



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Estratégias de mitigação de inundações e escassez hídrica em áreas urbanas da Amazônia Ocidental: estudo de caso para Rolim de Moura

Milka Samara Nunes da Silva¹, Jhony Vendruscolo², Karoline Ruiz Ferreira³, Kenia Michele de Quadros⁴, Karen Janones da Rocha⁵, Ronepablo da Silva Alves⁶, Emanuel Maia⁷

¹ Engenheira Agrônoma, Laboratório Precisão, Avenida Norte Sul, nº 6413, Bairro Planalto, CEP 76940-000, Rolim de Moura. Melka_rm@hotmail.com. ORCID: 0000-0003-3978-9486; ² Professor Dr., Campus de Rolim de Moura, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rondônia, Av. Norte Sul, nº 7300, CEP 76940-000, Rolim de Moura. ORCID: 0000-0003-3043-0581. jhony@unir.br (autor correspondente); ³ Mestra em Ciências Ambientais, Ação Ecológica Guaporé, Rodovia RO-010, km 5,5 oeste, CEP: 76940-000, Rolim de Moura. karoline@ecopore.org.br. ORCID: 0000-0002-0104-0712; ⁴ Professora Drª, Campus de Rolim de Moura, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rondônia, Av. Norte Sul, nº 7300, CEP 76940-000, Rolim de Moura. kenia.tronco@unir.br. ORCID: 0000-0003-0873-9582; ⁵ Professora Drª, Campus de Rolim de Moura, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rondônia, Av. Norte Sul, nº 7300, CEP 76940-000, Rolim de Moura. karenrocha@unir.br. ORCID: 0000-0002-2165-3081; ⁶ Discente de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Federal Rondônia, Av. Norte Sul, nº 7300, CEP 76940-000, Rolim de Moura. ronepablo@unir.br. ORCID: 0000-0001-8084-7831; ⁷ Professor Dr., Campus de Rolim de Moura, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rondônia, Av. Norte Sul, nº 7300, CEP 76940-000, Rolim de Moura. emanuel@unir.br. ORCID: 0000-0002-5493-218.

Artigo recebido em 03/10/2024 e aceito em 21/02/2025

RESUMO

As inundações e a escassez hídrica são eventos extremos intensificados pelas mudanças climáticas e pelas ações humanas. Este estudo objetivou analisar as características da paisagem e selecionar estratégias para mitigar esses eventos no município de Rolim de Moura, Amazônia Ocidental. Foram delimitadas as áreas urbana, de expansão urbana e contribuição hidrográfica, e realizada a análise das características da paisagem utilizando geotecnologias. As áreas urbana, expansão urbana e contribuição hidrográfica tem 2.111,27, 15.987,40 e 38.419,86 ha, respectivamente. A região tem hidrografia formada principalmente pelo rio Anta Atirada, com altitudes entre 201 e 439 m, e predomínio de relevo suave ondulado, rochas sedimentares e Latossolos Vermelhos, e estruturas no perfil do solo que potencializam as inundações após a supressão da vegetação nativa. A supressão da vegetação nativa foi intensa entre 1985 e 2022, reduzindo a cobertura florestal para apenas 14,01% da área estudada. Na zona ripária, houve diminuição de 3,8 vezes na extensão protegida após a adoção do novo Código Florestal brasileiro, o que favoreceu a expansão de atividades agropecuárias. Constatou-se que 33,50% da área urbana apresenta alta suscetibilidade a inundações, ao passo que a perda de vegetação tem agravado a escassez hídrica no período seco. Conclui-se que características naturais, somadas à redução de cobertura vegetal, potencializam as inundações e a falta de água em épocas de estiagem. Recomenda-se a adoção de políticas públicas integradas que incentivem a manutenção da vegetação mínima necessária para conservação dos recursos hídricos e redução dos riscos associados a esses eventos extremos.

Palavras-chave: Características ambientais, Adaptação as Mudanças Climáticas, Planejamento urbano, Planejamento e gestão territorial.

Mitigation strategies for flooding and water scarcity in urban areas of the Western Amazon: a case study of Rolim de Moura

ABSTRACT

Floods and water scarcity are extreme events intensified by climate change and human activities. This study aimed to analyze the landscape characteristics and propose strategies to mitigate these events in Rolim de Moura, located in the Western Amazon. The urban area, urban expansion area, and hydrographic contribution area were delimited, and their landscape characteristics were examined using geotechnologies. The areas of urban development, urban expansion, and hydrographic contribution cover 2,111.27, 15,987.40, and 38,419.86 hectares, respectively. The region's hydrography is primarily composed of the Anta Atirada River, with altitudes ranging from 201 to 439 meters, predominance of gently undulating relief, sedimentary rocks, Red Oxisols, and soil profile structures that intensify flooding following the removal of native vegetation. The suppression of native vegetation was substantial between 1985 and 2022, reducing forest cover to only 14.01% of the study area. In the riparian zone, there was a 3.8-fold decrease in the protected area following the adoption of the new Brazilian Forest Code, thereby favoring the expansion of agricultural activities. It was observed that 33.50% of the urban area exhibits a high susceptibility to flooding,

whereas vegetation loss has exacerbated water scarcity during the dry season. In conclusion, natural characteristics, combined with reduced vegetation cover, exacerbate floods and water shortages during periods of drought. It is recommended that integrated public policies be adopted to incentivize the maintenance of the minimum required vegetation for the conservation of water resources and to reduce the risks associated with these extreme events.

Keywords: Environmental characteristics, Climate Change Adaptation, Urban planning, Territorial management.

Introdução

Os eventos extremos como a inundação e a escassez hídrica tendem a se tornar cada vez mais intensos e frequentes, mediante a mudança climática (IPCC, 2023; Clarke et al., 2024). Ambos eventos são influenciados pelos processos de precipitação pluviométrica, infiltração de água no solo e escoamento superficial, e estes processos são dependentes, por exemplo, da vegetação nativa (Machado et al., 2024), das características do perfil do solo (Almeida et al., 2020; Barbosa et al., 2024), do manejo do solo (Vidaletti et al., 2021) ao nível de microbacias. Neste contexto, verifica-se a importância de conhecer as características da paisagem para entender as suscetibilidades a inundação e a escassez hídrica, e em seguida, selecionar as estratégias mais eficientes para prevenir e/ou mitigar os problemas associados a estes eventos extremos.

Assim, o emprego da geotecnologia e sensoriamento remoto podem acelerar os processos para tomada de decisões. Estas ferramentas auxiliam na aquisição de informações das características da paisagem de forma rápida e com baixo investimento financeiro, visto a grande disponibilidade de dados gratuitos (Santos Junior et al., 2022). O cruzamento de dados geoespaciais possibilita um diagnóstico ambiental mais aguçado e a identificação das ações mais adequadas para reduzir os riscos de inundação e escassez hídrica em cada região da área de interesse (Costa et al., 2024). Ademais, estas ferramentas também permitem o mapeamento da suscetibilidade à inundação em áreas urbanas (Frutuoso et al., 2022; Cirolini et al., 2024; Eberle et al., 2024) e áreas de expansão urbana, que podem ser utilizadas no plano diretor para direcionar o crescimento e o desenvolvimento das cidades para as regiões mais seguras (Segatto et al., 2024).

O município de Rolim de Moura está localizado no estado de Rondônia, pertence a região do arco do desmatamento na Amazônia Ocidental, e foi emancipado no ano de 1983 (Decreto Lei nº 071, 1983). Apesar de ter apenas 41 anos de emancipação (1983 a 2024), o município de Rolim de Moura apresenta um histórico de escassez hídrica (José et al., 2022) e

inundações na área urbana (Souza et al., 2022; Ribeiro et al., 2024; Veríssimo et al., 2024) e, consequentemente a necessidade de estudos voltados a resolução destes problemas.

Mediante ao exposto, objetivou-se com este estudo analisar as principais características da paisagem que influenciam a formação de inundações e a escassez hídrica na área urbana e na área de expansão urbana do município de Rolim de Moura. Além disso, propõe-se um modelo de estruturação de dados geoespaciais, utilizando ferramentas de geotecnologias gratuitas e de baixa demanda computacional, facilitando sua adoção por pequenos municípios. Esse modelo visa otimizar o planejamento e a gestão territorial e hídrica de forma eficiente e acessível.

Material e métodos

Localização e características gerais

O estudo foi realizado na área urbana, área de expansão urbana do município de Rolim de Moura, e também na área de contribuição hidrográfica de ambas, que abrange o município citado (96,39%) e Santa Luzia D'Oeste (3,61%), estado de Rondônia (Figura 1). A região tem clima classificado como Tropical com inverno seco (Aw) (Beck et al., 2018), temperaturas médias entre 24 e 26 °C, e precipitação de 1.900 a 2.200 mm ano⁻¹, (Alvares et al., 2013) concentrada nos meses de novembro a março.

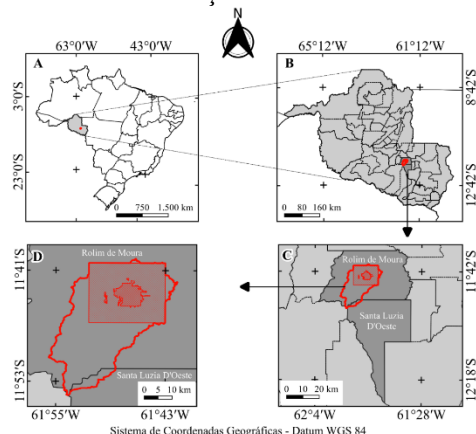


Figura 1. Localização das áreas urbana, expansão urbana e contribuição hidrográfica no Brasil (A), estado de Rondônia (B), e municípios de Rolim de Moura e Santa Luzia D'Oeste (C e D).

Metodologia

A suscetibilidade a inundações e a escassez hídrica estão associadas com características da paisagem que influenciam na captação de água precipitada e capacidade de infiltração de água no solo. Assim, inicialmente foram delimitadas a área urbana, área de expansão urbana e área de contribuição hidrográfica, e com base nessas informações, analisada as seguintes características da paisagem: hidrografia, altitude, relevo, solo, litologia e dinâmica da cobertura do solo. Em seguida foram selecionadas as estratégias de combate a inundações e escassez hídrica mais adequadas ao conjunto de condições ambientais observadas. A aquisição destas informações ocorreu em sete etapas, a saber:

1ª Etapa: delimitação da área urbana atual (2023) com a ferramenta “Adicionar polígono” do software Google Earth Pro. Em seguida, delimitou-se a área de expansão urbana com a ferramenta “Buffer” do software QGIS. 3.28.9 (Versão Firenze), utilizando a área urbana como máscara e uma distância de 3 km nas direções norte, sul, leste e oeste como critério. Posteriormente, delimitou-se a área de contribuição hidrográfica das áreas urbana e de expansão urbana, utilizando a imagem altimétrica do satélite Alos (ASF, 2023) e as ferramentas “r.fill.dir”, “r.watershed”, “r.water.outlet” e “Poligonizar”, respectivamente.

2ª Etapa: obtenção da rede hidrográfica das áreas urbana e expansão urbana em dois passos: 1º) Extração da rede hidrográfica dos trabalhos de Vendruscolo et al. (2019) e José et al. (2022); e 2º) Complementação da rede hidrográfica com a ferramenta “adicionar trilha” no software Google Earth Pro. Nesta etapa também foi obtida as nascentes por meio da ferramenta “Stream Feature Extractor”.

