



USO DA GEOTECNOLOGIA NA ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAIOS

Odirvan Gritti¹, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4150-6089>

Daniela Boza², Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7606-2705>

Romário Trentin³, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0615-2801>

¹ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil*

² Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil**

³ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil**

Artigo recebido em 12/02/2023 e aceito em 10/05/2023

Publicado: Out/2023

RESUMO

O estudo das bacias hidrográficas possibilita monitorar os ecossistemas devido às suas características de uso do solo. Nesse contexto, entende-se que os fatores fisiográficos são importantes na caracterização, planejamento e manejo de uma bacia hidrográfica, como, por exemplo, caracterizá-la com predisposição ou não a enchentes. Levando em consideração esse contexto, objetivou-se fazer uso de geotecnologia para a obtenção de dados da Bacia Hidrográfica do Rio Baios, por meio da sua análise morfométrica, analisando o uso e ocupação do solo da bacia e das áreas de preservação permanentes das nascentes. Enquanto método, utilizou-se os softwares QGis, de plataforma livre e ArcGIS.10.8. Os resultados mostram que essa região possui um relevo ondulado, pequenos fragmentos de floresta e uma baixa predisposição natural para a ocorrência de eventos relacionados a enchentes.

Palavras-chave: Geotecnologia; Bacia Hidrográfica; Análise Morfométrica.

* Bacharel e Licenciado em Geografia pela Universidade de Passo Fundo (UPF). Especialista em Georreferenciamento de Imóveis Rurais e Urbanos pela Universidade Regional Integrada (URI). Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Bolsista CAPES, E-mail: odirvangritti@gmail.com.

** Bacharel em Filosofia pelo Instituto Superior de Filosofia Berthier (IFIBE). Gestora Ambiental pelo Centro Universitário Internacional (Uninter). Especialista em Perícias e Auditoria Ambiental pelo Centro Universitário Internacional (Uninter). Mestra em Ciências Ambientais pela Universidade de Passo Fundo (UPF), E-mail: danichbosa@gmail.com

** Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) campus de Santa Maria, E-mail: romario.trentin@gmail.com.

USE OF GEO TECHNOLOGY IN THE MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE BAIOS RIVER HYDROGRAPHIC BASIN

ABSTRACT

The study of hydrographic basins makes it possible to monitor ecosystems due to their characteristics of land use. In this context, it is understood that the physiographic factors are important in the characterization, planning, and management of a hydrographic basin, to characterize it with a predisposition or not to floods. Taking this context into account, the objective was to make use of geo technology to obtain data from the Baios River Basin through its morphometric analysis, analyzing the use and occupation of the basin's soil and the permanent preservation areas of the springs. As a method, the software QGis, open source, and ArcGIS, v.10.8, were used. The results show that this region has an undulating relief, small forest fragments, and a low natural predisposition for the occurrence of events related to floods.

Keywords: Geo technology; Hydrographic Basin; Morphometric

USO DE LA GEOTECNOLOGÍA EN EL ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RÍO BAIOS

RESUMEN

El estudio de las cuencas hidrográficas permite monitorear los ecosistemas por sus características de uso del suelo. En este contexto, se entiende que los factores fisiográficos son importantes en la caracterización, planificación y gestión de una cuenca hidrográfica, para caracterizarla con predisposición o no a inundaciones. Teniendo en cuenta este contexto, el objetivo fue hacer uso de la geotecnología para obtener datos de la cuenca del río Baios a través de su análisis morfométrico, analizando el uso y ocupación del suelo de la cuenca y las áreas de preservación permanente de los manantiales. Como método se utilizó el software QGis, de código abierto y ArcGIS, v.10.8. Los resultados muestran que esta región presenta un relieve ondulado, pequeños fragmentos de bosque y una baja predisposición natural para la ocurrencia de eventos relacionados con inundaciones.

Palabras llave: Geotecnología; Cuenca Hidrográfica; Análisis morfométrico.

