

Artigo

Microbacia do rio Karoline: características da paisagem para auxiliar no planejamento e gestão dos recursos naturais, Amazônia Ocidental, Brasil

Eluana Domingues Gonçalves¹, Henrique da Silva Machado², Luma Fernanda Ferreira³, Nestor Marinho Serudo Martins Neto⁴, Priscila Nayara Heinzen⁵, Jhony Vendruscolo^{6*}

Citação: Gonçalves, E.D.; Machado, H.S.; Ferreira, L.F.; Martins Neto, N.M.S.; Heinzen, P.N.; Vendruscolo, J. Microbacia do rio Karoline: características da paisagem para auxiliar no planejamento e gestão dos recursos naturais, Amazônia Ocidental, Brasil. *RBCA* 2024, v. 13, n. 1. p.224-240.

Editor de Seção: Francisco Adilson dos Santos Hara e Nilson Junior Nilson
Reinaldo Fernandes dos Santos Junior
Recebido: 19/05/2023
Aceito: 28/02/2024
Publicado: 29/02/2024

Nota do editor: A RBCA permanece neutra em relação às reivindicações jurídicas em sites publicados e afilições institucionais.



Copyright: © 2024 pelos autores. Enviado para possível publicação em acesso aberto sob os termos e condições da licença Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

- ¹ Fundação Universidade Federal de Rondônia, Discente do curso de Agronomia, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0009-0009-3152-429X, elodominguesg@gmail.com
 - ² Fundação Universidade Federal de Rondônia, Discente do curso de Agronomia, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0009-0008-3369-1721, rikemachadouzumaki@gmail.com
 - ³ Fundação Universidade Federal de Rondônia, Discente do curso de Agronomia, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0009-0005-0713-4284, lumafernanda333@gmail.com
 - ⁴ Fundação Universidade Federal de Rondônia, Discente do curso de Agronomia, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0009-0003-3207-0484, nestorserneto@gmail.com
 - ⁵ Fundação Universidade Federal de Rondônia, Discente do curso de Agronomia, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0009-0002-7662-2642, pnheinzen@gmail.com
 - ⁶ Fundação Universidade Federal de Rondônia, Docente do Departamento de Engenharia Florestal, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0000-0003-3043-0581, jhony@unir.br
- * Correspondência: jhony@unir.br

Resumo: A identificação das informações da paisagem são cruciais para o planejamento e a gestão dos recursos naturais, no intuito de atingir o desenvolvimento sustentável na Amazônia. Por essa razão, esse estudo teve como objetivo descrever as características hidrogeomorfológicas da paisagem da microbacia do rio Karoline, utilizando geotecnologias e informações da literatura. A microbacia tem área de 5,64 km², perímetro de 10,62 km, forma intermediária, que indica uma média suscetibilidade a enchentes, altitude média de 383 m, com predomínio dos relevos suave ondulados (46,81%) e ondulado (36,88%), 91,50 % da área classificada como sendo de baixa influência na propagação de incêndios, 91,50% da área classificada como apta à extremamente apta a mecanização agrícola, rede de drenagem de 16,26 km de comprimento, padrão de drenagem dendrítico, hierarquia fluvial de 4^a ordem, 5,85 nascentes km⁻² (densidade média), densidade de drenagem 2,88 km km⁻² (alta), coeficiente de manutenção médio, canal principal reto e baixo tempo de concentração (1,16 h). Conclui-se que, a microbacia tem elevado potencial para o desenvolvimento de atividades agropecuárias na região, contudo, recomenda-se a adoção de práticas conservacionistas integradas para mitigar os impactos antrópicos nos recursos naturais, em favor do desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Características hidrogeomorfológicas; Planejamento e gestão ambiental.

Abstract: The identification of landscape information is crucial for the planning and management of natural resources, in order to achieve sustainable development in the Amazon. For this reason, this study aimed to describe the hydrogeomorphometric characteristics of the landscape of the Karoline river microbasin, using geotechnologies and information from the literature. The microbasin has an area of 5.64 km², a perimeter of 10.62 km, an intermediate shape, which indicates an average susceptibility to flooding, an average altitude of 383 m, with a predominance of soft-wavy (46.81%) and wavy (36.88%) reliefs, 91.50% of the area classified as being of low influence on the spread of fires, 91.50% of the area classified as apt for extremely apt for agricultural mechanization, 16.26 km

long drainage network, drainage pattern dendritic, 4th order river hierarchy, 5.85 headwaters km⁻² (medium density), drainage density 2.88 km km⁻² (high), medium maintenance coefficient, straight main channel and low concentration time (1.16 h). It is concluded that the microbasin has a high potential for the development of agricultural activities in the region, however, it is recommended the adoption of integrated conservationist practices to mitigate the anthropic impacts on natural resources, in favor of sustainable development.

Keywords: Geoprocessing; Hydrogeomorphometric characteristics; Environmental planning and management.

1. Introdução

As microbacias hidrográficas são unidades ideais para a gestão dos recursos naturais, principalmente dos recursos hídricos, por integrar todos os seguimentos da sociedade que necessitam de água para serem desenvolvidos, como abastecimento urbano, lazer e manutenção de atividades industriais, e também para a conservação da biodiversidade (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014). A análise das características da paisagem das microbacias é o primeiro passo para o planejamento e a gestão dos recursos naturais, e também para o planejamento territorial, pensando no desenvolvimento sustentável da região (ROCHA *et al.*, 2021; SANTOS JUNIOR; CAVALHEIRO; VENDRUSCOLO, 2021; SANTANA *et al.*, 2014).

As principais características da paisagem, como as geométricas, topográficas, hidrográficas e a dinâmica do uso e ocupação do solo, podem ser obtidas utilizando geotecnologias (PACHECO *et al.*, 2021) em tempo hábil e custo financeiro reduzido (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2022). Essas informações permitem obter mapas digitais, que após serem analisados auxiliam no planejamento e na gestão dos recursos naturais (MEIRA FILHO *et al.*, 2021), logo, possibilita conhecer o nível de suscetibilidade a enchentes, a influência na propagação de incêndios, o potencial agrícola da área, a disponibilidade hídrica, a aptidão à mecanização agrícola, e selecionar as práticas de manejo mais adequadas para conservar o solo e a água (SANCHES *et al.*, 2021).

A microbacia do rio Karoline está situada na bacia do rio Guaporé e sub-bacia do rio Branco, abrange 15 estabelecimentos agropecuários privados (INCRA, 2018), e suas águas seguem em direção de 4 Pequenas Centrais hidrelétricas (Alta Floresta, Ângelo Cassol, Cachimbo Alto e Rio Branco), 1 Terra Indígena (Rio Branco) e 1 Unidade de Conservação (Reserva Biológica do Guaporé). Deste modo, as atividades antrópicas realizadas na microbacia têm a capacidade de comprometer a biodiversidade, a disponibilidade e qualidade dos recursos naturais, tanto das áreas de preservação e conservação quanto das áreas privadas que compõem a região. Neste contexto, verifica-se a importância socioeconômica e ambiental da microbacia do rio Karoline, porém, existe uma carência de informações a respeito de suas características hidrogeomorfológicas para auxiliar no desenvolvimento sustentável da região.

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa, obter e disponibilizar informações sobre as características hidrogeomorfológicas da microbacia do rio Karoline, para posterior auxílio no planejamento e gestão dos recursos naturais da região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e características gerais da área de estudo

A microbacia do rio Karoline está inserida na sub-bacia do rio Branco e bacia do rio Guaporé, localizada nos municípios de Alta Floresta D'Oeste (83,16%) e Santa Luzia D'Oeste (16,84%) (Figura 1). A região tem clima classificado como Tropical com inverno seco (Aw) (BECK *et al.*, 2018), temperaturas médias entre 24 e 26 °C (ALVARES *et al.*, 2013), precipitação variando de 1.728,9 a 1.843,7 mm ano⁻¹, concentrada nos meses de novembro a março (FRANCA, 2015), litologia formada por rochas metamórficas (CPRM, 2021) e solos classificados como Latossolos Vermelhos eutróficos (SEDAM, 2002).