3ª Etapa: extração da altitude, diretamente da imagem altimétrica do satélite Alos. Extração da declividade com a imagem de altitude e a ferramenta “Declividade”, e classificação do relevo de acordo com a declividade em plano (0 a 3%), suave ondulado (3 a 8%), ondulado (8 a 20%), forte ondulado (20 a 45%), montanhoso (45 a 75%) e escarpado (75 a 76%) (Santos et al., 2013). Extração dos dados pedológicos da Secretaria Estadual do Desenvolvimento Ambiental

(SEDAM, 2002). Extração dos dados litológicos da Companhia Geológica do Brasil (CPRM, 2018).

4ª Etapa: análise da cobertura do solo em toda área de estudo com imagens registradas nos anos de 1985, 1998, 2008 e 2022, e na zona ripária (2022), por meio das imagens oriundas do projeto MapBiomias (Souza Junior et al., 2020; Projeto MapBiomias, 2023). A zona ripária foi delimitada com a ferramenta “Buffer”, e de acordo com os Códigos Florestais de 1965 (nascentes = 50 m; rios = 30 m) (Lei nº 4.771, 1965) e 2012 (nascentes = 15 m; rios = 8 m) (Lei nº 12.651, 2012).

5ª Etapa: mapeamento da suscetibilidade a inundações na área urbana e área de expansão urbana. Para a aquisição dos dados foi utilizada a imagem altimétrica do satélite Alos (Sensor Palsar) (ASF, 2023), com resolução espacial de 12,5 m, e os softwares QGIS 3.16.16 (Hannover) e Hand Model (Nobre et al., 2011a; Nobre et al., 2011b; Cuartas et al., 2012; Nobre et al., 2016), em seis passos: 1º) Aquisição da imagem altimétrica do satélite Alos; 2º) Recorte da imagem altimétrica com base na área de estudos e, ajuste da projeção para sistema de coordenadas geográficas e Datum WGS 84; 3º) Extração do Hand (seleção da imagem altimétrica > correção do modelo digital de elevação (Corrected DEM) > cálculo do fluxo acumulado (Accumulated Flow) > extração da rede de drenagem (Drainage) > hand). Na etapa da extração da rede de drenagem foi utilizado o limiar 637, recomendado para a região do estudo (Vendruscolo; Cavaleiro, 2019); 4º) Importação da camada “Hand” no software QGIS, classificação da suscetibilidade a inundações (Tabela 1) com a ferramenta “Reclassificação por tabela”, e análise da classificação; 5º) Preenchimento das células sem dados da camada matricial de suscetibilidade a inundações com a ferramenta “Preencher sem dados”, seguido da conversão da camada matricial para o formato vetorial com a ferramenta “Poligonizar”; e 6º) Recorte da área de estudo com a ferramenta “Recortar” e cálculo das áreas de cada classe de suscetibilidade com a ferramenta “Calculadora de campo”.

6ª Etapa: elaboração dos mapas de área de contribuição hidrográfica, rede hidrográfica, altitude, relevo, litologia, solos, dinâmica da cobertura do solo e suscetibilidade à inundações, com a ferramenta “Novo layout de impressão”.

7ª Etapa: interpretação dos resultados e recomendação das estratégias para combater a formação de inundações e a escassez hídrica na área urbana e área de expansão urbana do município de Rolim de Moura.

Tabela 1. Classificação da suscetibilidade a inundação na área urbana e área de expansão urbana do município de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

Aumento do nível da água (m)	Nível de suscetibilidade a inundação
< 1	Extremamente alto
1-2	Muito alto
2-3	Alto
3-4	Moderado
> 4	Baixo

Resultados

Área de contribuição hidrográfica

A área de contribuição hidrográfica (38.419,86 ha) é a região responsável pela captação da água da chuva, e influencia na formação de inundações em Rolim de Moura. Esta área é composta pela área urbana (2.111,27 ha, 0,55% da área total), área de expansão urbana (15.987,40 ha,

41,61% da área total) e área a montante (20.321,19 ha, 52,89% da área total), está última localizada acima das duas primeiras (Figura 2). As redes hidrográficas que estão presentes na área urbana e na área de expansão urbana são formadas pelos rios Anta Atirada (207,63 km), Palha (78,62 km), D'Alincourt (48,30 km), Manicoré (38,84 km) e Bamburro (14,86 km) (Figura 3).

Dos rios que compõe a área urbana e a área de expansão urbana, merecem destaque o rio Anta Atirada por abranger 99% da rede hidrográfica da área urbana (Figura 3) e apresentar a região mais crítica com relação aos problemas de inundação, e os rios D'Alincourt e Manicoré por serem responsáveis pelo abastecimento de água na área urbana de Rolim de Moura.

Altitude, relevo, litologia e solos

As altitudes variam de 201 m a 439 m, resultando em uma amplitude altimétrica de 238 m (Figura 4). As maiores altitudes estão localizadas na região sul da área de contribuição hidrográfica, enquanto as menores estão situadas principalmente na região norte.

A região também apresenta declividades de 0 a 76%, formando relevos planos a escarpados, contudo, predominam as classes suave ondulado (51,88% da área total), ondulado (30,63% da área total) e plano (17,23% da área total) (Figura 5).

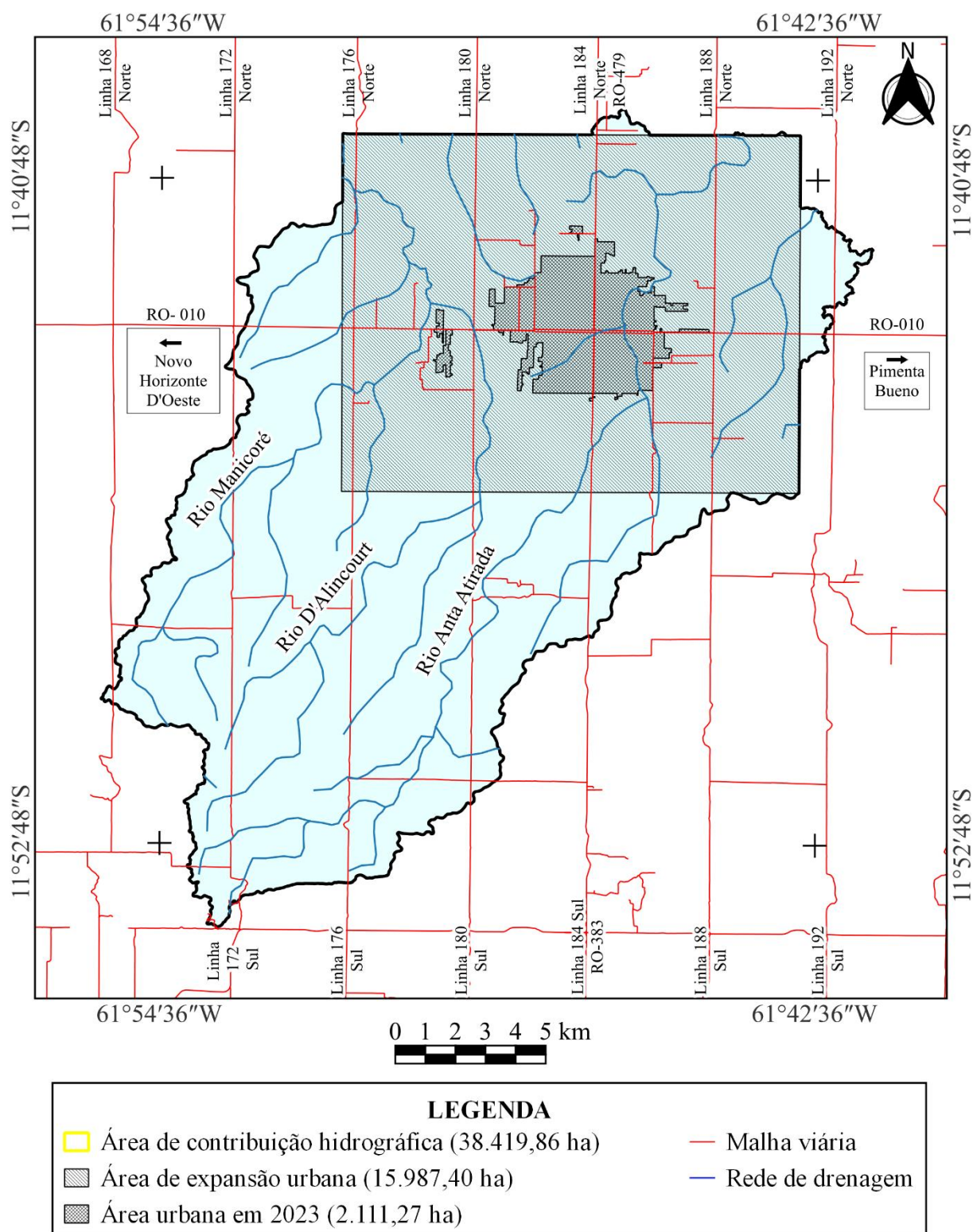
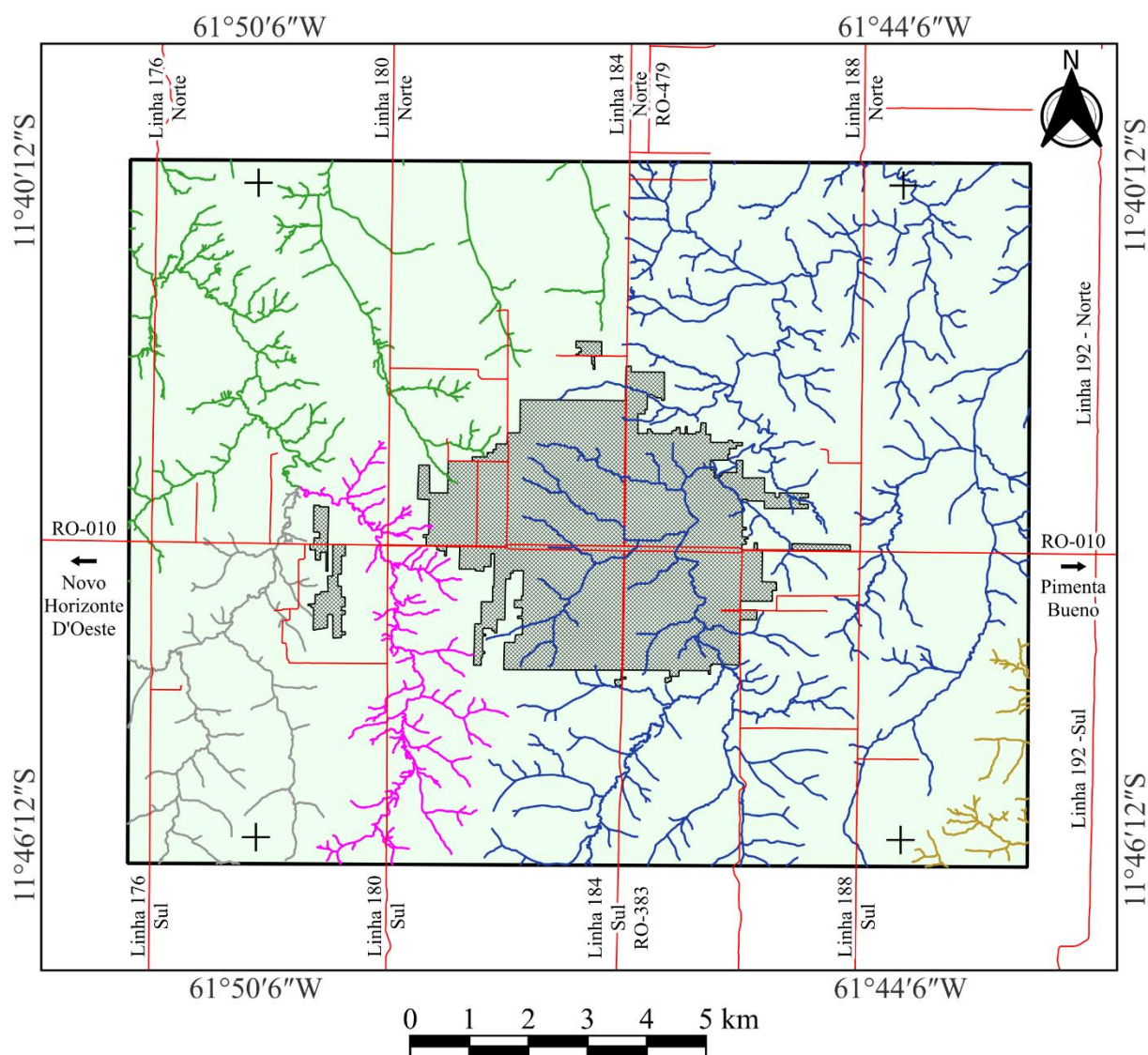


Figura 2. Área de contribuição hidrográfica, área urbana e área de expansão urbana do município de Rolim de Moura, Amazônia Ocidental, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).



