourt.

3.2 Índice de desmatamento de 1985 a 2015

A cobertura de floresta da microbacia passou por constante redução de 1985 a 2005, havendo um acréscimo de área florestal até o ano de 2015 (Figura 6).

Em 1985 a microbacia apresentava 67,78% da área coberta com floresta nativa e 31,22% de área desmatada. O desmatamento ocorrido até esse ano foi resultado do modelo de ocupação da região, visto que as propriedades eram distribuídas por meio de Projetos Integrados de Colonização do INCRA, geralmente com formato retangular (500 x 2.000 m), com área de 100 hectares, sendo a parte frontal separada por linhas vicinais sobre as quais foram estabelecidas as vias de acesso com estradas de terra (Henriques, 1984; Coy, 1988; Cim, 2002; Cunha e Moser, 2010).

A Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Brasil, 1965), vigente no início da época da ocupação das terras, exigia a manutenção de pelo menos 80% da cobertura florestal para propriedades situadas na Amazônia Legal. Neste contexto, verifica-se que em menos de duas décadas a vegetação correspondente a Reserva Legal já havia sofrido alterações, deixando claro que em muitos casos essa Lei foi desconsiderada. A revisão do Código Florestal em 2012 atualizou a cobertura florestal, mesmo em reservas legais como nas áreas de preservação permanente (APP).

No início da colonização a agricultura era voltada principalmente para cultivo de arroz, feijão e milho (ciclo curto) e café (ciclo longo) (Oliveira, 2016), contudo, ainda na primeira década de colonização houve mudança de uso do solo, com substituição de extensas áreas de

produção agrícola por pastagem (GTA, 2008). Essa mudança ocorreu devido a venda dos lotes para fazendeiros, resultando na concentração de terra acompanhada de crescimento no desmatamento (Coy, 1988; Cim, 2002). Diante deste cenário, o Banco Mundial sugeriu a redução do tamanho dos lotes, a fim de abrigar maior número de famílias e desencorajar o uso da terra para cultivo de pastagem (Fearnside, 1987).

Após 10 anos de exploração (1995), o desmatamento atingiu 61,52%, chegando a ultrapassar a área de floresta nativa que foi de 38,48%. Esses resultados estão atrelados a venda dos lotes para terceiros, provavelmente para formação de fazendas para criação de gado, visto que no ano de 1993, apenas 34,00% dos proprietários rurais que receberam lotes originais junto ao INCRA, ainda detinham o título definitivo emitido por essa instituição (Oliveira, 2016).

No ano de 2005 a área desmatada ocupava 75,96% da microbacia, confirmando um desmatamento crescente desde o ano de 1985. Esse pico de desmatamento culminou com a recuperação do plano real, que aumentou o crédito agrícola, incentivou a aquisição de grandes quantidades de terras para uso futuro do solo, ampliando as áreas desmatadas (Fearnside, 2005). Como resultado, houve grandes alterações ao meio ambiente, principalmente em relação às áreas de matas ciliares, com exposição dos solos a processo de erosão, arraste de sedimentos e assoreamento de cursos d'água (Vendruscolo, 2012).

É interessante salientar que no ano de 1999, mais de 70% das matas ciliares da microbacia do rio D'Alincourt estavam desmatadas, comprometendo a quantidade da água disponível para área urbana do município de Rolim de Moura, uma vez que esta micro-