INTRODUÇÃO

Os gregos foram os primeiros estudiosos a desvendar a hidrologia. Segundo relatos históricos, naquela época, imaginava-se que os rios fossem alimentados pelas chuvas (COSTA, 2010), sendo assim, somente em 1500 d.C., essa foi aceita ideia. (SOARES, 2015). No século XVII, acreditava-se que as chuvas não eram suficientes e que a terra era impermeável para infiltrar e percolar, portanto, as águas oriundas de nascentes não provinham da chuva (DA SILVA, 1998). Apenas em 1964, através de medidas pluviométricas, Perrault demonstrou, por meio da Bacia do Rio Sena, que o volume precipitado e percolado ao decorrer do ano era suficiente para manter o escoamento (LIMA, 1979).

Atualmente, nascentes são definidas como afloramentos superficiais de lençóis subterrâneos que provêm pequenos cursos d'água. Assim, o número de cursos d'água de uma dada bacia iguala-se ao seu número de nascentes (PEREIRA et al., 2011). Para Valente (2005): “Diminuir o número de nascentes significa diminuir, também, o número de cursos d'água e, conseqüentemente, reduzir a vazão total da bacia

ou sua produção de água”. O comportamento e as características das nascentes estão baseados nos estudos da Hidrogeologia, cuja determinação cuida da movimentação das águas subterrâneas (Hirata et al, 2019). As nascentes podem ser de Contato (surgindo no sopé de morros) ou de Depressão (surgindo em pontos de borbulhamento), provenientes de lençóis freáticos, essenciais para o sistema ecológico e para o desenvolvimento econômico (SAMPAIO e TORRES, 2016).

Um estudo recente realizado por Salas-Salvadó (2020) mostra que há poucos dados científicos em relação ao consumo humano de água para hidratação, uma vez que as análises de água estudadas são em menor número do que realmente deveria ser. Nessa direção, nota-se que o consumo de água vem aumentando consideravelmente, mas o volume disponível não cresce na mesma proporção (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2022). Esse fato pode ser explicado através das diversas transformações na natureza, muitas vezes, reduzindo a disponibilidade de água potável. É importante salientar que a preservação de nascentes possibilita o consumo de água em bacias hidrográficas mesmo durante períodos de estiagem. Neste sentido, a gestão de recursos hídricos viabiliza ações de uso, controle e proteção da água em conformidade com a legislação, integrando projetos cujo objetivo visa promover a preservação e a recuperação da qualidade e quantidade de recursos das bacias hidrográficas brasileiras (MARQUES et al., 2022).

Dentre muitas aplicações da hidrologia, que englobam desde projetos de obras hidráulicas até atividades conjuntas às questões ambientais, a gestão de bacias hidrográficas destaca-se pelo fornecimento de informações referentes aos principais parâmetros hidrológicos (FEITOZA, 2021). Elas permitem analisar as condições dos reservatórios, informando sobre bacias de contribuição, volumes armazenáveis e perdas por evaporação e infiltração (LIMA NETO, 2021).

Bacias hidrográficas podem ser definidas como áreas delimitadas na captação da água, separadas topograficamente, funcionando como receptores naturais de chuvas procedentes dos locais altos para os mais baixos (MAIA, 2001). Segundo Soares (2015), as bacias, geralmente, apresentam dois formatos, o formato circular, que concentra enxurradas com vazões maiores, e o formato alongado, que distribui a enxurrada amenizando vazões. Conforme a autora, “os principais elementos topográficos constituintes de uma bacia hidrográfica são: divisor de águas; vertentes; rede hidrográfica; seção de controle; rede de drenagem”. Ainda segundo a autora:

Algumas grandezas físicas que auxiliam o manejo do uso e da ocupação de bacias hidrográficas e sua inter-relação com o escoamento podem ser: área da bacia; forma; sistema de drenagem; declividade média da bacia; altitude média. O uso e ocupação nas bacias hidrográficas exercem influência marcante no escoamento superficial e no aporte de sedimentos no leito dos mananciais, podendo alterar a qualidade e disponibilidade da água. Por essa razão, é fundamental realizar um plano de uso e ocupação das bacias. (SOARES, 2015).