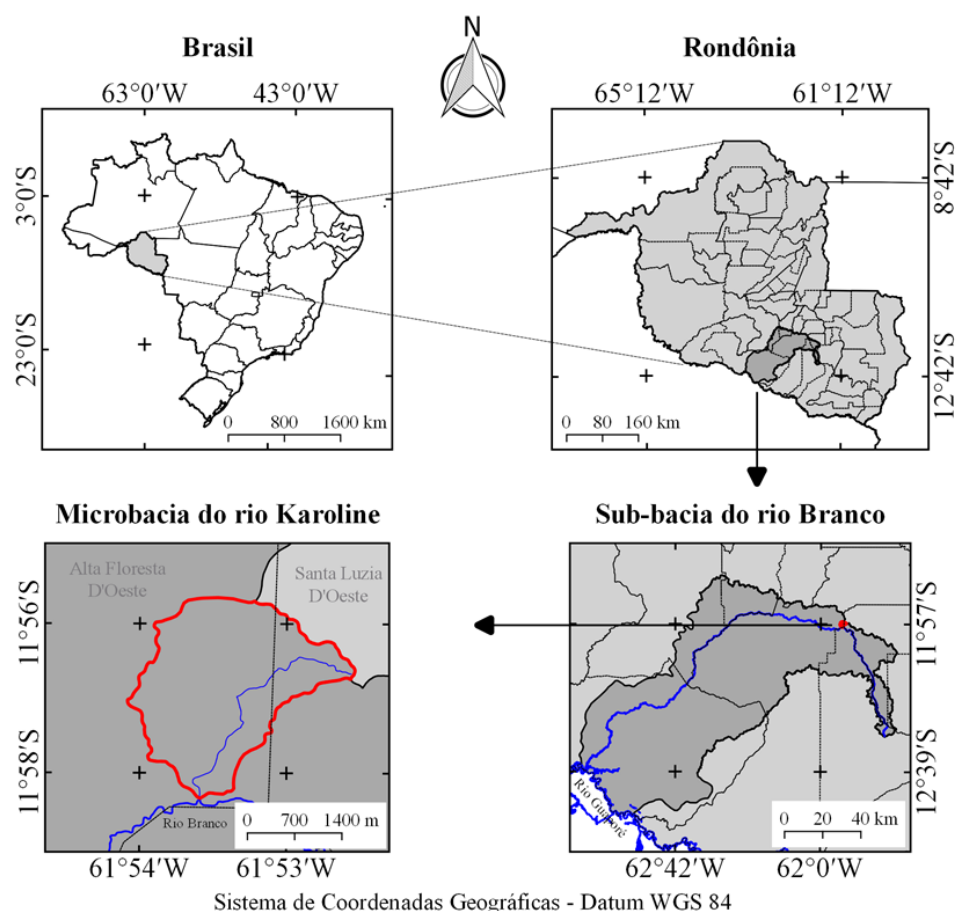


Figura 1. Localização da microbacia do rio Karoline, Amazônia Ocidental, Brasil.

2.2 Metodologia

As características analisadas foram: geométricas (área, perímetro, fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade), topográficas (altitude e declividade) e hidrográficas (padrão de drenagem, ordem dos rios, densidade de nascentes, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, índice de sinuosidade e tempo de concentração). Para a aquisição destas informações e elaboração dos mapas, foram utilizados os softwares QGIS 2.10.1 (versão Pisa), Google Earth e TrackMaker Free, equações e imagens altimétricas registradas pelo satélite ALOS (sensor Palsar) (ASF, 2021). O processamento foi executado em quatro etapas, sendo estas:

1ª Etapa - Características geométricas

Área e perímetro da microbacia: inicialmente foi delimitado o perímetro da microbacia utilizando a ferramenta TauDEM (passos: Pit Remove < D8 Flow Directions < D8 Contributing Area - 1ª versão) < Stream Definition By Threshold < Edição do ponto de exutório < D8 Contributing Area - 2ª versão) e a imagem altimétrica, de forma automática. O arquivo matricial gerado no TauDEM foi transformado para o formato vetorial (ferramenta “poligonizar”), em seguida, dissolvido (ferramenta “dissolver”), suavizado (ferramenta “simplificar geometria”) e ajustado no software Google Earth, considerando as características da rede de drenagem e relevo. Após isso, foram calculados a área e o perímetro com a ferramenta “calculadora de campo”.

Fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade: estes parâmetros foram calculados com as equações 1 (VILLELA; MATTOS, 1975), 2 (CHRISTOFOLLETTI, 1980) e 3 (VILLELA; MATTOS, 1975), e comparados com dados da literatura (Tabela 1).

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

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

$$Ic = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (2)$$

Em que: Ic = índice de circularidade; A = área da microbacia (km²); P = perímetro da microbacia (km).

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

Em que: Kc = coeficiente de compacidade; A = área da microbacia (km²); P = perímetro da microbacia (km).

Tabela 1. Classificação dos parâmetros fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade.

Parâmetro	Limite	Classe
Fator de forma ¹	< 0,50	Não sujeito a enchentes
	0,50 – 0,75	Tendência média a enchentes
	0,76 – 1,00	Sujeito a enchentes
Índice de circularidade ²	< 0,51	Forma alongada
	0,51 – 0,75	Forma intermediária
	0,76 – 1,00	Forma circular
Coeficiente de compacidade ¹	1,00 – 1,25	Alta propensão a enchentes
	1,26 – 1,50	Tendência média a enchentes
	> 1,50	Não sujeito a enchentes

Fonte: ¹Lima Júnior et al. (2012); ²Silva (2012).

2ª Etapa - Características topográficas

Altitude: as altitudes mínima e máxima foram obtidas diretamente das imagens altimétricas, e a altitude média foi mensurada com a ferramenta “estatística por zona”.

Declividade: mensurada com a ferramenta “modelo digital de elevação”, em seguida foi classificada para a aquisição de informações relacionadas ao relevo, influencia na propagação de incêndios e aptidão à mecanização agrícola (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação do relevo, influencia na propagação de incêndios e aptidão à mecanização agrícola em função da declividade (%).

Parâmetro	Classe	Declividade (%)
Relevo ¹	Plano	0-3
	Suave ondulado	3-8
	Ondulado	8-20
	Forte ondulado	20-45
	Montanhoso	45-75
	Escarpado	> 75
Influência na propagação de incêndios ²	Baixa	≤ 15
	Moderada	16-25
	Alta	26-35
	Muito alta	36-45
	Extremamente alta	> 45
Aptidão à mecanização agrícola ³	Extremamente apta	0-5,0
	Muito apta	5,1-10,0
	Apta	10,1-15,0
	Moderadamente apta	15,1-20,0
	Não apta	> 20,0

Fonte: ¹Santos et al. (2013); ²Ribeiro et al. (2008); ³Höfig; Araujo-Junior (2015).

3ª Etapa – Características hidrográficas

Padrão de drenagem, ordem dos rios e nascentes: inicialmente foram gerados os cursos d'água por meio de trilhas, utilizando a ferramenta “adicionar caminho” do software Google Earth. As trilhas foram salvas em formato KML (Keyhole Markup Language), unidas com a ferramenta “Lápis” no software TrackMaker Free e convertidas para o formato Shapefile (SHP) no software QGIS. Em seguida, foi identificado o padrão de drenagem, comparando a distribuição espacial da rede de drenagem da área em estudo com os dados de Parvis (1950), e classificada a ordem dos rios com a ferramenta “strahler”. As nascentes foram extraídas com a ferramenta “Stream feature extractor”.

Densidade de nascentes, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, índice de sinuosidade e tempo de concentração: estes parâmetros foram calculados com as equações 4 (SANTOS et al., 2012), 5 (HORTON, 1932), 6 (CHRISTOFOLETTI, 1980), 7 (VILLELA; MATTOS, 1975) e 8 (KIRPICH, 1940, apud TARGA et al., 2012).

$$Dn = \frac{N}{A} \quad (4)$$

Em que: Dn = densidade de nascentes (nascentes km⁻²); N = número de nascentes; A = área da microbacia (km²).

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (5)$$

Em que: Dd = densidade de drenagem (km km⁻²); L = comprimento da rede de drenagem (km); A = área da microbacia (km²).

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000 \quad (6)$$

Em que: Cm = coeficiente de manutenção (m² m⁻¹); Dd = densidade de drenagem (km km⁻²).

$$Is = \frac{L-Dv}{L} \times 100 \quad (7)$$

Em que: Is = índice de sinuosidade (%); L = comprimento do canal principal (km); Dv = distância vetorial do canal principal (km).

$$Tc = 57x \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (8)$$

Em que: Tc = tempo de concentração (minutos); L = comprimento do talvegue principal (km); H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m).