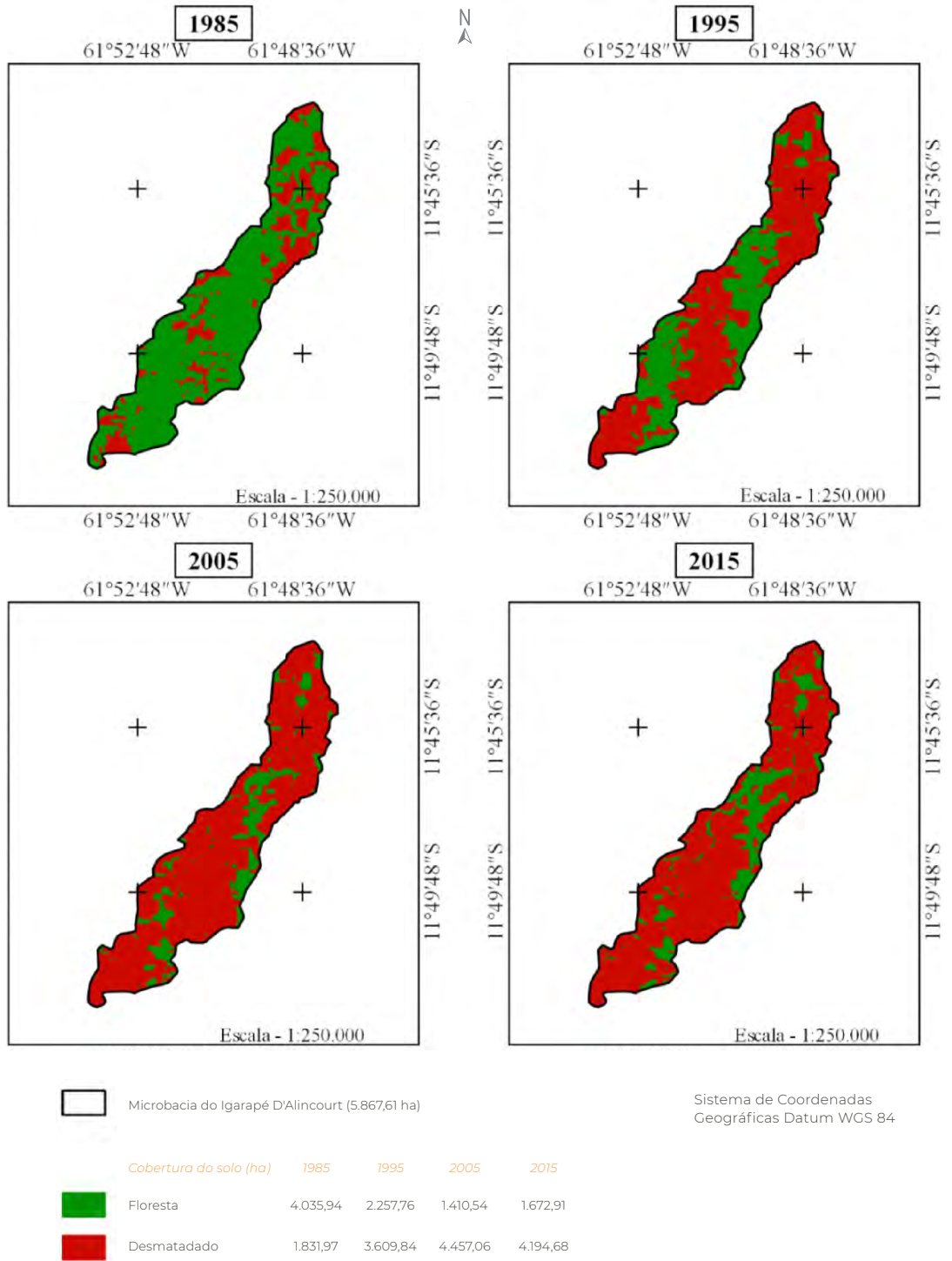


Figura 6 Cobertura do solo nos anos de 1985, 1995, 2005 e 2015, na microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

bacia era o único ponto de captação de água (Oliveira, 2016). Diante da redução da vazão ao ponto de atingir valor zero no ano de 2005, reflexo este dado pela intensidade da seca ocorrido neste período, a Companhia de Águas e Esgoto de Rondônia (CAERD) optou por aumentar o número de pontos de captação de água, instalando outra central de captação no rio Manicoré, no ano de 2012.

Em 2004, devido a seriedade do problema com escassez hídrica, também surgiram iniciativas de recuperação da mata ciliar do rio D'Alincourt, por parte de uma ação conjunta envolvendo o ministério público, poder judiciário, a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), o Departamento

de Agronomia da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e os proprietários dos lotes da microbacia. Esta ação resultou na realização de um diagnóstico socioambiental, e, posteriormente em um projeto de recuperação para as matas ciliares da referida microbacia, cujo plantio de espécies arbóreas nativas iniciou-se em novembro de 2008.

No ano de 2015 constatou-se 28,51% de cobertura florestal e 71,49% de área desflorestada, indicando, portanto, um aumento de 262,37 hectares de floresta (4,47%), de 2005 a 2015. Este resultado está relacionado principalmente com a recuperação de áreas de matas ciliares, proveniente do projeto de recuperação do rio D'Alincourt (Figura 7).