As bacias apresentam formas que refletem seu comportamento hídrico, podendo ser: circular, elíptica e radial (ALBUQUERQUE, 2012). Observa-se que:

Em uma bacia circular, toda água escoada tende a alcançar a saída da bacia ao mesmo tempo; uma bacia elíptica, tem saída na ponta do maior eixo e a área igual à da bacia circular. Aqui, o escoamento será mais distribuído no tempo, produzindo, portanto, uma enchente menor. A bacia radial ou ramificada é formada por conjuntos de sub-bacias alongadas que convergem para um mesmo curso d'água principal (SOARES, 2015).

Portanto, vale ressaltar que eventos extremos, como as enchentes, podem ou não resultar em inundação. Para isso, o cálculo de enchente deverá mostrar a variação das vazões no tempo, a qual pode ser obtida através de dados históricos com aplicação de estatística a dados de vazões máximas (ESTEVAM e MAIA, 2022). Visando auxiliar a compreensão de enchentes e inundações, a cartografia apresenta estudos científicos e técnicas artísticas baseadas nas análises de documentos, os quais elaboram mapas, cartas, elementos, dos fenômenos ambientais e físicos, envolvendo coleta e análise de dados, referentes à superfície terrestre (IBGE, 1998).

Neste sentido, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma tecnologia específica direcionada à análise de dados espaciais (SILVA, p.27, 1999). Como bem definido por Câmara et al. (1996), é uma organização de hardware, software, dados geográficos e pessoal capacitado, desenvolvido para capturar, armazenar, atualizar, manipular e apresentar, por meio de um produto final cartográfico, a espacialização das informações referenciadas geograficamente.

É importante salientar que, ao decorrer dos anos, diferentes técnicas de estudo foram analisadas acerca da morfologia das bacias hidrográficas e, para que esses estudos pudessem ser realizados, pesquisadores adentraram a alguns meios tecnológicos para obtenção de seus resultados (ARAÚJO et al., 2022). Dentre eles estão: o Levantamento Aerofotogramétrico, a Técnica denominada Weighted Sum Analysis (WSA); Modelo Digital de Elevação - Imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), o uso do Arc Gis, Software Global Mapper, Google Earth, QGIS e o AutoCad.

Um estudo realizado por Zwoliński e Gudowicz (2015) analisou a geomorfometria de zonas morfoclimáticas, onde processos geomorfológicos moldam a superfície da terra desde o Polo Norte ao Polo Sul por meio das reações de radiação solar, que formam zonas morfoclimáticas separadas. Nesse estudo, o uso de big data no cálculo das características geomorfométricas permite interpretar as formas de relevo na classificação das zonas morfoclimáticas do mundo todo.

Nesse viés, o gerenciamento da unidade territorial da área a ser explorada necessita de um planejamento integrado para compreender a dinâmica ambiental e territorial de sua abrangência, com intuito de preservação, recuperação, redução de conflitos e manejo dos ecossistemas naturais (SOARES et al.,

2016). Para tanto, o conceito da bacia hidrográfica é aceito como unidade de planejamento mundo afora. As características morfométricas dessas bacias se fazem necessárias para compreender a dinâmica ambiental local e regional, subsidiando um planejamento integrado das unidades e dos recursos hídricos (TEODORO et al., 2007).

Estudos sobre geomorfologia indicam uma relação entre a morfologia de uma bacia e os processos atuantes na área de influência. Autores como Horton (1945); Strahler; (1957); e Schumm, (1956) avaliaram os padrões de relevo e a drenagem de unidades territoriais por meio de metodologia quantitativa. Tais avaliações podem ser aplicadas tanto para identificar alterações ambientais, priorizar áreas de intervenção, zonear o território, quanto para prever o comportamento hidrológico (SOARES et al., 2016). Para Aher et al. (2014), informações morfométricas em escala micro de bacias hidrográficas podem decifrar áreas de intervenção e auxiliar nos quesitos de conservação do solo.