LEGENDA			
 Área de expansão urbana (15.987,40 ha)	Rede hidrográfica	Área de expansão urbana	Área urbana
 Área urbana em 2023 (2.111,27 ha)		----- Comprimento (km e %) -----	
— Malha viária	— Anta Atirada	178,87 e 49,79	28,76 e 99,00
	— Palha	78,44 e 21,84	0,18 e 0,62
	— D'Alincourt	48,19 e 13,42	0,11 e 0,38
	— Manicoré	38,84 e 10,81	0,00 e 0,00
	— Bamburro	14,86 e 4,14	0,00 e 0,00

Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Figura 3. Rede hidrográfica na área urbana e área de expansão urbana do município de Rolim de Moura, Amazônia Ocidental, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

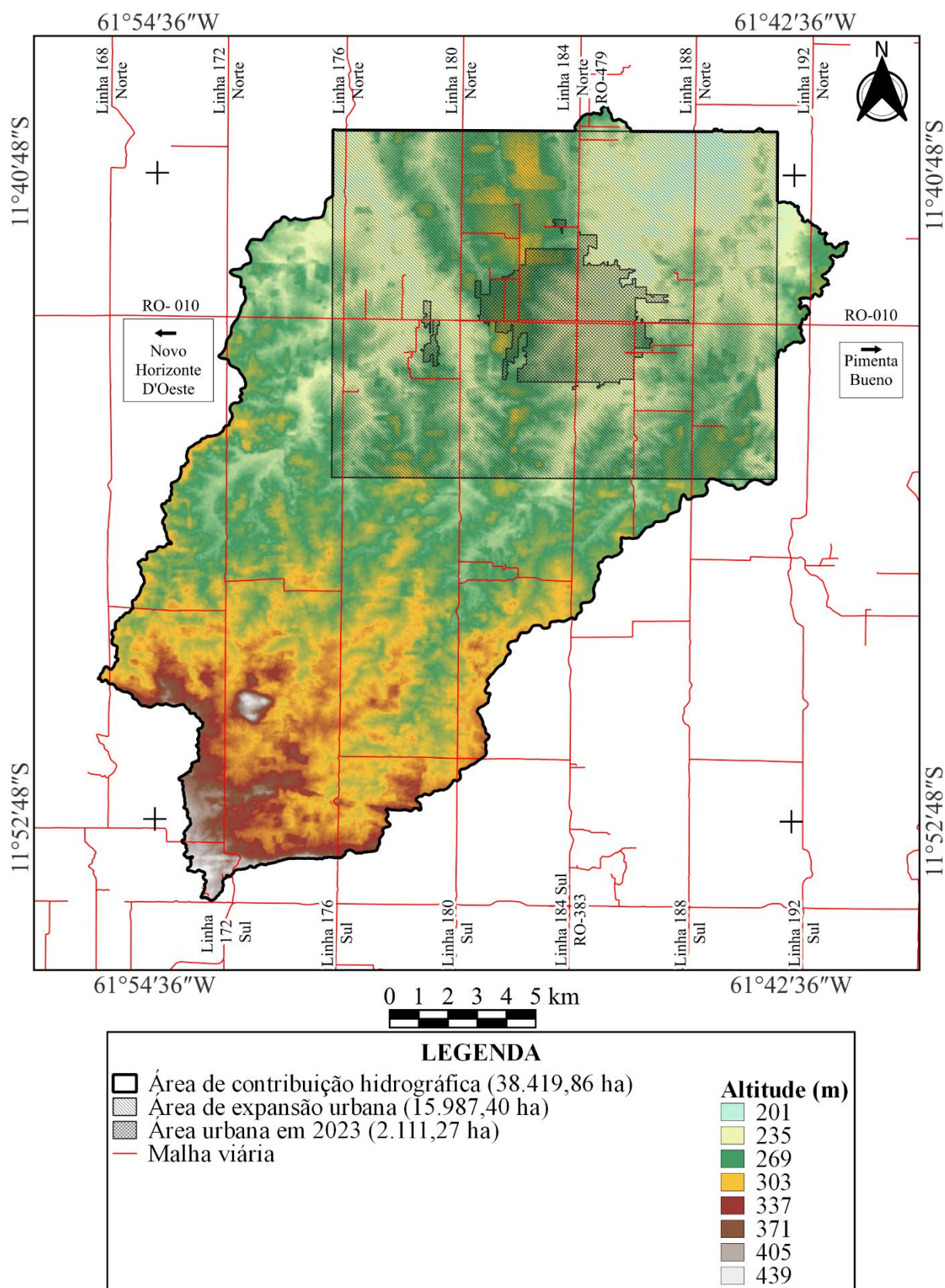


Figura 4. Altitude das áreas urbana, expansão urbana e contribuição hidrográfica do município de Rolim de Moura, Amazônia Ocidental, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

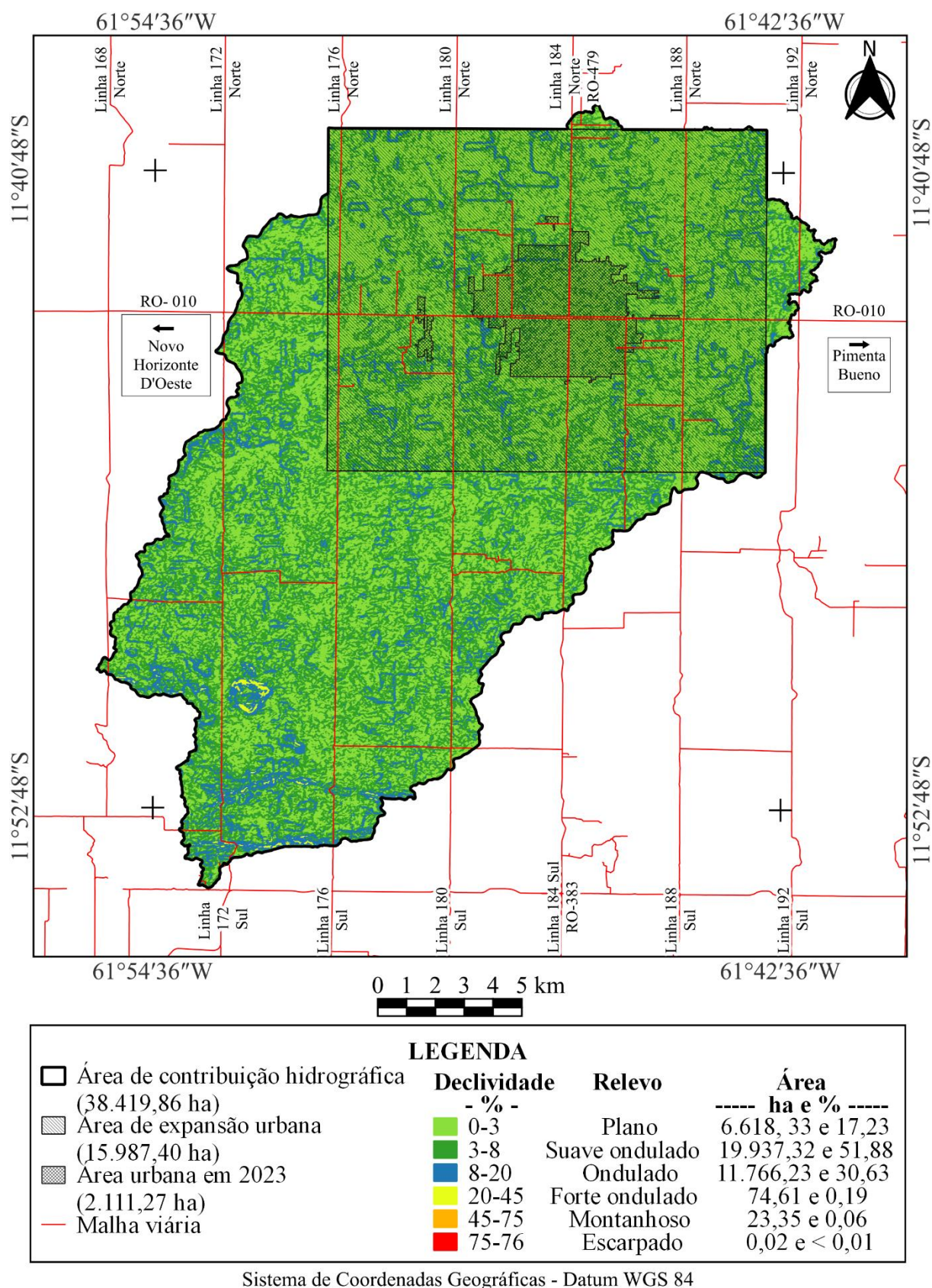
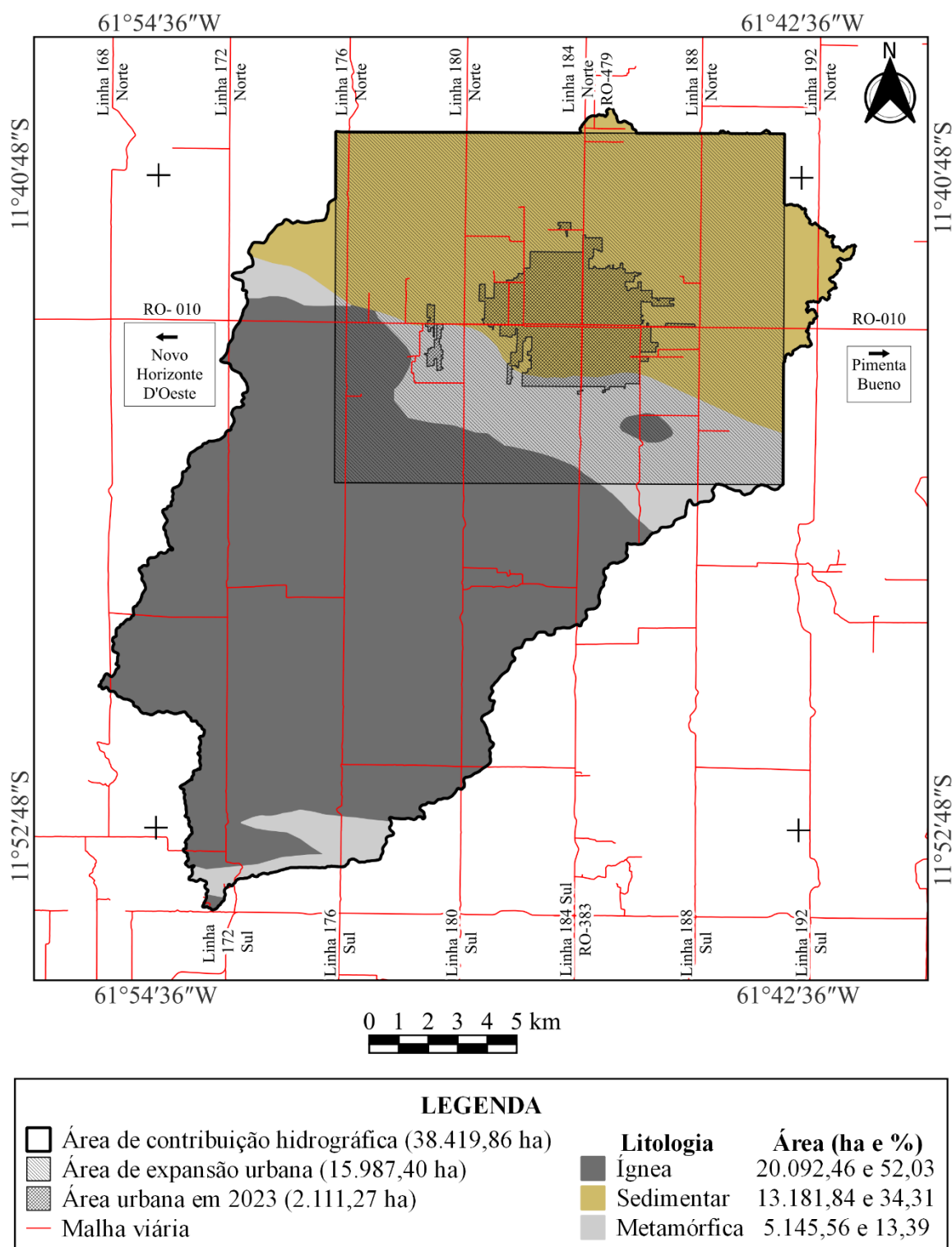