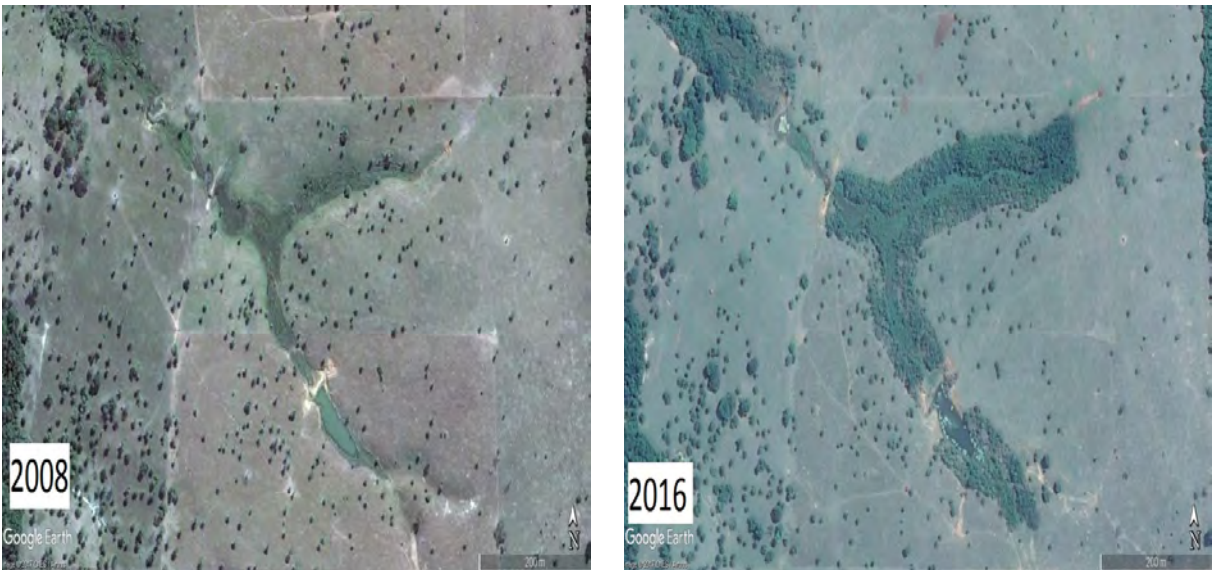


Figura 7 Recuperação da área de mata ciliar no rio D'Alincourt, de 2008 a 2016 (Latitude: 11° 45.519'S; Longitude: 61° 48.186'W; Altitude: 242 m), no município de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. *Fonte:* Google Earth Pro (2017)

4. Conclusões

A microbacia do rio D'Alincourt tem baixa propensão a enchentes, alta suscetibilidade ao acúmulo de sedimentos e elevado potencial para o uso de sistemas agropecuários e florestais integrados com manejos conservacionistas. Houve um acúmulo do desmatamento na microbacia que ocorreu de forma crescente de 1985 a 2005. Porém, no ano de 2015, foi registrado um aumento da cobertura florestal, em relação à 2005, impulsionado por projetos de recuperação das áreas de preservação permanente.

5. Agradecimento

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. Ao professor doutor Trent Biggs pelas contribuições inestimáveis para elevar a qualidade do trabalho.

5. Referências citadas

- ALMEIDA-FILHO, R.; IBANEZ, D. M. e F. P. MIRANDA. 2010. “Interpretação morfoestrutural com dados SRTM no auxílio à exploração petrolífera: um exemplo na bacia sedimentar do Amazonas”. *Revista Brasileira de Geofísica*, 28(1): 89-98.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & G. SPAROVEK. 2014. “Köppen’s climate classification map for Brazil”. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2016. “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*, 33(2): 117-124.
- BEGON, M.; COLIN, R. & J. L. H. TOWNSEND. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing. Oxford.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- BRASIL. 1965. Lei n°. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. In: Diário Oficial dos Estados Unidos do Brasil n°. 117, ano CIII, Seção I, Parte I, Brasília, 16 de setembro de 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm>. [Consulta: janeiro, 2017].
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. F. B. e S. V. MARTINS. 2006. “Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ”. *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; HILGERT, L. M. S. e A. S. MOTA. 2015. “Impacto da colonização na Zona da Mata Rondoniense, Amazônia Ocidental-Brasil”. *Revista Geográfica Venezuelana*, 56(1): 41-57.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. Editora Edgard Blucher. São Paulo, Brasil.
- CIM, S. 2002. “O processo migratório de ocupação no estado de Rondônia–visão histórica”. *Revista Primeira Versão*, 104: 12.