Assim, o objetivo principal deste trabalho é a utilização das geotecnologias para a obtenção de dados da Bacia Hidrográfica do Rio Baios, bem como realizar sua análise morfométrica e verificar o uso e ocupação do solo da Bacia e das áreas de preservação permanentes nas áreas de nascente. Justifica-se que a escolha desta área de estudo está vinculada a um somatório de fatores como as diversas formas de uso do solo, sua localização e a própria falta de estudos a seu respeito.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa foi realizada utilizando os *softwares* QGis, de plataforma livre, e ArcGIS.10.8, com licença para uso Institucional registrada para a UFSM. Para a identificação da bacia hidrográfica, foram utilizados os dados do HIDROWEB da Agência Nacional de Águas e imagem de satélite do Google Earth, obtendo, assim, as coordenadas do exutório e posterior delimitação. O Modelo Digital de Elevação escolhido para este estudo foi o ALOS, *Sensor Palsar*, com resolução espacial de 12,5 metros.

O processo de delimitação da Bacia Hidrográfica em estudo seguiu, basicamente, quatro etapas, conforme Sobrinho et al. (2010): preenchimento de depressões (“*fill skins*”), direção de fluxo (“*flow direction*”), fluxo acumulado (“*flow acumulation*”) e delimitação da bacia. Após essa etapa indicando o ponto de exutório, o *software* fez a delimitação conforme a elevação indicada pelo MDE. Para a delimitação dos cursos de água, a ferramenta utilizada foi o *con*, adotando, como parâmetro, 250, o que gerou um adensamento satisfatório.

A classificação hierárquica desse Curso foi a de Strahler (1957). Posteriormente, os resultados desses processos foram convertidos de *raster* para *vetor*, o que possibilitou uma melhor manipulação e

seleção dos dados. A projeção escolhida foi *Universal Transversa de Mercator (UTM) Datum WGS 1984, Zona 22S*, por ter uma proximidade muito grande com o SIRGAS 2000. Para indicar a localização das nascentes, foi utilizado o *shape* dos cursos de água e inserido um ponto em todos os que possuem a primeira ordem em sua hierarquia.

Para uma melhor análise, a Bacia Hidrográfica foi dividida em três setores: Alto Curso, Médio Curso e Baixo Curso, levando em consideração a organização espacial dos cursos d'água e características de forma dos limites. O Baixo Curso foi definido a partir do estreitamento dos limites e da junção dos dois principais cursos. O Médio Curso definiu-se a partir de um alargamento da bacia pela ocorrência de um curso principal e pela presença de uma sub-bacia de quarta ordem a Sul, na margem direita. O Alto Curso foi definido pela formação de quinta ordem do canal principal e pelo encontro dos dois principais cursos d'água de quarta ordem.

Para a definição das classes de declividade da área em que a Bacia do Rio Baios faz parte, foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) ALOS e a classificação proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Foram definidas as classes de 0 a 3% plano, de 3 a 8% suave ondulado, de 8 a 20% ondulado, de 20 a 45% forte ondulado, de 45 a 75% montanhoso e maior que 75% escarpado (EMBRAPA, 1995).

Referente à caracterização física da Bacia do Rio Baios, foram calculados: a área da bacia, o perímetro, a capacidade, o fator de forma, a declividade, a densidade de drenagem e o índice de circularidade, como propostos por Silva et al. (2018) e Almeida et al. (2022), indicados na Figura 1.

Figura 1 - Parâmetros Morfométricos utilizados para a caracterização da Bacia do rio Baios.

Parâmetro	Descrição	Equação
Compacidade (k_c)	Corresponde à relação entre a forma da bacia com um círculo perfeito. Quanto maior a aproximação da bacia à um círculo, maior a tendência desta estar sujeita a inundações devido à fortes chuvas	$k_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$ P = Perímetro (km) A = Área (km ²)
Fator de forma (k_f)	Indica a tendência da bacia estar propícia a enchentes, de acordo com os seguintes valores: 1,00 – 0,75 Sujeito a enchentes 0,75 – 0,50 Tendência mediana < 0,50 Menor tendência a enchentes	$k_f = \frac{A}{L^2}$ L = Comprimento do talvegue principal (km) A = Área (km ²)
Declividade ($D\Delta$)	Representa a relação entre a diferença de cotas ao longo do curso d'água e sua extensão. Declividades acentuadas indicam terrenos acidentados e com escoamento mais rápido	$D\Delta = \frac{\Delta H - \Delta h}{L}$ L = Comprimento do curso d'água (m) ΔH = Cota da nascente (m) Δh = Cota do exutório (m)
Densidade de drenagem (D_d)	Representa a presença de cursos d'água ao longo da bacia	$D_d = \frac{L_t}{A}$ L _t = Somatório do comprimento dos cursos d'água (km) A = Área (km ²)
Índice de circularidade (I_c)	Representa a aproximação da área da bacia a um círculo. Quanto maior for a circularidade, maiores serão as possibilidades de ocorrência de inundações.	$I_c = 12,57 \cdot \frac{A}{P^2}$ A = Área (km ²) P = Perímetro (km)