Figura 5. Relevo das áreas urbana, expansão urbana e contribuição hidrográfica do município de Rolim de Moura, Amazônia Ocidental, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

As áreas de contribuição hidrográfica e expansão urbana são constituídas de rochas ígneas (52,30% e 14,96% das áreas totais, respectivamente), sedimentares (34,31% e 62,88% das áreas totais, respectivamente) e metamórficas

(13,39% e 22,16% das áreas totais, respectivamente), enquanto a área urbana é constituída apenas de rochas sedimentares (91,07%) e metamórficas (8,93%) (Figura 6).

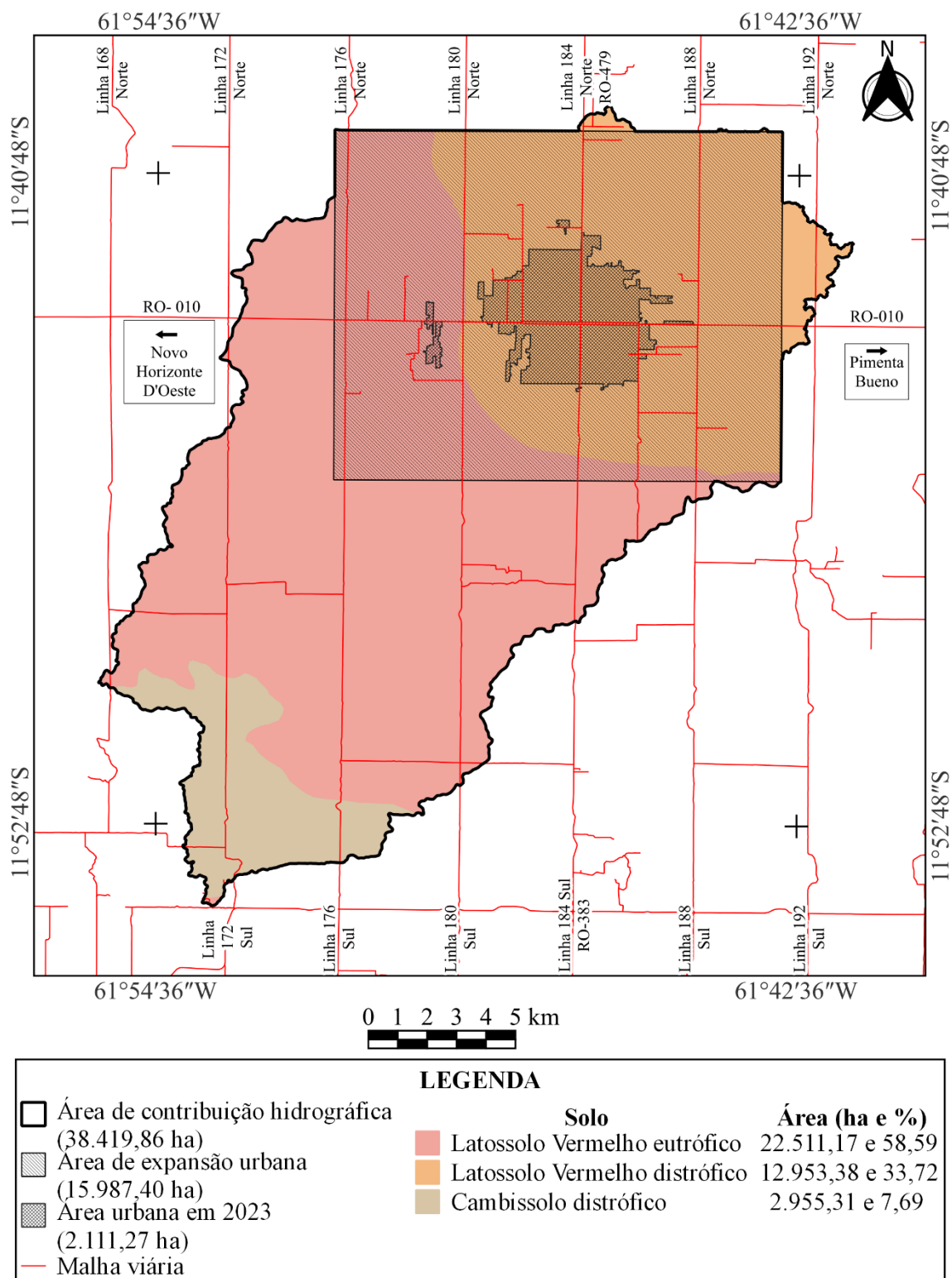


Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Figura 6. Litologia das áreas urbana, expansão urbana e contribuição hidrográfica do município de Rolim de Moura, Amazônia Ocidental, Brasil. Fonte: Adaptado de CPRM (2018).

Os solos são classificados como Latossolos Vermelhos eutróficos (58,59% da área total), Latossolos Vermelhos distróficos (33,72%

da área total) e Cambissolos distróficos (7,69% da área total) (Figura 7).



Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Figura 7. Principais solos das áreas urbana, expansão urbana e contribuição hidrográfica do município de Rolim de Moura, Amazônia Ocidental, Brasil. Fonte: Adaptado de SEDAM (2002).

Dinâmica da cobertura do solo

No período de 1985 a 2022 ocorreu grande mudança espacial na cobertura do solo da área em estudo, com destaque para o aumento constante da área de pecuária (17.454,40 ha para 30.220,60 ha) e da área urbana (1.442,71 ha para 2.217,29 ha), e a redução das áreas de formação florestal (18.252,00 ha para 5.341,51 ha) e formação

campestre (999,02 ha para 30,74 ha) (Figura 8). Portanto, as áreas de formação florestal e formação campestre que ocuparam 50,11% da área total em 1985, passaram a ocupar apenas 13,98% no ano de 2022, enquanto a área de pecuária passou de 45,43% para 78,66% da área total no mesmo período.

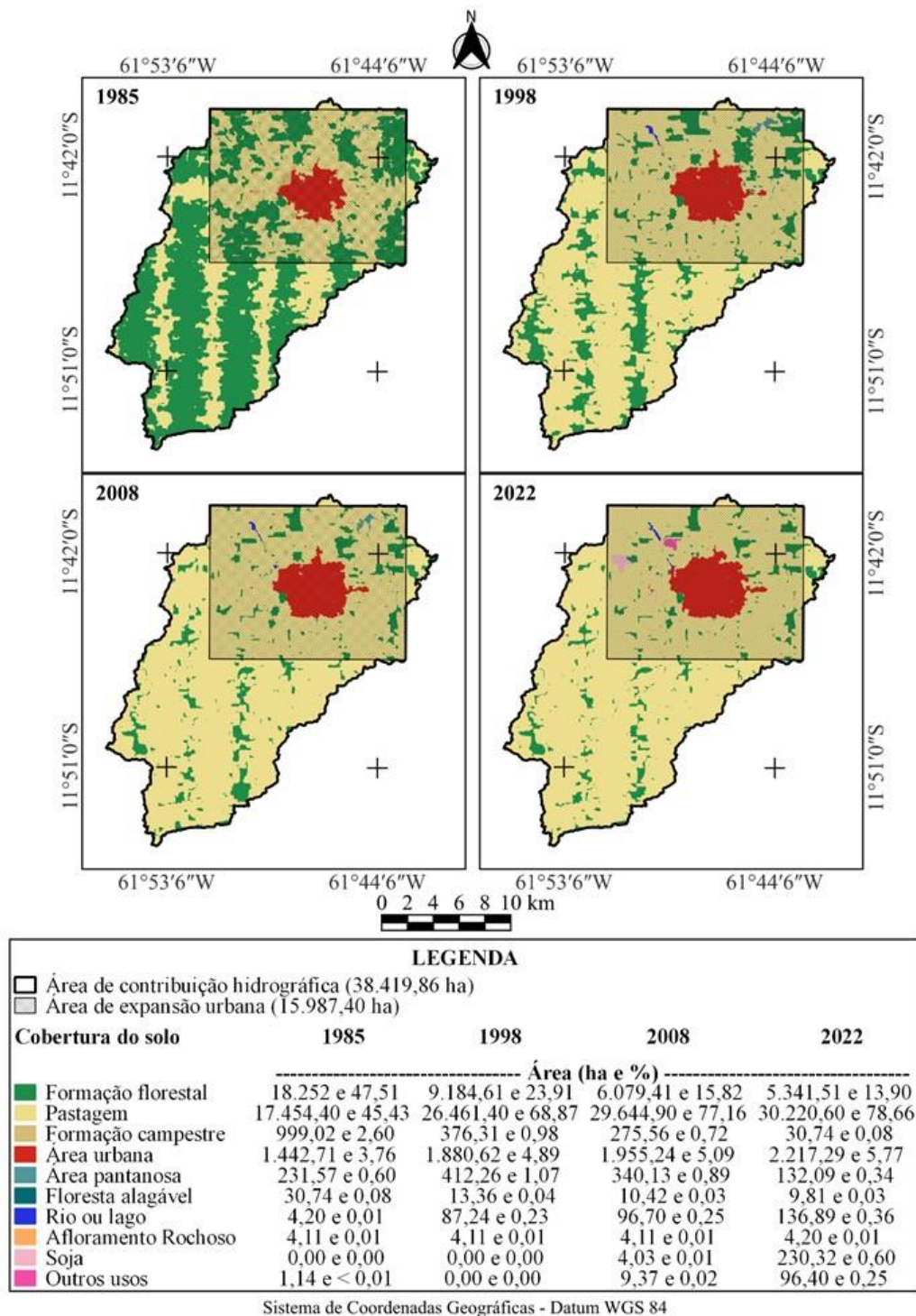


Figura 8. Dinâmica da cobertura do solo nas áreas urbana, expansão urbana e contribuição hidrográfica do município de Rolim de Moura, Amazônia Ocidental, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

No ano de 2022, a zona ripária delimitada de acordo com o código florestal de 1965 (Lei nº, 4.771, 1965) apresentava área de 2.416,28 ha, e a zona ripária delimitada com base no Código Florestal de 2012, o qual considera as áreas consolidadas (Lei nº 12.651, 2012), apresentava área de 636,15 ha (Figura 9). Neste ano, verificou-se que na área urbana existe a predominância de

construção civil (85,38% e 83,46%), pastagem (11,07% e 11,64%) e campo alagado (3,44% e 4,83%), e na área de expansão urbana existe a predominância de pastagem (68,76% e 70,63%), formação florestal (17,70% e 20,54%) e campo alagado (2,97% e 3,92%), para zona ripária de 1965 e zona ripária de 2012, respectivamente.