Os parâmetros de ordem dos rios, densidade de nascentes, densidade de drenagem e índice de sinuosidade foram classificados de acordo com a literatura (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação das características hidrográficas.

Parâmetro	Unidade	Classe	Limite
Ordem dos rios ¹	-	Rio pequeno	1-3
		Rio médio	4-6
		Rio Grande	7-10
Ordem dos rios ²	Unidades	Elevada probabilidade de secar no período de estiagem	1
		Moderada probabilidade de secar durante o período de estiagem	2
		Baixa probabilidade de secar durante o período de estiagem	3
		Improvável probabilidade de secar durante a estação de estiagem	≥ 4
Densidade de nascentes ³	Nascentes km ⁻²	Baixa	< 3
		Média	3-7
		Alta	7-15

		Muito alta	> 15
Densidade de drenagem ⁴	km km ⁻²	Baixa	< 0,50
		Média	0,50-2,00
		Alta	2,00-3,50
		Muito alta	> 3,50
Índice de sinuosidade ⁵	%	Muito reto	< 20
		Reto	20-29
		Divagante	30-39
		Sinuoso	40-50
		Muito sinuoso	> 50

Fonte: ¹Vannote *et al.* (1980); ²Adaptado de Fairfull; Witheridge (2003); ³Lollo (1995); ⁴Beltrame (1994); ⁵Romero; Formiga; Marcuzzo (2017).

4ª Etapa: Elaboração dos mapas

Para auxiliar a interpretação dos resultados, foram elaborados os mapas de altitude, relevo, influência na propagação de incêndio, aptidão à mecanização agrícola, rede e ordem de drenagem e distribuição espacial das nascentes, utilizando a ferramenta “novo compositor de impressão”, e o Sistema de Coordenadas Geográficas – Datum WGS 84.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características geométricas

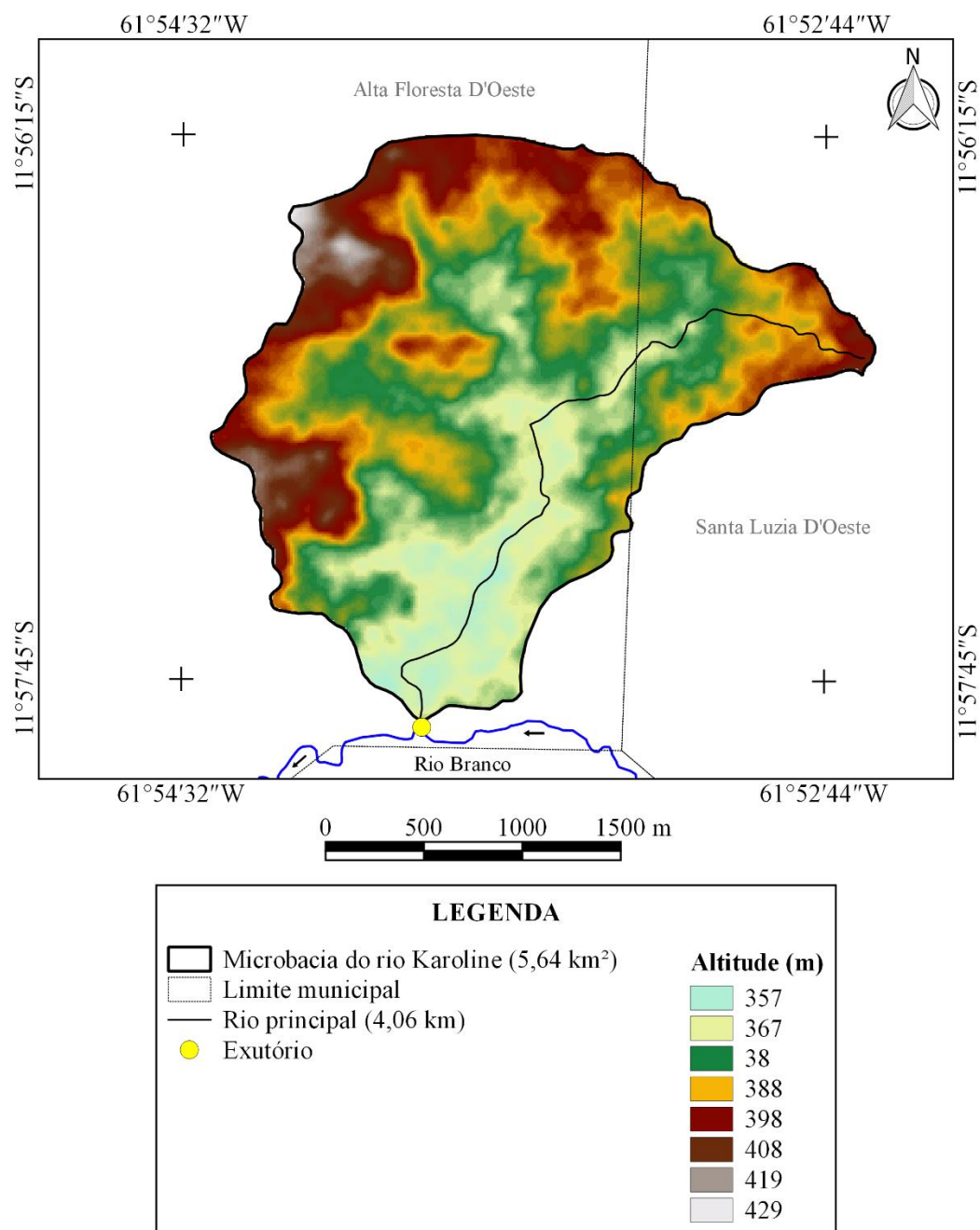
A microbacia do rio Karoline tem área de 5,64 km², perímetro de 10,62 km, fator de forma de 0,34, índice de circularidade de 0,63 e coeficiente de compacidade de 1,25. A microbacia tem um formato intermediário e indica baixa a média suscetibilidade a enchentes, do ponto de vista geométrico (Tabela 1). A declividade do terreno faz relação direta com o formato da microbacia, quanto mais circular for, menos íngreme será o terreno e menos espaçados estão os canais de drenagem (SCHUMM, 1956). Características semelhantes podem ser encontradas nas seguintes microbacias: Piaba (VENDRUSCOLO; CAVALHEIRO; SANTOS JUNIOR, 2021), Tamuatá (VENDRUSCOLO *et al.*, 2021a), Acará (CARDOSO *et al.*, 2021), Mandi-Prata (SANCHES *et al.*, 2021) e Pacu (MEIRA FILHO *et al.*, 2021). O formato intermediário da microbacia aumenta a probabilidade de ocorrência de chuvas em toda a região, e, conseqüentemente, a formação de enchentes, quando comparada com uma microbacia de formato alongado e área equivalente (VILLELA; MATTOS, 1975). Para ter uma análise mais completa é necessário considerar vários outros fatores influenciadores para a formação de enchentes, como características topográficas, hidrográficas e a cobertura do solo.

3.2 Características topográficas

Os valores de altitude variam de 357 a 429 m, resultando em uma média de 383 m e amplitude altimétrica de 72 m (Figura 2). Para que se compreenda a dinâmica ambiental da microbacia é necessário ter estas informações de altitude, visto que influencia diretamente na temperatura, precipitação, evapotranspiração e deflúvio médio (VILLELA; MATTOS, 1975). Sendo assim, para o zoneamento climático da região, a altitude pode ser utilizada (FRITZSON; MANTOVANI; WREGGE, 2016) e, conseqüentemente, para a identificação de espécies vegetais de interesse econômico.

Ao considerar os dados apresentados por Bourke (2010) e a faixa de altitude da microbacia do rio Karoline (357 a 429 m), constata-se que podem ser exploradas espécies vegetais de interesse econômico como o abacaxi (*Ananas comosus*), amendoim (*Arachis hypogaea*), arroz (*Oryza sativa*), banana (*Musa cvs*), cacau (*Theobroma cacao*), café conilon (*Coffea canephora var. robusta*), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), goiaba (*Psidium guajava*), laranja (*Citrus sinensis*), limão (*Citrus limon*), melancia (*Citrullus lanatus*), milho (*Zea mays*), soja (*Glycine max*) e tomate (*Lycopersicon esculentum*). Estas espécies já são cultivadas

em Alta Floresta D'Oeste e Santa Luzia D'Oeste (IBGE, 2023), municípios onde está localizada a microbacia do rio Karoline, proporcionando uma boa aptidão para o desenvolvimento de sistemas de policultivo e maior estabilidade financeira nos estabelecimentos agropecuários.