- COY, M. 1988. “Desenvolvimento regional na periferia amazônica. Organização do espaço, conflitos de interesses e programas de planejamento dentro de uma região de ‘fronteira’: o caso de Rondônia”. *Fronteiras*, 167-194. Universidade de Brasília, Brasil.
- CUNHA, E. T. e L. M. MOSER. 2010. “Os projetos de colonização em Rondônia”. *Revista Labirinto*, 14: 124-151.
- FEARNSIDE, P. M. 1987. “Distribuição de solos pobres na colonização de Rondônia”. *Ciência Hoje*, 6(33): 74-78.
- FEARNSIDE, P. M. 2005. “Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências”. *Megadiversidade*, 1(1): 113-123.
- FELTRAN FILHO, A. e E. F. LIMA. 2007. “Considerações morfométricas da bacia do rio Uberabinha-Minas Gerais”. *Sociedade & Natureza*, 19(1): 65-80.
- GOOGLE EARTH PRO V 7.1.5.1557. (Julho 20, 2017). Rondônia, Brasil. 11° 45.519'S, 61° 48.186'W, altitude de 242 m. *DigitalGlobe* 2017. Disponível em: <<http://www.earth.google.com>>. [Consulta: junho, 2017].
- GRUPO DE TRABALHO AMAZÔNICO (GTA). 2008. *O fim da floresta? A devastação das Unidades de Conservação e Terras Indígenas no estado de Rondônia*. Porto Velho, Rondônia, Brasil.
- HENRIQUES, M. H. 1984. *A política de colonização dirigida no Brasil: um estudo de caso, Rondônia*. DEGEO/IBGE. 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 NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). 2017. *Prodes - desflorestamento nos estados da Amazônia Legal*. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital>>. [Consulta: junho, 2017].
- JENSON, S. K. & J. O. DOMINGUES. 1988. “Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis”. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(11): 1.593-1.600.
- KENT, K. M.; WOODWARD, D. E.; HOEFT, C. C.; HUMPAL, A. & G. CERRELLI. 2010. *Time of concentration*. In: *PART 630 Hydrology National Engineering Handbook*. 15.1-15.15. United States Department of Agriculture. Washington DC, USA.
- KIRPICH, Z. P. 1940. “Time of concentration in small agricultural watersheds”. *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- MANSIKKAMÄKI, H. 1972. “Regional differences in the sinuosity of rivers in Finland”. *International Journal of Geography*, 118(1): 1-33.
- MERKEL, W. H.; KAUSHIKA, R. M. & E. GORMAN. 2008. “NRCS GeoHydro – A GIS interface for hydrologic modeling”. *Computers & Geosciences*, 34(8): 918-930.
- OLIVEIRA, J. N. A. 2016. “Associação Núcleo de Estudo de Proteção de Bacias Hidrográficas Amazônicas Olho D'água”. *Revista Rolim de Moura Capital da Zona da Mata*. 1: 47-48.
- OLIVEIRA, S. N.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; SILVA, T. M.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F. e N. C. SILVA. 2007. “Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando modelo digital de elevação hidrologicamente corrigido”. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 8(1): 2-21.

- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-409.
- PAULA, S. C.; LUZ, L. H. B. P.; RIQUELME, A. M. e R. STACIHW. 2015. "Morfometria da bacia hidrográfica do rio Anta Atirada, Rolim de Moura-RO". In: N. CARAMELLO; R. STACIHW e M. PENHA. *Amazônia desafios e perspectivas para gestão das águas*. Curitiba, Brasil.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographi Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. [Consulta: junho, 2017].
- SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T. e N. W. DIAS. 2012. "Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil". *Revista Ambiente & Água*. 7(3): 195-211.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. e S. H. SHIMIZU. 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 at Perth Amboy, New Jersey". *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.
- SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE RONDÔNIA (SEDAM). 2010. *Boletim Climático do Estado de Rondônia*. v. 4. Porto Velho, Rondônia, Brasil.
- SILVA, Q. D. 2012. *Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão*. Departamento de Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, Brasil. Tese de Doutorado em Geografia.
- SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA (SIPAM). 2006. *Pedologia: Rolim de Moura - RO*. SIPAM-CTO, Escala 1:250.000. Porto Velho, Brasil.
- STRAHLER, A. N. 1957. "Quantitative analysis of watershed geomorphology". *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6): 913-920.
- TUCCI, C. E. M. 2007. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. Editora da Universidade do Rio Grande do Sul/ABRH. Porto Alegre, Brasil.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: <earthexplorer.usgs.gov>. [Consulta: janeiro, 2017].
- VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M.; STORINO, M.; AMARAL, B. D.; MENDES JÚNIOR, J. N. & D. LIMA. 2006. "Modeling small watersheds in Brazilian Amazônia with SRTM-90m data". *Computers & Geosciences*, 32(8): 1.169-1.181.
- VENDRUSCOLO, J. 2011. *Mapeamento da bacia hidrográfica e proposta de pagamento por serviços ambientais em função da área de mata ciliar, brejosa e espelho d'água do Igarapé D'Alincourt – Rolim de Moura/RO*. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil. Trabalho de Especialização em Gestão Florestal.
- 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, Areia, 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.