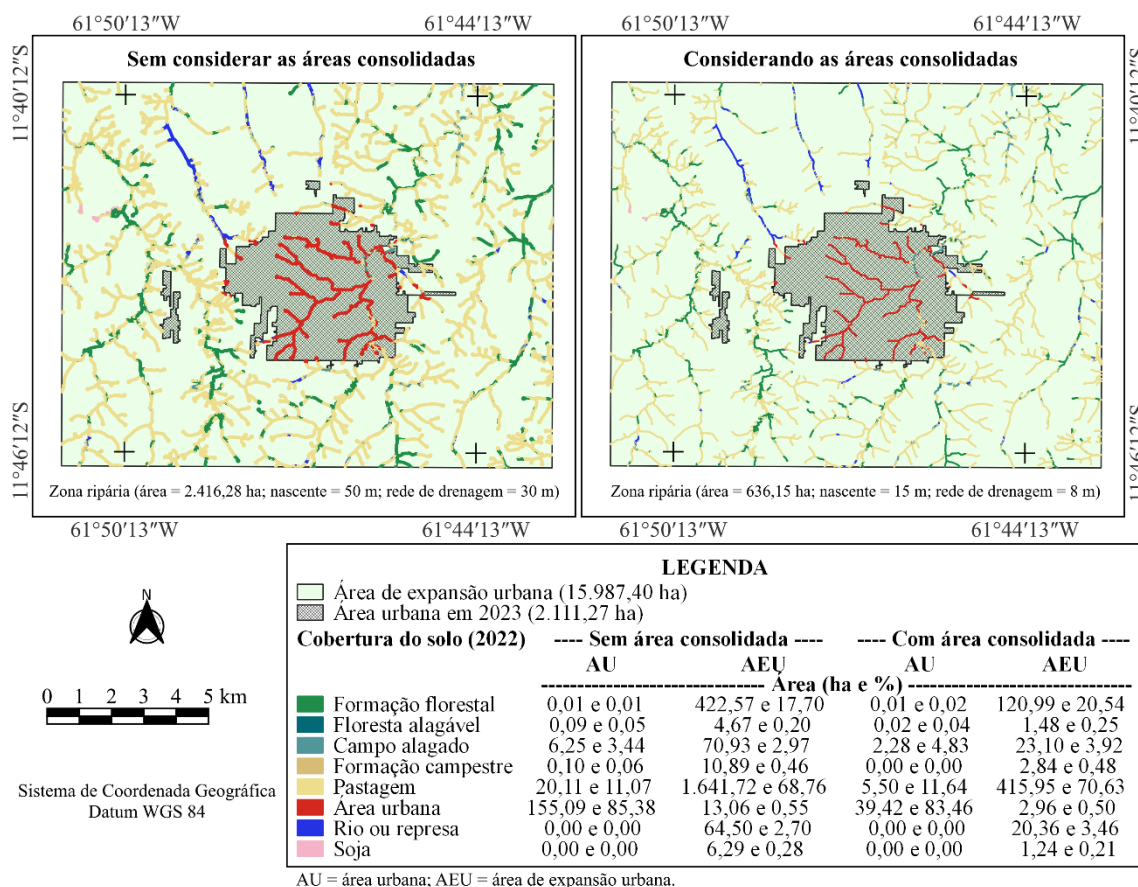


Figura 9. Comparação da cobertura do solo na zona ripária no ano de 2022, na área urbana e na área de expansão urbana do município de Rolim de Moura, considerando o Código Florestal de 1965 (sem área consolidada) e o Código Florestal de 2012 (com área consolidada). Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Mapeamento da suscetibilidade à inundação

As áreas urbana e de expansão urbana apresentaram cinco níveis de suscetibilidade à inundação, variando de baixo até extremamente alto, porém, predominam as regiões classificadas como baixo (58,46% e 60,72%, respectivamente), extremamente alto (14,69% e 14,12%, respectivamente) e muito alto (10,42% e 10,24%, respectivamente) (Figura 10). Na área urbana, as áreas com maiores suscetibilidades estão localizadas principalmente nas margens do rio Anta Atirada. Ao comparar as figuras 10 e 3, observa-se que existem regiões que não apresentam rede hidrográfica, contudo, apresentam suscetibilidade

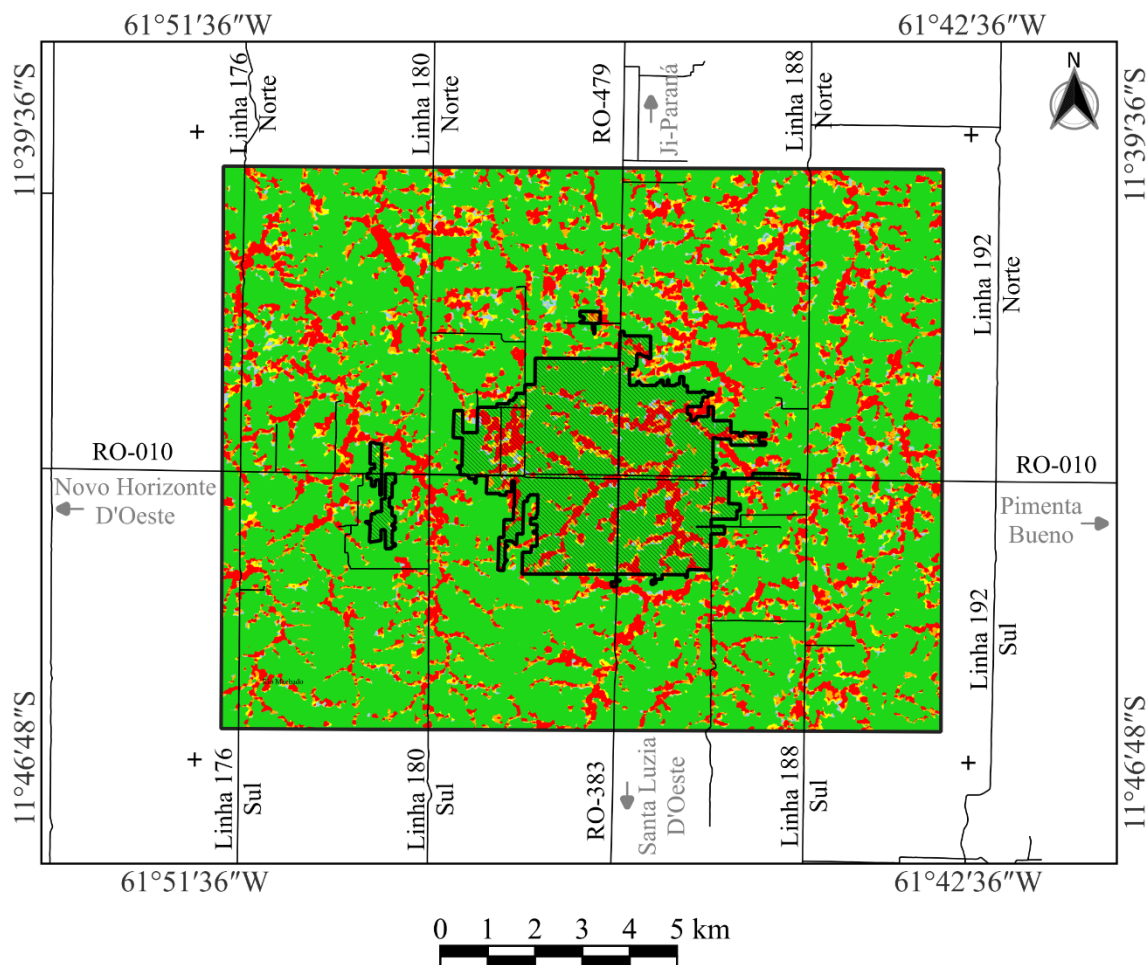
moderada a extremamente alta, e neste caso podem ser denominadas de suscetibilidade ao alagamento.

Discussão

A rede hidrográfica conduz os recursos hídricos ao longo da paisagem, de forma que as áreas vizinhas, conhecidas como várzeas, apresentam inundações periódicas na época das chuvas, quando as águas extravasam os leitos dos rios. Ao comparar os mapas de rede hidrográfica (Figura 3) e altitude (Figura 4), constata-se que, na área urbana próxima ao rio Anta Atirada, há pouca variação altimétrica, o que expande a extensão das várzeas e potencializa o alcance das inundações. Além disso, a baixa declividade dessa região

(Figura 5) diminui a velocidade do fluxo hídrico; assim, quando há redução da capacidade de infiltração do solo ou impermeabilização

decorrente de construções, ocorre o acúmulo de água pluvial e, consequentemente, a inundação.



LEGENDA			
	Área de expansão urbana (15.987,40 ha)		
	Área urbana no ano de 2023 (2.111,27 ha)		
	Malha viária		
Nível da água -- m --	Suscetibilidade a enchente	Área de expansão urbana ----- Área (ha e %)	Área urbana ----- Área (ha e %)
< 1	Extremamente alto	2.256,86 e 14,12	310,07 e 14,69
1-2	Muito alto	1.637,75 e 10,24	219,96 e 10,42
2-3	Alto	1.239,12 e 7,75	177,17 e 8,39
3-4	Moderado	1.146,36 e 7,17	169,78 e 8,04
> 4	Baixo	9.707,31 e 60,72	1.234,29 e 58,46

Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Figura 10. Suscetibilidade a inundação das áreas urbana, expansão urbana e contribuição hidrográfica, no município de Rolim de Moura, Amazônia Ocidental, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A litologia da região é formada por rochas que apresentam baixa permeabilidade, que favorecem a saturação do solo e o escoamento

superficial. Materiais litológicos com baixa permeabilidade favorecem o escoamento superficial e a formação de redes hidrográficas com

densidade de drenagem alta a muito alta, como pode ser observado nas microbacias dos rios Gael (Borges et al., 2024) e Cachara (Vendruscolo et al., 2022a), e nas áreas urbana e de expansão urbana de Rolim de Moura (2,14 km km⁻²), enquanto materiais inconsolidados apresentam alta permeabilidade, favorecem a infiltração de água e formam redes hidrográficas com baixa densidade de drenagem, como observado em outras microbacias da região, como nos rios Coruja (Santana et al., 2024) e Ariranha (Vendruscolo et al., 2022b).