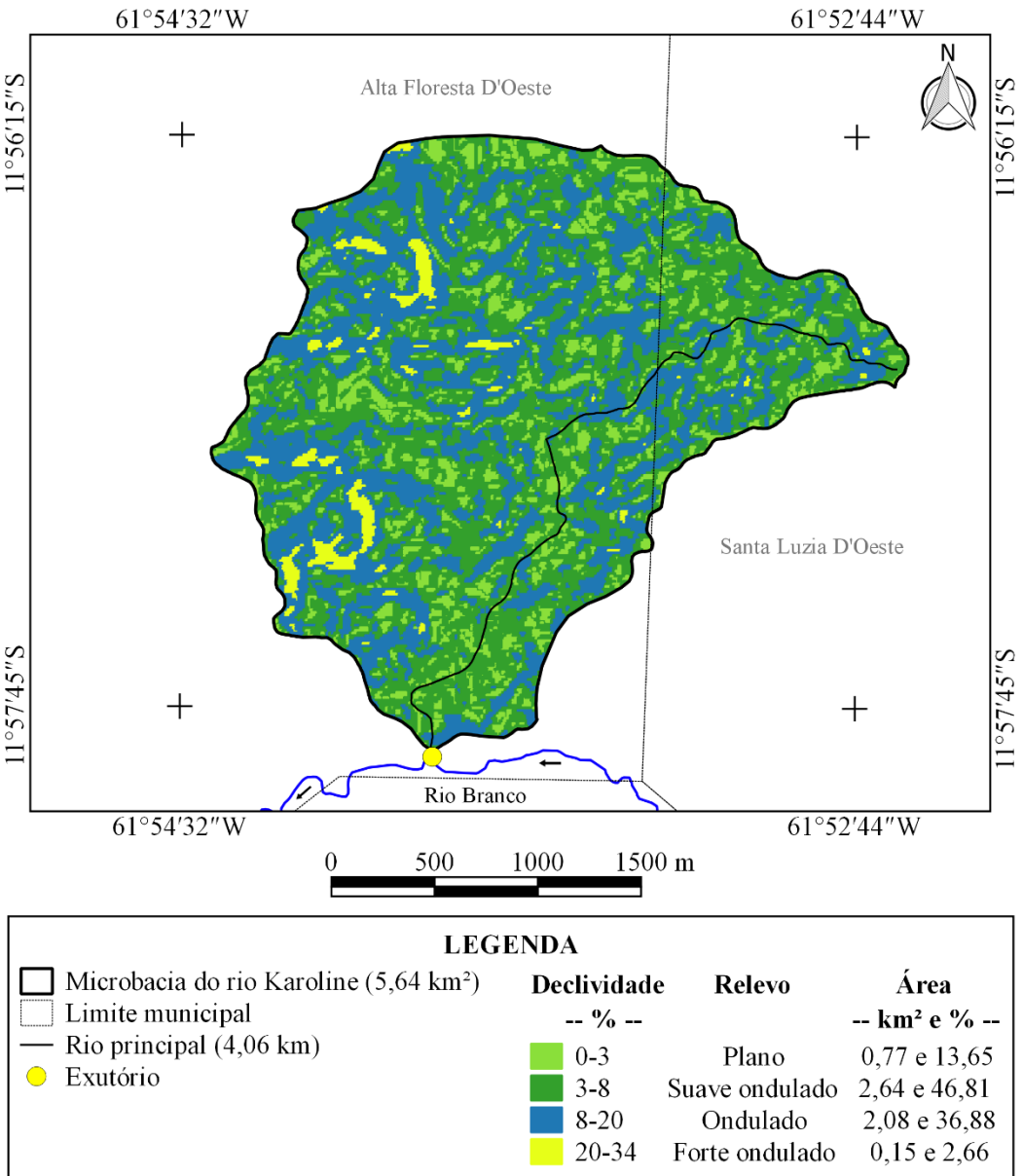
Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Figura 2. Altitude da microbacia do rio Karoline, Amazônia Ocidental, Brasil.

A declividade da microbacia varia de 0 a 45%, formando relevos planos a forte ondulados, porém, com predomínio das classes suave ondulado (46,81%) e ondulado (36,88%) (Figura 3). Relevos com declividade mais acentuada favorecem o escoamento superficial e dificultam a infiltração de água no solo, podendo causar erosões, assoreamento dos recursos d'água e enchentes (LORENZON *et al.*, 2015). Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2014), a cobertura do solo permite minimizar a velocidade do escoamento superficial e facilita a infiltração de água no solo, independentemente do tipo de cobertura

vegetal utilizada. Nesse sentido, adotar práticas de manejo conservacionistas, recuperar áreas degradadas, adotar medidas de manejo florestal com a finalidade de conservação e manutenção, e o reflorestamento são processos fundamentais capazes de favorecer a infiltração de água no solo, diminuir o escoamento superficial, minimizar o carreamento de partículas e sedimentos, e permitir a dissipação da energia cinética da água da chuva antes de atingir o solo, com a finalidade de reduzir os impactos das atividades antrópicas que causam a degradação dos recursos hídricos, além de conservar o solo.

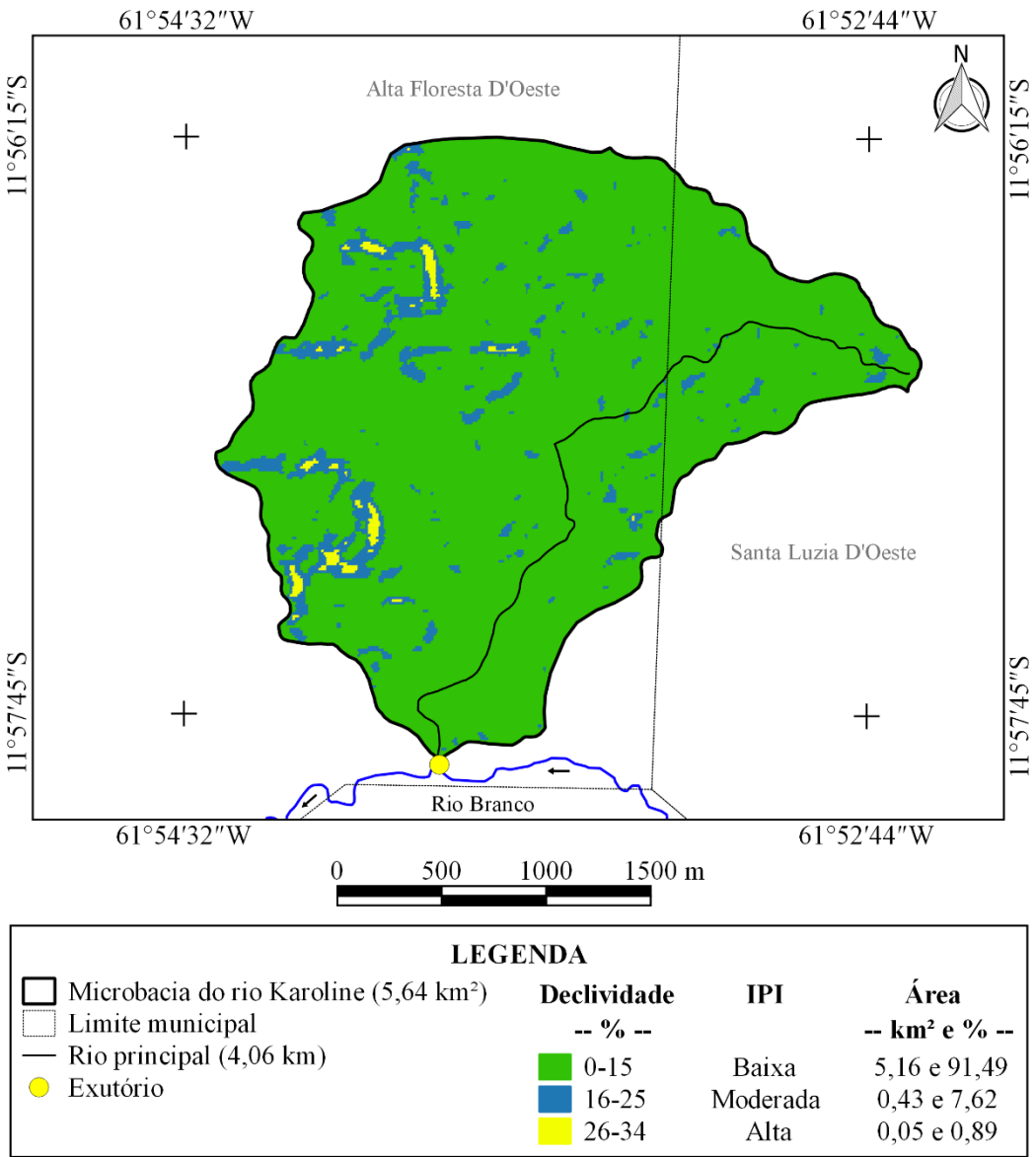
Para os relevos da microbacia são recomendadas as seguintes práticas conservacionistas: 1) Relevos planos a suave ondulados: Reflorestamento, alternância de campinas, ceifa de gramíneas e herbáceas, cobertura morta, plantio com contorno e terraceamento; 2) Relevo ondulado: reflorestamento, alternância de campinas, ceifa de gramíneas e herbáceas, cobertura morta, plantio com contorno, controle do fogo e terraceamento; e 3) Relevo forte ondulado: Reflorestamento, alternância de campinas, ceifa de gramíneas e herbáceas, cobertura morta, plantio com contorno, controle do fogo e terraceamento.



Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Figura 3. Relevo da microbacia do rio Karoline, Amazônia Ocidental, Brasil.

A influência do relevo na propagação de incêndios variou de baixa a alta, com predomínio das classes baixa (91,50%) e moderada (7,61%) (Figura 4). Para a maior parte da área da microbacia o relevo exerce pouca influência na propagação de incêndios. Contudo, regiões planas podem favorecer a propagação de incêndios, quando houver ausência de barreiras para limitar a propagação e a região apresentar combustível de forma contínua (TORRES *et al.*, 2017). Os incêndios em vegetação são um dos principais responsáveis pelos danos ambientais, econômicos e sociais, desta forma mesmo que a porcentagem de influência seja baixa na maior parte da microbacia, se faz necessário a conscientização da população sobre os riscos ocasionados pelas queimadas e as formas de prevenção, principalmente em regiões com índice pluviométrico baixo e em épocas de seca.

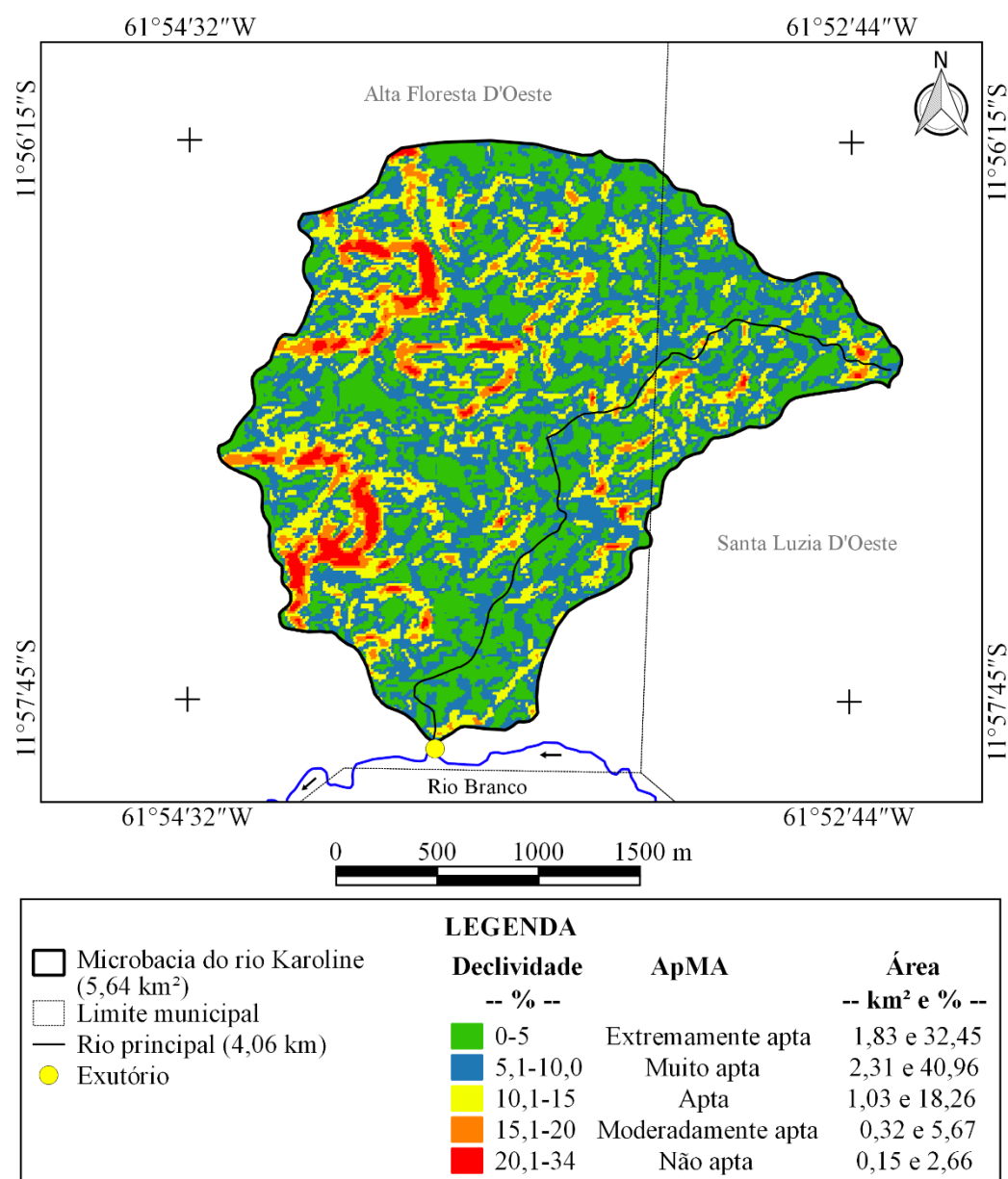


IPI: Influência na propagação de incêndios.

Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Figura 4. Influência do relevo na propagação de incêndios da microbacia do rio Karoline, Amazônia Ocidental, Brasil.

A aptidão à mecanização agrícola variou de extremamente apta a não apta, com predomínio das classes muito apta (40,88%), extremamente apta (32,39%) e apta (18,23%) (Figura 5). Esses resultados denotam que a maior parte da área da microbacia não apresenta restrições para a locomoção de máquinas e implementos agrícolas, característica desejável na agricultura, principalmente para a implantação de culturas que exigem um nível tecnológico mais elevado, como a soja e o milho. O uso de máquinas e implementos possibilitam o aumento da produtividade, reduz a necessidade de desmatamento em novas áreas, e permite a realização de tarefas com serviços de qualidade, para as mais diferentes condições de trabalho, e em acordo com o calendário agrícola (FRANCISCO *et al.*, 2014). Portanto, essa é uma característica desejável para os proprietários rurais da microbacia.



ApMA: Aptidão à mecanização agrícola.

Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Figura 5. Aptidão à mecanização agrícola da microbacia do rio Karoline, Amazônia Ocidental, Brasil.

3.3 Características hidrográficas

A microbacia do rio Karoline tem rede de drenagem da 16,26 km, padrão de drenagem dendrítico, hierarquia fluvial de 4ª ordem (Figura 6), 33 nascentes (Figura 7), 5,85 nascentes km⁻², densidade de drenagem de 2,88 km km⁻², coeficiente de manutenção de 346,9 m² m⁻¹, índice de sinuosidade de 27,34% e tempo de concentração de 1,16 h.

O padrão de drenagem refere-se ao arranjo espacial da rede de drenagem em uma determinada área (CHRISTOFOLETTI, 1980). E o padrão de drenagem dendrítico, constatado na microbacia do rio Karoline (Figura 6), recebe esse nome porque se ramifica como uma árvore. Esse padrão de drenagem é formado quando rios fluem sobre rochas homogêneas do ponto de vista horizontal (PARVIS, 1950), sendo um padrão muito observado em microbacias do estado de Rondônia, tais como Mutum (SOUZA *et al.*, 2021), Coruja (SANTANA *et al.*, 2024), Médio Rio Escondido (VENDRUSCOLO *et al.*, 2020) e Enganado (MORETO *et al.*, 2019). Destaca-se também que o padrão de drenagem dendrítico indica boa distribuição espacial dos recursos hídricos na microbacia.