Os Latossolos são solos altamente intemperizados, profundos e apresentam boa capacidade de drenagem (Oliveira et al., 2021), que em condições naturais de vegetação favorecem a infiltração da água, reduzindo, conseqüentemente os riscos de formação de inundações. E os Cambissolos são solos pouco profundos (Gotardo et al., 2020), tornando-o mais suscetível a saturação, escoamento superficial e formação de inundações do que os Latossolos. Essas características demonstram que a maior parte da região em estudo deveria ser naturalmente pouco suscetível a formação de inundações com relação aos solos, se não fosse uma peculiaridade na área urbana. Dentro da área urbana está uma mancha de Cambissolo Háptico Tb Distrófico saprolítico gleissólico petroplíntico, com horizonte B apresentando fragmentos de argilitos com formato laminar muito duros, que tornam o solo moderadamente drenado (Lumbreras et al., 2019), logo, esta região torna-se suscetível ao escoamento superficial após os eventos de precipitação pluviométrica com intensidade moderada a alta, cada vez mais frequentes nos últimos anos. Essa mancha foi detectada apenas em 2018, durante a XII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de solos, por esse motivo não aparece na Figura 8, e mostra a importância de novos estudos para mapear a área desta mancha e atualizar o mapa de solos.

As características da paisagem associadas a rede hidrográfica, altitude, relevo, litologia e solos da área em estudo indicam que a região apresenta características que a tornam naturalmente suscetível a formação de inundações, principalmente na área urbana. Esse problema tem se potencializado na área urbana por três fatores:

1º) a mudança climática que tendem a tornar as chuvas mais intensas e mais frequentes (IPCC, 2023; Clarke et al., 2024); 2º) mudança drástica na cobertura do solo no ano de 2022 (Figuras 8 e 9), principalmente com relação a conversão de área de vegetação nativa para pecuária e soja na área de expansão urbana e a montante, a ocupação da zona ripária com construções civis na área urbana; e 3º) tendência de redução da área da zona ripária com o Código Florestal de 2012, por considerar as áreas consolidadas (Figura 9).

As áreas de vegetação nativa apresentam elevada capacidade de infiltração de água no solo quando comparada com áreas com pastagem, soja e área urbana (Tabela 2), uma vez que os sistemas radiculares desta vegetação geralmente são bem desenvolvidos e profundos, formando diversos canais no perfil do solo ao longo dos anos. Portanto, a conversão de uso de solo de vegetação nativa para a pastagem, soja e área urbana reduz a capacidade de infiltração de água, favorece o escoamento superficial e, conseqüentemente, a formação de inundações na área urbana e na área de expansão urbana de Rolim de Moura. Ao mesmo tempo que reduz o provimento de serviço ecossistêmico e a eficiência hídrica (Sá et al., 2023), elevando o risco de escassez hídrica no período de estiagem.

A conversão de uso de solo na zona ripária dentro da área urbana é ainda mais preocupante, principalmente quando convertida para área de construção civil, por expor as pessoas diretamente ao risco de vida, perdas de bens materiais e proliferação de doenças por veiculação hídrica, por se tratar de uma região naturalmente suscetível a inundações. A redução da área da zona ripária (2.416,28 ha para 636,15 ha, ou seja, 3,8 vezes) com a mudança do Código Florestal de 1965 (Lei nº 4.771, 1965) para o Código Florestal de 2012 (Lei nº 12.651, 2012) (Figura 9), agrava ainda mais o problema, por influenciar a construção civil próxima aos rios. Ademais, a redução da zona ripária compromete a qualidade da água (Cavalheiro et al., 2023), por diminuir o filtro natural responsável pela retenção de sedimentos e poluentes oriundos das cotas mais altas do terreno.

Tabela 2. Velocidade de infiltração básica (VIB) para os principais tipos de cobertura encontrados na área de estudo.

Cobertura do solo	Solo	VIB --- mm h ⁻¹ ---	Classificação da VIB ^e
Floresta nativa	Latossolo Vermelho	1.650,00 ^a	Extremamente rápida
Pastagem	Latossolo Vermelho	8,00 ^b	Moderadamente lenta
Soja	Latossolo Amarelo	24,00 ^c	Moderada
Área urbana	—	0,00 ^d	Muito lenta
Classificação da VIB ^d		VIB (mm h ⁻¹) ^e	
Muito lenta		< 3,00	
Lenta		3,00 a 5,50	
Moderadamente lenta		5,51 a 12,50	
Moderada		12,51 a 30,50	
Moderadamente rápida		30,51 a 60,50	
Rápida		60,51 a 100,00	
Muito rápida		100,01 a 200,00	
Extremamente rápida		> 200	

VIB: Velocidade de Infiltração Básica; ^aCarvalho et al. (2024); ^bFurquim et al. (2020); ^cFeitosa et al. (2020);

^dAdaptado de Parra e Teixeira (2020); ^eAdaptado de Pereira et al. (2020).

É importante destacar que as águas que formam as inundações no período das chuvas são exatamente as águas que faltam no período de estiagem, resultando na escassez hídrica. Isso ocorre porque o solo é o subsolo são grandes reservatórios naturais de água, que são recarregados no período das chuvas, logo, a redução da capacidade de infiltração de água também diminui a quantidade de água armazenada, comprometendo a regulação da vazão no período de estiagem. Portanto, as medidas que favorecem a infiltração de água no solo para mitigar os problemas de inundações, também mitigam os problemas de escassez hídrica.

Mediante os resultados deste estudo, constata-se a necessidade de adotar medidas integradas na área urbana, área de expansão urbana e a área de contribuição hidrográfica a montante de ambas, para prevenir e mitigar os problemas associados as inundações no período das chuvas e a escassez hídrica no período de estiagem (Figura 11). Destaca-se que, atualmente (2025) a microbacia do rio Anta Atirada é a região prioritária para a execução de projetos visando a prevenção de inundações, e as microbacias dos rios D'Alincourt e Manicoré, são as prioritárias com relação a redução dos riscos de escassez hídrica.

A sensibilização da população (item 1 da Figura 11) visa disponibilizar informações sobre os riscos de ocupar áreas mais suscetíveis a inundação (Figura 10), que tendem a ser mais frequentes e intensas com as mudanças climáticas. E evitar que os resíduos sólidos sejam descartados nos rios ou em sua zona ripária, provocando inundações em

regiões não suscetíveis devido ao entupimento dos canais e redução das áreas de várzea.

A contratação de profissionais via concurso público (item 2 da Figura 11) é importante para manter uma equipe estável, do ponto de vista governamental, e possibilitar a continuidade de projetos a longo prazo (CPRM, 2017). Também permite o monitoramento dos efeitos do projeto, ajustes das medidas ao longo do tempo e, conseqüentemente, maior eficiência nos resultados esperados.

A fiscalização periódica (item 3 da Figura 11) pode ser realizada com drone, utilizando o mapa de suscetibilidade a inundação (Figura 10) como base para o planejamento de voo. Quando encontrado alguma irregularidade, a equipe é mobilizada para realizar a fiscalização no local e tomar as medidas cabíveis.

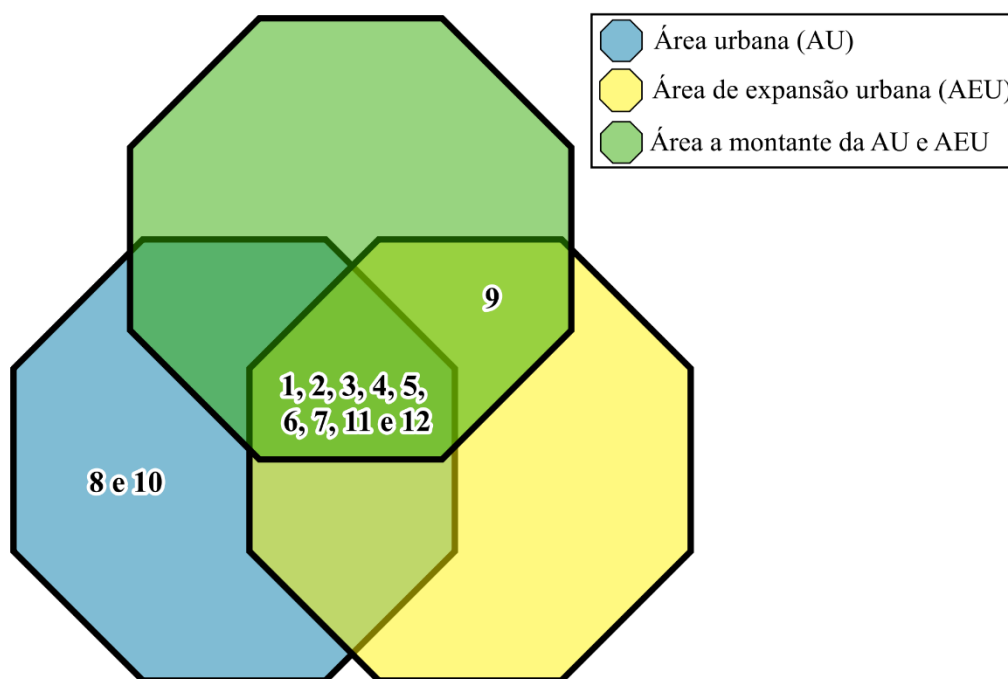
A realocação das famílias (item 4 da Figura 11) nas áreas mais suscetíveis a inundação (Figura 10), deve ser realizada após uma análise de necessidade no local, e contemplar principalmente as famílias localizadas na zona ripária do rio Anta Atirada (Figura 4), por estarem em maior risco.

O plano de contingência (item 5 da Figura 11) tem por objetivo nortear a atuação dos profissionais em situações de risco de inundação e enfrentamento dos eventos adversos provocados pela mesma. Esse documento deve apresentar os profissionais responsáveis pela implementação do Plano, desenvolver e atualizar os protocolos e procedimentos operacionais necessários para o manejo do desastre, entre outras ações (Brasil, 2019).

As práticas conservacionistas (item 6 da Figura 11) devem ser adotadas de forma integrada (vegetativa, edáfica e mecânica) e considerar o tipo de relevo (Figura 5 e Tabela 3) para melhorar a eficiência na infiltração de água no solo e a redução do escoamento superficial (Miranda et al., 2024).

A implantação de áreas verdes com árvores (item 7 da Figura 11) na área suscetível a inundação localizada na zona ripária, tem por objetivo reduzir os riscos de novas ocupações, e melhorar a qualidade de vida da população urbana. As áreas verdes com árvores, além de favorecer a infiltração de água no solo e reduzir o escoamento

superficial que provoca a inundação (Tabela 2), diminui a temperatura do ambiente (Schwaab et al., 2021). Em trabalho realizado por Kumar et al. (2024), constatou-se o resfriamento de ar em jardins botânicos ($5,0 \pm 3,5$ °C), áreas brejosas ($4,9 \pm 3,2$ °C), paredes verdes ($4,1 \pm 4,2$ °C), árvores de rua ($3,8 \pm 3,1$ °C) e varandas vegetadas ($3,8 \pm 2,7$ °C). Portanto, a implantação de áreas verdes com árvores torna o local mais agradável para o passeio em família, atividades recreativas com os amigos e o desenvolvimento de atividades físicas, e também desencoraja novas ocupações nas áreas de risco.



- 1 = Sensibilizar a população para não ocupar áreas suscetíveis a inundação, ocorrência de eventos extremos e destinação adequada dos resíduos sólidos.
- 2 = Contratar profissionais qualificados para o monitoramento e a execução das ações de combate a inundação, e planejamento territorial, por meio de concursos públicos.
- 3 = Realizar visitas periódicas às áreas suscetíveis e supervisão das obras em andamento, por parte da Defesa Civil e Órgãos Ambientais, para evitar a ocupação em áreas de risco.
- 4 = Realocar as famílias localizadas nas áreas suscetíveis a inundação.
- 5 = Elaborar um plano de contingência.
- 6 = Adotar práticas conservacionistas.
- 7 = Implantar áreas verdes englobando a zona ripária e áreas suscetíveis a inundação.
- 8 = Projetar e implantar sistemas de drenagem pluvial e fluvial eficientes nas áreas construídas de difícil realocação.
- 9 = Recuperar a vegetação nativa nas Reservas Legais e áreas de recarga.
- 10 = Executar manutenção das drenagens pluviais e canais de córregos.
- 11 = Realizar estudos geotécnicos e hidrogeológicos.
- 12 = Atualizar o plano diretor do município com base nos dados deste estudo.