A hierarquia fluvial de 4ª, confirma a formação de rios médios e com improvável probabilidade de secar no período de estiagem. Portanto, as regiões mais próximas aos rios de 4ª ordem são as mais recomendadas para a implantação de reservatórios destinados à irrigação, piscicultura e dessedentação de animais. Com formação do canal de porte médio e com elevadas condições para habitações de peixes, essa região também apresenta maior complexidade do ecossistema aquático (VANNOTE *et al.*, 1980), e tem grande potencial para servir como berçário da ictiofauna.

A densidade de nascentes é média e a densidade de drenagem é alta, indicando um bom potencial de drenagem fluvial e elevado potencial hídrico (CHEREM *et al.*, 2020). Essas características são influenciadas pela litologia da região, composta predominantemente por rochas metamórficas, originadas de um metamorfismo regional. As rochas metamórficas favorecem a saturação do solo e o escoamento superficial, por apresentar baixa permeabilidade, quando comparada com sedimentos inconsolidados.

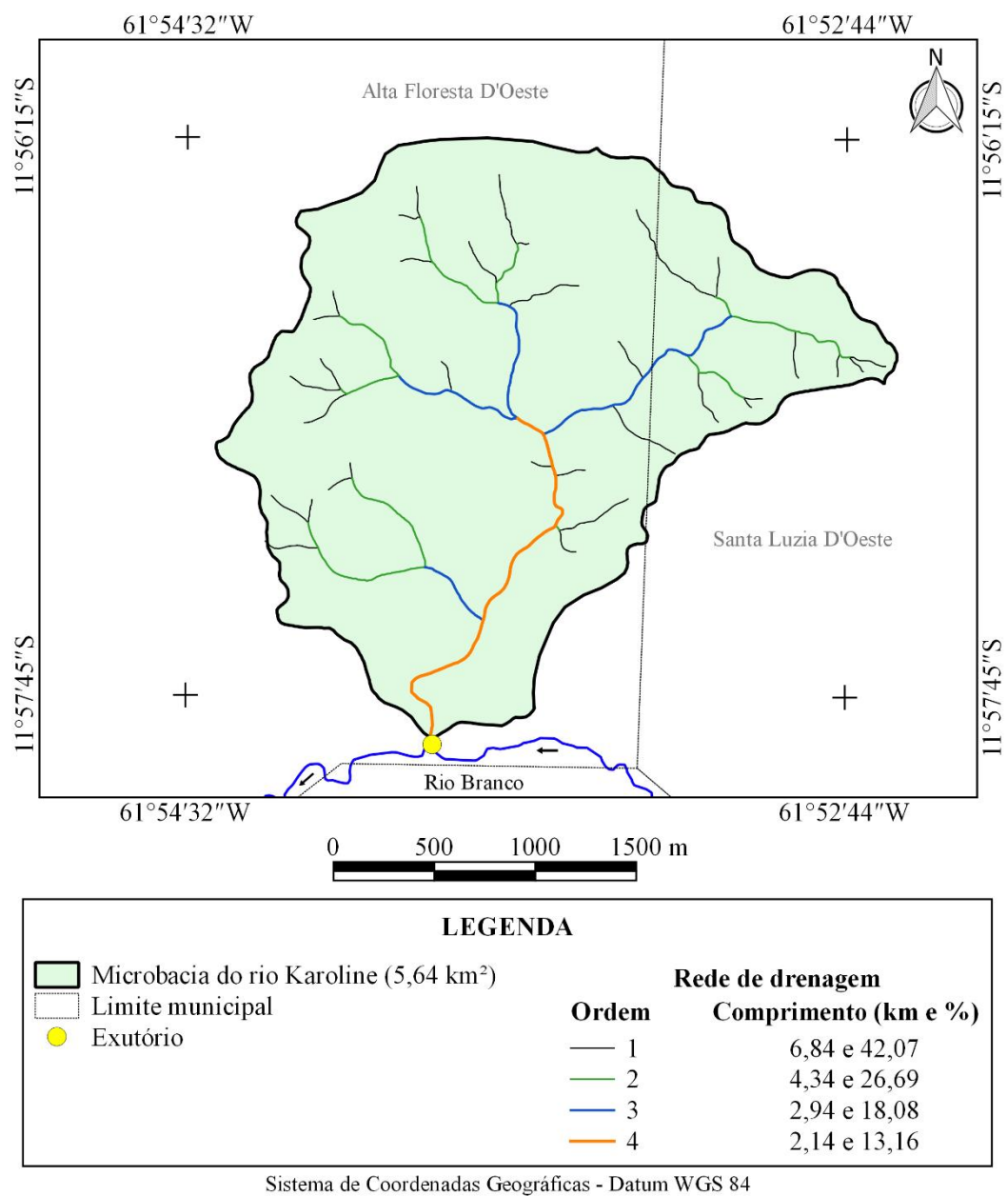
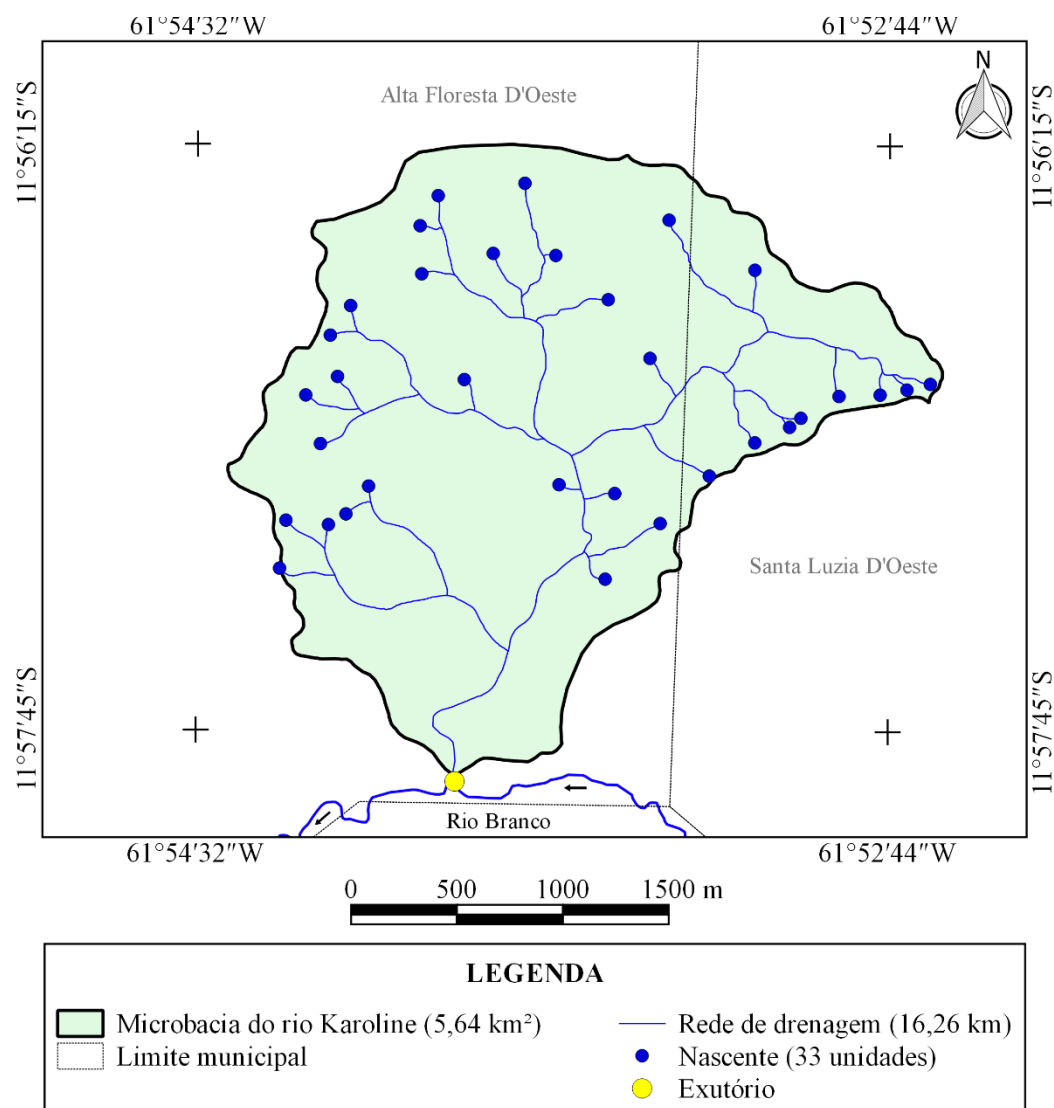


Figura 6. Rede e ordem de drenagem da microbacia do rio Karoline, Amazônia Ocidental, Brasil.

O coeficiente de manutenção da microbacia do rio Karoline (346,9 m² m⁻¹), é maior do que os coeficientes das microbacias Sabiá (254,8 m² m⁻¹) (CAVALHEIRO *et al.*, 2021), Sardinha (255,6 m² m⁻¹) (SANTOS JUNIOR; CAVALHEIRO; VENDRUSCOLO, 2021), Menkaika (266,8 m² m⁻¹) (FERREIRA *et al.*, 2021a), Brilhante (332,02 m² m⁻¹) (FERREIRA *et al.*, 2021b) e Rio Bonito (340,8 m² m⁻¹) (VENDRUSCOLO *et al.*, 2021b), e menor do que os coeficientes de manutenção das microbacias Alto Alegre (396,5 m² m⁻¹) (ROCHA *et al.*, 2021), Pacu (411,3 m² m⁻¹) (MEIRA FILHO *et al.*, 2021), Deusdedit (534,5 m² m⁻¹) (SILVA *et al.*, 2021) e Alto Rio Branco (607,9 m² m⁻¹) (VENDRUSCOLO *et al.*, 2021c). Portanto o coeficiente de manutenção da microbacia em estudo é classificado como médio.



Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Figura 7. Distribuição espacial das nascentes na microbacia do rio Karoline, Amazônia Ocidental, Brasil.

O índice de sinuosidade (27,34%) denota a formação de um canal principal reto. Esse tipo de canal está associado com elevado controle estrutural e/ou alta energia (CHEREM et al., 2020), e geralmente resulta em maior velocidade do fluxo hídrico, quando comparado com canais sinuosos de declividade equivalente.

O tempo de concentração da microbacia em estudo (1,16 h), é considerado muito baixo em comparação com o tempo de duração das precipitações no estado de Rondônia, como pode ser observado nos trabalhos de Fietz et al. (2011) e Souza et al. (2014). Ainda com dados de Fietz, estima-se que a cada 2 anos ocorram precipitações com duração de 1,16 h e intensidade de 60,36 mm h⁻¹. Portanto, neste cenário toda a área da microbacia pode contribuir para a formação de enchentes, se a taxa de infiltração de água no solo for inferior a intensidade de precipitação, ou seja, se houver escoamento superficial.

4. CONCLUSÃO

A microbacia do rio Karoline tem área de 5,64 km², perímetro de 10,62 km, forma intermediária, altitudes de 357 a 429 m, predomínio de classes de relevo suave ondulado (46,81%) e ondulado (36,88%), 91,50% da área classificada como sendo de baixa influência na propagação de incêndios, 91,50% da área classificada como apta à extrema-

mente apta a mecanização agrícola, rede de drenagem de 16,26 km de comprimento, padrão de drenagem dendrítico, hierarquia fluvial de 4ª ordem, densidade das nascentes média, densidade de drenagem alta, coeficiente de manutenção médio, canal principal reto e baixo tempo de concentração.

As características da paisagem da microbacia Karoline confirmam o potencial florestal e agropecuário da região, porém, é necessário adotar práticas de manejo conservacionista para reduzir os riscos de perda de solo, matéria orgânica, nutrientes e água, e mitigar problemas associado aos eventos extremos (enchentes no período das chuvas e escassez hídrica no período de estiagem).

O solo da microbacia é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico, esse tipo de solo, aliado a predominância de relevos com baixa declividade, favorece o cultivo de várias espécies de interesse econômico, e permite, inclusive, a mecanização agrícola.

Contribuições dos autores: Eluana Domingues Goncalves: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação. Henrique da Silva Machado: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação. Luma Fernanda Ferreira: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação. Nestor Marinho Serudo Martins Neto: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação. Priscila Nayara Heinzen: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação. Jhony Vendruscolo: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação.

Agradecimentos: O nome dessa microbacia é em homenagem a Karoline Ruiz Ferreira, formada em Engenharia Florestal (UNIR) e Mestra em Agroecossistemas (UFSC). Karol é mãe, educadora ambiental e também atua nas áreas de manejo florestal, agroecologia, sistemas agroflorestais, manejo de bacias hidrográficas, análise espacial e temporal da cobertura do solo, planejamento ambiental, geoprocessamento e sensoriamento remoto. Aos grupos de pesquisa de Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA), e Recuperação de Ecossistemas e Produção Florestal (REProFlor), pertencentes a Universidade Federal de Rondônia, Campus de Rolim de Moura.

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referência bibliográfica

Alvares, C. A., Stape J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. doi: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ASF - Alaska Satellite Facility (2021). Imagem altimétrica. Fairbanks, AK: ASF, 2021. Disponível em: <https://www.asf.alaska.edu/>. Acesso em: 14 de dezembro de 2021.

Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Alexis Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5: 180214. doi: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

Beltrame, A. V. (1994). Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação. Editora UFSC, Florianópolis, 111p.

Bertoni, J., & Lombardi Neto, F. (2014). Conservação do solo. Editora Ícone, São Paulo, 355p.

Bourke, R. M. (2010). Altitudinal limits of 230 economic crop species in Papua New Guinea. In: Haberle, S. G., Stevenson, J., & Prebble, M. (Eds). *Altered Ecologies: fire, climate and human influence on terrestrial landscapes*. ANU E-Press, Canberra, pp. 473-512.

Cardoso, L. A. P., Silva, E. C., Santos, A. A., Praia, W. M., Hara, F. A. S., Cavalheiro, W. C. S., & Vendruscolo, J. (2021). Características hidrogeomorfológicas e análise temporal da cobertura na microbacia Acará, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 13(20), 1-22.

Cavalheiro, W. C. S., Donegá, M. V. B., Souza, T. W. S., Santos Júnior, N. R. F., Maia, E., Hara, F. A. S., & Vendruscolo, J. (2021). Uso de Geotecnologias na Caracterização Hidrogeomorfológica e Análise temporal da cobertura do solo da microbacia Sabiá, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografia y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 13(20), 1-24. Disponível em: www.revistageosig.wixsite.com/geosig

Cherem, L. F. S., Faria, S. D., Zancopé, M. H. C., Sordi, M. V., Nunes, E. D., & Rosa, L. E. (2020). Análise morfológica em bacias hidrográficas. In: Magalhães Júnior, A.P., & Barros, L.F.P. *Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.

Christofolletti, A. (1980). *Geomorfologia*. Edgard Blucher, São Paulo, 188p.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. (2018). *Geologia e recursos minerais do estado de Rondônia*. Porto Velho-RO: CRPM. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/10277/sig_rondonia.zip?sequence=10&isAllowed=y. Acesso em: 12 de fevereiro de 2022.

Fairfull, S., & Witheridge, G. (2003). *Why do Fish Need to Cross the Road? Fish Passage Requirements for Waterway Crossings*. NSW Fisheries, Sydney, 14p.

Ferreira, K. R., Rocha, J. D. S., Cavalheiro, W. C. S., Clivati, D., Silva, A. F., Santos Júnior, N. R. F., & Vendruscolo, J. (2021b). Características da paisagem da microbacia do rio Brilhante, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografia y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 13(20), 1-23. Disponível em: www.revistageosig.wixsite.com/geosig

Ferreira, K. R., Vendruscolo, J., Cavalheiro, W. C. S., & Rocha, J. D. S. (2021a). Hidrogeomorfometria e dinâmica da cobertura do solo na microbacia do rio Menkaika, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografia y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 13(20), 1-22. Disponível em: www.revistageosig.wixsite.com/geosig

Fietz, C. R., Comunello, É., Cremon, C., Dalacort, T. R., & Pereira, S. B. (2011). *Chuvas intensas no Estado de Mato Grosso*. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, 117p.

Franca, R. R. (2015). Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011. *Revista Geografias*, 11(1), 44-58.

Francisco, P. R. M., Chaves, I. B., Lima, E. R. V., & Santos, D. (2014). Tecnologia da geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola. *Revista Educação Agrícola Superior*, 29(1), 45-51. doi: <http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v29n01a12>

Fritzsos, E., Mantovani, L. E., & Wrege, M. S. (2016). Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 12(8), 80-92. doi: 10.5380/abclima.v18i0.39471

Höfig, P., & Araujo-Junior, C. F. (2015). Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná. *Coffee Science*, 10(2), 195-203.

Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *Transactions, American Geophysical Union*, 13(1), 350-361. doi: <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>

IBGE - Instituto Nacional de Geografia e Estatística. (2023). Produção agrícola municipal. Disponível em: <https://si-dra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 03 de maio de 2023.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. (2018). Acervo fundiário. Disponível em <http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2022.

Lima Júnior, J. C., Vieira, W. L., Macêdo, K. G., Souza, S. A., & Nascimento, F. A. L. (2012). Determinação das características morfológicas da sub-bacia do Riacho Madeira Cortada, Quixelô, CE. In: VII Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação - CON-NEPI, Palmas, Brasil.

Lollo, J. A. (1995). O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. Tese, Universidade de São Paulo, 267p.

- Lorenzon, A. S., Fraga, M. S., Moreira, A. R., Uliana, E. M., Silva, D. D., Ribeiro, C. A. A. S., & Borges, A. C. (2015). Influência das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Benevente nas enchentes no município de Alfredo Chaves-ES. *Ambiente e Água*, 10(1), 195-206. doi: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1475>.
- Moreto, R. F., Mira, S. F., Soares, G. S., Santos Junior, N. R. F., Cavalheiro, W. C. S., Vendruscolo, J., & Rosa, D. M. (2019). Características geométricas, topográficas e hidrográficas da microbacia do rio Enganado, região sul da Amazônia Ocidental. *Revista Geográfica Venezolana*, edição especial, 110-124.
- Meira Filho, W. R., Vendruscolo, J., Cavalheiro, W. C. S., Santos Junior, N. R. F., & Stachiw, R. (2021). Características hidrogeomorfológicas e dinâmica de cobertura do solo na microbacia do rio Pacu, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 13, 1-24.
- Pacheco, F. M. P., Donega, M. V. B., Cavalheiro, W. C. S., Fulan, J. Â., Alves, S. R. M., Hara, F. A. S., & Vendruscolo, J. (2021). Características gerais da microbacia do rio Capivara, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 13, 1-25.
- Parvis, M. (1950). Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. *Photogrammetric Engineering*, 16, 387-408.
- Ribeiro, L., Koproski, L. P., Stolle, L., Lingnau, C., Soares, R. V., & Batista, A. C. (2008). Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). *Floresta*, 38(3), 561-572. doi: <https://doi.org/10.5380/rf.v38i3.12430>
- Rocha, J. S. D., Ferreira, K. R., Cavalheiro, W. C. S., & Vendruscolo, J. (2021). A paisagem como indicador de manejo dos recursos naturais na microbacia do rio Alto Alegre, na Amazônia Ocidental. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 13(20), 1-23. Disponível em: www.revistageosig.wixsite.com/geosig
- Romero, V., Formiga, K. T. M., & Marcuzzo, F. F. N. (2017). Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. *Ciência e Natura*, 39(2), 320-340. doi: <https://doi.org/10.5902/2179460X26411>
- Santos, A. M., Targa, M. S., Batista, G. T., & Dias, N. W. (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. doi: <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Sanches, G. K., Santos Junior, N. R. F., Carneiro, K. A. A., Cavalheiro, W. C. S., Baldeon, J. R. M., & Vendruscolo, J. (2021). Características hidrogeomorfológicas e dinâmica da cobertura do solo na microbacia do rio Mandi-prata, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 13, p. 1-25.
- Santana, E. S. M., Souza, E. F. M., Ferreira, E., Hara, F. A. S., Fulan, J. Â., Rodrigues, J. B. B., Cavalheiro, W. C. S., Santos Junior, N. R. F., Nascimento, J. M. S., Vendruscolo, J. (2024). Análise das características da paisagem como ferramenta para auxiliar no planejamento e gestão ambiental da microbacia do rio Coruja, Amazônia Ocidental, Brasil. *Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 5(1), e514814. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v5i1.4814>
- Santos Junior, N. R. F., Cavalheiro, W. C. S., Scotti, M. S. V., Tronco, K. M. Q., Souza, E. F. M., Rocha, K. J., Hara, F. A. S., Nagao, E. O., Rocha, J. D. S., Fulan, J. Â., Nascimento, J. M. S., & Vendruscolo, J. (2022). Aplicação das geotecnologias para análise da paisagem da microbacia do rio Boa Sorte, Rondônia, Brasil. *Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(4), e341343. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i4.1343>
- Santos Júnior, N. R. F., Cavalheiro, W. C. S., & Vendruscolo, J. (2021). Características hidrogeomorfológicas e dinâmica de cobertura do solo da microbacia do rio Sardinha, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 13(20), 1-24. Disponível em: www.revistageosig.wixsite.com/geosig
- Santos, R. D., Lemos, R. C., Santos, H. G., Ker, J. C., Anjos, L. H. C., & Shimizu, S. H. (2013). Manual de descrição e coleta de solo no campo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 102p.
- 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.

SEDAM - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. (2002). Atlas Geoambiental de Rondônia. SEDAM, Porto Velho, 141p.

Silva, A. F., Ferreira, K. R., Cavalheiro, W. C. S., Lima, A. C. R., Rocha, K. J., Rosell, E. C. F., & Vendruscolo, J. (2021). Características da paisagem e dinâmica de desmatamento na microbacia do rio Deusdedit, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 13(20), 1-21. Disponível em: www.revistageosig.wixsite.com/geosig

Silva, Q. D. (2012). Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão. Tese, Universidade Estadual Paulista. 249p

Souza, T. W. S., Lima, M. M., Saraiva, J. G., Pacheco, F. M. P., Donegá, M. V. B., Panza, M. R., Cavalheiro, W. C. S., & Vendruscolo, J. (2021). Análise hidrogeomorfológica da microbacia do rio Mutum: informações para auxiliar o manejo de recursos hídricos na Amazônia Ocidental. *Research, Society And Development*, 10(2), e21810212448. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12448>

Souza, V. A. S., Nunes, M. L. A., Francener, S. F., & Rosa, A. L. D. (2014). Eventos de precipitações extremas na Amazônia Ocidental: Rondônia - Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 14, 295-315.

Targa, M. S., Batista, G. T., Diniz, H. D., Dias, N. W., & Matos, F. C. (2012). Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 7(2), 120-142. doi: <https://doi.org/10.4136/1980-993X>

Torres F. T. P., Roque, M. P. B., Lima, G. S., Martins, S. V., & Faria, A. L. L. (2017). Mapeamento do risco de incêndios florestais utilizando técnicas de geoprocessamento. *Floresta e Ambiente*, 24, e00025615. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.025615>

Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 130-137. doi: <https://doi.org/10.1139/f80-017>

Vendruscolo, J., Cavalheiro, W. C. S., & Santos Junior, N. R. F. (2021). Características da paisagem na microbacia do rio Piaba, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 13(20), 1-22. Disponível em: www.revistageosig.wixsite.com/geosig

Vendruscolo, J., Duarte, E. C. S., Cavalheiro, W. C. S., Santos Junior, N. R. F., Rosell, E. C. F., Felix, E. S., & Silva Júnior, R. L. (2021a). Características da paisagem para subsidiar o manejo dos recursos naturais na microbacia do rio Tamuatá, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 13(20), 1-23. Disponível em: www.revistageosig.wixsite.com/geosig

Vendruscolo, J., Ferreira, K. R., Cavalheiro, W. C. S., Clivati, D., Pereira, C. V. L., & Rocha, J. D. S. (2021b). Uso de geotecnologias para caracterização hidrogeomorfológica e índice de desmatamento da microbacia do rio Bonito, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 13(20), 1-21. Disponível em: www.revistageosig.wixsite.com/geosig

Vendruscolo, J., Pacheco, F. M. P., Rodrigues, A. A. M., Freitas, R. H., Rosa, D. M., & Cavalheiro, W. C. S. (2020). Características morfológicas da microbacia do Médio Rio Escondido, Amazônia Ocidental, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 6(1), 565-585. doi: 10.34117/bjdv6n1-040

Vendruscolo, J., Souza, E., Ferreira, K. R., Cavalheiro, W. C. S., & Hara, F. A. S. (2021c). Características da paisagem para subsidiar o manejo dos recursos naturais na microbacia Alto Rio Branco, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 13(20), 1-21. Disponível em: www.revistageosig.wixsite.com/geosig

Villela, S. M., & Mattos, A. (1975). Hidrologia aplicada. McGraw-Hill, São Paulo, 245p.