Figura 11. Medidas integradas para prevenir e mitigar os eventos extremos (inundações e escassez hídrica) na área urbana de Rolim de Moura, Amazônia Ocidental, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tabela 3. Práticas conservacionistas recomendadas para a área em estudo.

Relevo	Declividade (%)	Caráter	Prática conservacionista
Plano e suave ondulado	0 a 3	Vegetativo Edáfico	Cobertura morta e plantio em contorno
	3 a 8	Mecânico	Calagem e adubação* Terraceamento
Ondulado	8 a 20	Vegetativo Edáfico Mecânico	Cultivo em faixas e cobertura morta Calagem e adubação* Terraceamento
Forte ondulado	20 a 45	Vegetativo Edáfico Mecânico	Reflorestamento e plantas de cobertura Calagem e adubação* Terraceamento
Montanhoso	45 a 75	Vegetativo Edáfico	Manutenção da floresta e reflorestamento Calagem e adubação*, e controle do fogo
Escarpado	> 75	Vegetativo Edáfico	Manutenção da floresta e reflorestamento Calagem e adubação*, e controle do fogo

*Mediante análise de solo. Adaptado de Silva et al. (2022).

O projeto e a implantação de sistemas de drenagem pluvial e fluvial (item 8 da Figura 11), como canalizações, pode ser utilizado em regiões já ocupadas, contudo, são extremamente caras. Esse tipo de projeto deve levar em consideração que a canalização dos pontos críticos apenas transfere a inundação de um lugar para outro na microbacia, logo, outras regiões se tornarão críticas após a conclusão das obras. Por esse motivo, devem ser utilizadas somente em último caso.

A recuperação da vegetação nativa nas reservas legais (item 9 da Figura 11) está prevista no Código Florestal (Lei nº 12.651, 2012), e deve abranger quantidades adequadas em cada posição do relevo para garantir a recarga do lençol freático, e a disponibilidade de água em quantidade e qualidade ao longo do ano. Portanto, no planejamento de recuperação da vegetação nativa na reserva legal, deve-se considerar o topo dos morros, encostas, zonas ripárias e intervalos (Tambosi et al., 2015).

Para melhorar a atratividade de recuperação e manutenção da vegetação nativa nas reservas legais e zona ripária nas propriedades rurais, podem ser desenvolvidos projetos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), Créditos de Carbono, Sistemas Agroflorestais (SAFs) e incentivo na produção e comercialização de produtos não madeireiros (Albuquerque et al., 2024). Esses projetos também visam diversificar a fonte de renda dos produtores e reduzir os riscos financeiros provocados pela instabilidade do mercado.

A manutenção das drenagens pluviais e canais de córregos (item 10 da Figura 11) está associado com o monitoramento e retirada de

resíduos sólidos descartados inadequadamente pela população. Com o tempo, esses resíduos podem se acumular e entupir os canais dos córregos e as redes de drenagem pluviais, favorecendo a formação de alagamentos, enchentes e inundações.

Os estudos geotécnicos e hidrogeológicos (item 11 da Figura 11) visam dar suporte a escolha de ações estruturais (CPRM, 2017) para prevenção e/ou mitigação das inundações.

A localização das áreas suscetíveis a inundação do presente estudo corrobora com dos dados da Companhia Geológica do Brasil (CPRM), o qual classificaram a zona ripária do rio Anta Atirada como planície de inundação (CPRM, 2017). Logo, o mapeamento da suscetibilidade à inundação (Figura 10) pode ser utilizado para atualizar o Plano Diretor do município de Rolim de Moura (item 12 da Figura 11), a fim de evitar o crescimento e o desenvolvimento urbano em regiões inadequadas.

No caso de Rolim de Moura, o crescimento e o desenvolvimento urbano devem ser direcionados para a região classificada como de baixa suscetibilidade à inundação (Figura 10), que corresponde a 9.707,31 ha na área de expansão urbana e 1.234,29 ha na área urbana. As demais regiões devem ser destinadas a formação de áreas verdes e parques urbanos, possibilitando a melhoria da qualidade de vida para população em todos os bairros da área urbana de Rolim de Moura.

Conclusão

A área urbana e a área de expansão do município de Rolim de Moura têm características naturais, de urbanização e de uso e ocupação dos solos que favorecem a formação de inundações durante o período de chuvas e a escassez hídrica na estação seca. O estudo destaca que essas vulnerabilidades são amplificadas pela supressão da vegetação nativa, que reduz a capacidade de infiltração de água no solo e compromete o armazenamento hídrico, essencial para a regulação do fluxo de água durante o ano.

Para prevenir, adaptar e mitigar esses problemas, recomenda-se a adoção de uma série de medidas integradas, abrangendo a área urbana, a área de expansão urbana e a área de contribuição hidrográfica.

Para mitigar os problemas associados a inundação e escassez hídrica, é necessário delimitar a zona ripária com base nas características da paisagem. Para a solução adequada destes problemas, a delimitação da área da zona ripária não deve ser realizada com base no Código Florestal de 2012, visto que está na contramão do que é necessário para combater estes eventos extremos, por reduzir a área de vegetação nativa nas áreas mais sensíveis ou com maiores funções ecossistêmicas.

O modelo proposto com uso de ferramentas gratuitas geotecnologias e de baixo poder computacional, mostrou-se suficiente na análise das características da paisagem que influenciam a suscetibilidade a inundações e escassez hídrica, permitindo o mapeamento preciso das áreas vulneráveis e a seleção de estratégias adequadas para reduzir esses riscos. Neste sentido, este estudo oferece uma contribuição para o planejamento territorial de pequenos municípios da Amazônia, fornecendo um modelo que pode ser replicado em outras regiões com desafios semelhantes. Além disso, seus resultados podem subsidiar a formulação de políticas públicas voltadas à conservação da vegetação nativa e à implementação de práticas sustentáveis de gestão das águas urbanas.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos grupos de pesquisa de Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA), e Recuperação de Ecossistemas e Produção Florestal (REProFlor), e ao Laboratório de Heurística de Sistemas Agroalimentares na Amazônia pertencentes a Universidade Federal de

Rondônia, Campus de Rolim de Moura pelo suporte à realização da pesquisa.

Referências

- Albuquerque, A. R. S., Stachiw, R., Rocha, J. D. S., Carneiro, K. A. A., Barboza, E., Santos, M. A., Macedo, R. S., Souza, R. F. S., Fulan, J. Â., Vendruscolo, J., Hara, F. A. S., Travassos, F. V., Souza, V. S., Amoedo, P. S., & Costa, A. P., (2024). Análise da dinâmica espacial e temporal da cobertura do solo na microbacia do rio Marobá, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Caderno Pedagógico*, 21(6), 1-21. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n6-145>
- Almeida, C. C. S., Piscoya, V. C., Barreto, T. N. A., & Rolim Neto, F. C., (2020). Capacidade de infiltração em Neossolo Flúvico e Cambissolo Háplico no semiárido pernambucano. *Revista de Geografia*, 37(2), 2020.
- 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), 11-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ASF - Alaska Satellite Facility, (2023). *Imagem altimétrica*. Fairbanks-AK: ASF. Disponível em: <https://www.asf.alaska.edu/>
- Barbosa, A. S., Amaral, L. G. H., & Santos, G. B., (2024). Avaliação da infiltração de água nos solos da bacia do Rio de Ondas, Barreiras-BA. *Revista de Geografia*, especial, 40-50.
- 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. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Borges, N. S., Oliveira, H. H. B., Mariano, G. F., Freisleben, V. M., Oliveira, I. L. A. S., Silva, R. S., & Vendruscolo, J., (2024). Características da paisagem da microbacia do rio Gael: análise hidrogeomorfológica para o planejamento e gestão ambiental, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 13(1), 67-82. <https://doi.org/10.47209/2317-5729.v.13.n.1.7390>
- Brasil, (2019). Plano de Contingência para Emergência em Saúde Pública por Inundação. 2. ed. Brasília-DF: Ministério da Saúde. 42 p. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_contingencia_saude_inundacao.pdf
- Carvalho, R. R., Soares, K. M., Marinho, J. D. Oliveira, A. C. B., & Lima, A. M., (2024). Análise da infiltração de água no solo em

- diferentes tipos de uso e cobertura utilizando infiltrômetro de duplo anel. *Revista Científica Multidisciplinar O Saber*, 1(2), 1-7.
- Cavalheiro, W. C. S., Scoti, M. S. V., Vendruscolo, J., & Silva, J. M., (2023). *A perda da cobertura vegetal natural em áreas de nascentes: implicações na qualidade da água*. In: Paniagua CES. Innovate: Engenharia Sanitária e Ambiental. Ponta Grossa-PR: Editora Atena. p. 33-44.
- Cirolini, A., Bruch, A. F., Thum, A. B., & Carneiro, M., (2024). Mapeamento das áreas suscetíveis à inundação, município de Pedro Osório-RS. *ACTA Geográfica*, 18(48), 220-240. <https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v18i48.5590>
- Clarke, B., Barnes, C., Rodrigues, R., Zachariah, M., Alves, L. M., Haarsma, R., Pinto, I., Yang, W., Vahlberg, M., Vecchi, G., Izquierdo, K., Kimutai, J., Otto, F., Philip, S., Kew, S., Singh, R., Biehl, J., & Mugge, M., (2024). Climate change, El Niño and infrastructure failures behind massive floods in southern Brazil. *Imperial College London*. <https://doi.org/10.25561/111882>
- Costa, A. P., Amoedo, P. S., Silva, C. L., Santos, E., Albuquerque, A. R. S., Souza, V.S., Stachiw, R., Carneiro, K. A. A., Barboza, E., Santos, M. A., Macedo, R. S., Ferreira, K. R., Souza, R. F. S., Fulan, J. Â., Vendruscolo, J., & Hara, F. A. S., (2024). Análise da dinâmica espacial e temporal da cobertura do solo da microbacia e zona ripária do rio Água Limpa, estado de Rondônia, Brasil. *Revista Caderno Pedagógico*, 21(7), 01-23. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n7-018>
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil, (2017). Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchente e inundação. CPRM, Porto Velho.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil, (2018). Geologia e recursos minerais do estado de Rondônia. CPRM, Porto Velho. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/10277/sig_rondonia.zip?sequence=10&isAllowed=y. Acesso em: 8 jul. 2024.
- Cuertas, L. A., Tomasella, J., Nobre, A. D., Nobre, C. A., Hodnett, M. G., Waterloo, M. J., Oliveira, S. M., von Randow, R. C., Trancoso, & Ferreira, M., (2012). Distributed hydrological modeling of a micro-scale rainforest watershed in Amazonia: Model evaluation and advances in calibration using the new HAND terrain model. *Journal of Hydrology*, 462-463, 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.12.047>
- Decreto Lei nº 071, de 05 de agosto de 1983. *Cria os municípios de Cerejeiras e Rolim de Moura*. Disponível em: <http://ditel.casacivil.ro.gov.br/COTEL/Livros/Files/DL71.pdf>
- Eberle, J., Cemin, G., & Schneider, V. E., (2024). Mapeamento das áreas suscetíveis a inundações e alagamento no perímetro urbano de Caxias do Sul – RS. *Caderno Pedagógico*, 21(8), e6839. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n8-158>
- Feitosa, C. E. L., Costa, P. H. S., Meneses, K. C., Oliveira, U. C., & Farias, M. F., (2020). Changes in physical quality of oxisols under different management systems in the brazilian cerrado. *Engenharia Agrícola*, 40(5), 609-616. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n5p609-616/2020>
- Frutuoso, G. K. C., Grigio, A. M., & Neta Barros, T. C. A., (2022). Mapeamento das áreas de risco de inundação urbana na cidade de Assú - Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(6), 2994–3012. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.6.p2994-3012>
- Furquim, L. C., Souza, E. J.; Silva, N. F., Nuñez, D. N. C., Cabral, J. S. R., Santini, J. M. K., Leão, B. C. S., & Stone, L. F., (2020). Infiltração de água e resistência do solo à penetração em sistemas de cultivos integrados e em área de pastagem degradada. *Colloquium Agrariae*, 16(5), 82-95. <https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n5.a397>
- Gotardo, R., Adilson, P., Kaufmann, V., Torres, E., & Piazza, G. A., (2020). Características químicas e físicas de um Cambissolo Háplico do bioma mata atlântica sob diferentes usos de solo. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 13(3), 1039-1066. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n3p1039-1066>
- IPCC, (2023). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee & J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 1-34. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
- José, T. H. S., Farias Neto, J. P., Rosa, D. M., Vendruscolo, J., Santos Junior, N. R. F., Fulan, J. Â., Cavalheiro, W. C. S., Souza, S. B.,

- Tronco, K. M. Q., & Hara, F. A. S., (2022). Geotecnologia aplicada na análise hidrogeomorfométrica da microbacia do rio Anta Atirada, Amazônia Ocidental, Brasil. *Recima21 – Revista Científica Multidisciplinar*, 3(5), e351449. <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i5.1449>
- Kumar, P., Debele, S. E., Khalili, S., Halios, C. H., Sahani, J., Aghamohammadi, N., Andrade, M. F., Athanassiadou, M., Bhui, K., Calvillo, N., Cao, S., Coulon, F., Edmondson, J. L., Fletcher, D., Freitas, E. D., Guo, H., Hort, M. C., Katti, M., Kjeldsen, T. R., Lehmann, S., Locosselli, G. M., Malham, S. K., Morawska, L., Parajuli, R., Rogers, C. D. F., Yao, R., Wang, F., Wenk, J., & Jones, L., (2024). Urban heat mitigation by green and blue infrastructure: Drivers, effectiveness, and future needs. *The Innovation*, 5(2), 100588. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2024.100588>.
- Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. (1965, 16 de setembro). *Código Florestal Brasileiro*. Diário Oficial da União. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm
- Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. (2012, 28 de maio) *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*. Diário Oficial da União. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm
- Lumbreras, J. F., Silva, L. M., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Wadt, P. G. S., Pereira, M. G., Honoré, E. A. D., & Burity K. T. L., (2019). *Guia de campo da XII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC de Rondônia*. Brasília, DF: Embrapa.
- Machado, L. A. T., Unfer, G. R., Brill, S., Hidmann, S., Pöhlker, Y. C., Williams, J., Hartwing, H., Andreae, M. O., Artaxo, P., Curtius, J., Franco, M. A., Cecchini, M. A., Edtbauer, A., Thorsten, H., Holanda, B., Khadir, T., Krejci, R., Kremper, L. A., Liu, Y., Meller, B. B., Pöhlker, M. L., Quesada, C. A., Ringsdorf, A., Riipinen, S. T., Wolff, S., Lelieveld, J., & Pöschl, U., (2024). Frequent rainfall-induced new particle formation within the canopy in the Amazon rainforest. *Nature Geoscience*, 17, 1225–1232. <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01585-0>
- Miranda, J. S., Oliveira, C. J., Silva, B. M., Oliveira, B. B., Fulan, J. Â., Stachiw, R., Barboza, E., Ferreira, K. R., Rodrigues, A. A. M., Cavalleiro, W. C. S., Macedo, R. S., Rocha, K. J., & Vendruscolo, J., (2024). Hidrogeomorfometria e análise de cobertura do solo da microbacia Tia Nilza, município de Alta Floresta D'Oeste, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Caderno Pedagógico*, 21(4), e4003. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n4-177>
- Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Hodnett, M., Rennó, C. D., Rodrigues, G., Silveira, A., Waterloo, M., & Saleska, S., (2011a). Height above the nearest drainage – a hydrologically relevant new terrain model. *Journal of Hydrology*, 404, 13–29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.051>
- Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Momo, M. R., Severo, D. L., Pinheiro, A., & Nobre, C. A., (2016). HAND contour: a new proxy predictor of inundation extent. *Hydrological Processes*, 30, 320-333. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.10581>
- Nobre, A. D., Silveira, A., Rodrigues, G., Valle, R. S. T., Obregón, G., Augusto, C., Canavesi, V., & Cuartas, L. A., (2011b). Aspectos físicos e geográficos das áreas ripárias no Brasil: análise preliminar da legislação. *Ciência para o Código Florestal*. São José dos Campos-SP: Centro de Ciência para o Sistema Terrestre – INPE, 110 p.
- Oliveira, A. S., Pierangeli, M. A. P., Sousa, J. B., Lopes, H. S. S., Galbiati, C., Souza, C. A., & Claudino, W. C., (2021). Caracterização morfológica, física e química de solos da bacia hidrográfica do médio curso do rio Teles Pires, no Município de Alta Floresta – MT. *Research, Society and Development*, 10(9), e34210918157. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.18157>
- Parra, G. G., & Teixeira, B. A. N., (2020). Análise de cenários resultantes da impermeabilização de espaços destinados à circulação e permanência de pedestres. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 12, e20190265. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20190265>
- Pereira, M. G., Neto, A. R., Anjos, L. H. C., Ceddia, M. B., & Schultz, N., (2020). *Práticas de Morfologia e Física do Solo*. Seropédica-RJ: UFRRJ.
- Projeto MapBiomass, (2023). Coleção 8 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do

- Brasil. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 28 abr. 2024.
- Ribeiro, S. R., Oliveira, L. V. S. O., Barros, A. H. R. O., Alves, R. S., Rocha, K. J., Maltezo, K. F. A., Tronco, K. M. Q., Alves, M. C., Vendruscolo, J., Cades, M., & Silva, J. M. S., (2024). Diagnóstico Ambiental e Caracterização da Área de Preservação Permanente do Igarapé Encrenca em Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 17(5), 3490-507. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.5.p3490-507>
- Sá, L. M. S., Trece, I. B., Araujo, R. P., Serpa, K. M., & Moreira, C. G., (2020). Infiltração de água no solo sob diferentes condições de uso: sistema agroflorestal, pastagem e floresta. *Revista Observatório de La Economia Latinoamericana*, 21(9), 12379. <https://doi.org/10.55905/oelv21n9-100>
- 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. <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. <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i4.1343>
- 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*. 6ª ed. Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 100 p.
- Schwaab, J., Meier, R., Mussetti, G., Seneviratne, S., Burgi, C., & Davin, E. L., (2021). The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities. *Nature Communication*, 12, 6763. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26768-w>
- SEDAM – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, (2002). *Atlas Geoambiental de Rondônia*. Porto Velho-RO: SEDAM. 141p.
- Segatto, H. O., (2024). *Mapeamento das áreas suscetíveis a inundações no município de Cerejeiras, Amazônia Ocidental, Brasil*. Rolim de Moura-RO: Universidade Federal de Rondônia. (Trabalho de Conclusão do Curso)
- Silva, M. P. O., Vendruscolo, J., Santos Junior, N. R. F., Fulan, J. Â., Ferreira, K. R., Silva, G. N., Rocha, K. J., Tronco, K. M. Q., Souza, E. F. M., Ferreira, E., & Hara, F. A. S., (2022). Características da paisagem para auxiliar no planejamento e manejo dos recursos naturais na microbacia do rio Tucunaré, Amazônia ocidental, Brasil. *Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(9), e391911. <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i9.1911>
- Souza Junior, C. M., Shimbo, J. Z., Rosa, M. R., Parente, L. L., Alencar, A. A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., Ferreira, L. G., Souza-Filho, P. W. M., Oliveira, S. W., Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., Weber, E. J., Lenti, F. E. B., Paternost, F. F., Pareyn, F. G. C., Siqueira, J. V., Vieira, J. L., Ferreira Neto, L. C., Saraiva, M. M., Sales, M. H., Salgado, M. P. G., Rodrigues, V., Galano, S., Mesquita, V. V., & Azevedo, T., (2020). Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(17), 2735. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
- Souza, S. B., Tronco, K. M. Q., José, T. H. S., Farias Neto, J. P. F., Rosa, D. M., Santos Junior, N. R. F., Fulan, J. A., Hara, F. A. S., Silva, G. N., Maltezo, K. F. A., Biazatti, S. C., Rocha, K. J., Cavalheiro, W. C. S., & Vendruscolo, J., (2022). Dinâmica da cobertura do solo na microbacia do rio Anta Atirada, Amazônia Ocidental, Brasil. *Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(5), e351480. <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i5.1480>
- Tambosi, L. R., Vidal, M. M., Ferraz, S. F. B., & Metzger, J. P., (2015). Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. *Estudos Avançados*, 29(84), 151-162. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200010>
- Vendruscolo J., & Cavalheiro, W. C. S., (2019). Seleção de limiares da ferramenta TauDEM para caracterização de drenagens em microbacias, Rondônia, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, especial, 244-255.

- <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/regeoven/article/view/19194>
- Vendruscolo, J., Cavalheiro, W. C. S., Rosa, D. M., Stachiw, R., Vendruscolo, R., Siqueira, A. S., & Biggs, T., (2019). Hidrogeomorfometria e desmatamento na microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana, especial*, 226-241. <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/regeoven/article/view/19193>
- Vendruscolo, J., Cavalheiro, W. C. S., Santos Júnior, N. R. F., Silva, E. C., Ferreira, E., Souza, R. F. S., Fulan, J. Â., Fernandes, I. M., Carneiro, K. A. A., & Hara, F. A. S., (2022a). Microbacia do rio Cachara: características hidrogeomorfológicas e dinâmica da cobertura do solo como subsídios para o planejamento e a gestão dos recursos naturais. *Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(4), e341306. <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i4.1306>
- Vendruscolo, J., Santos Junior, N. R. F., Macedo, T. M., Donegá, M. V. B., Fulan, J. Â., Souza, R. F. S., & Cavalheiro, W. C. S., (2022b). Características hidrogeomorfológicas e dinâmica da cobertura do solo na microbacia do rio Ariranha, Amazônia Ocidental, Brasil. *Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(1), e311034. <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i1.1034>
- Veríssimo, E. P. S., Rocha, K. J., Tronco, K. M. Q., & Soares, C. R. B., (2024). Diagnóstico e classificação de curso d'água da malha urbana de Rolim de Moura/RO. *VII Workshop de Informação, Dados e Tecnologia*, Porto Velho, 25-27 jun. 2024. <https://doi.org/10.22477/vii.widat.200>
- Vidaletti, V. F., Marins, A. C., Secco, D., Rizzi, R. L., & Chang, P., (2021). Impacto da cobertura do solo, declividade e precipitação na infiltração de água no solo. *Research, Society and Development*, 10(17), e193101724562. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i17.24562>