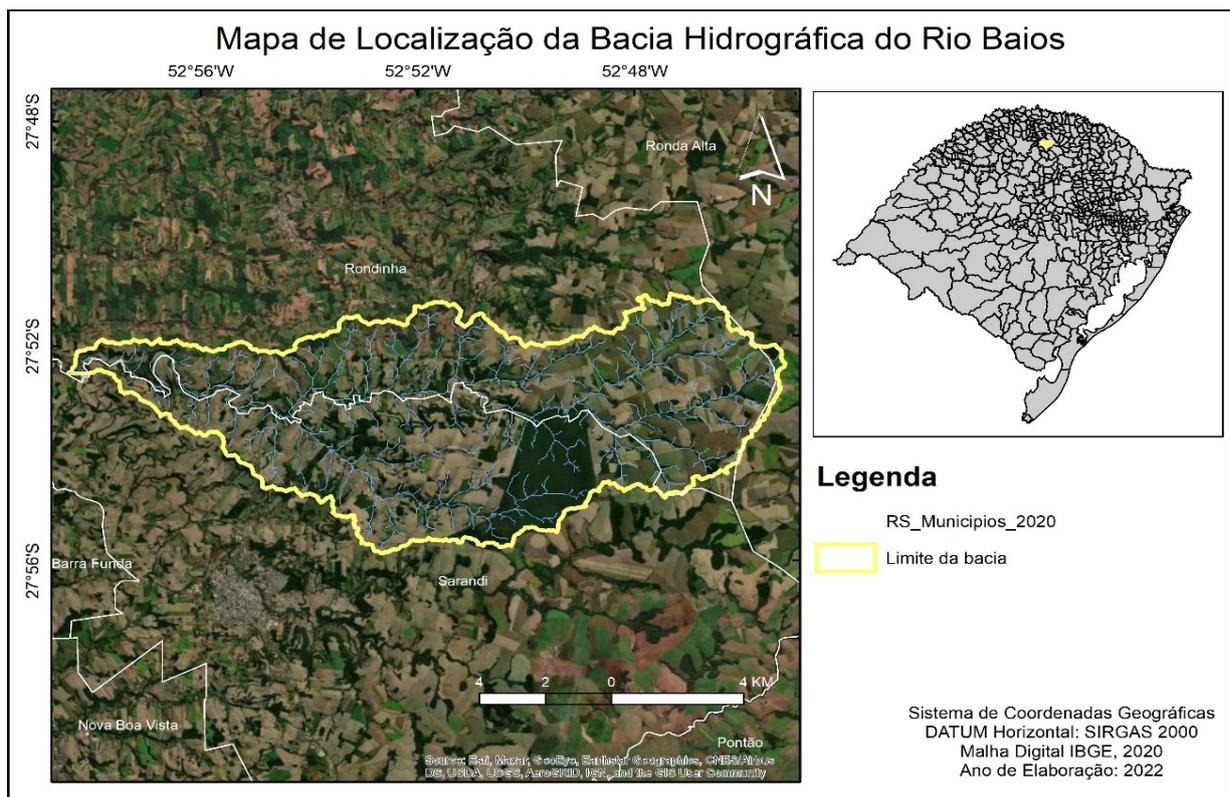
Fonte: Christofolletti (1980); Cardoso et al., (2006); Tonello, (2005); Villela e Mattos (1975); Adaptado de Almeida et al. (2022).

Quanto à classificação de uso e ocupação do solo, foi utilizado o *raster* disponibilizado pelo *Mapbiomas*, convertido para vetor e recortado pelo limite da bacia hidrográfica. As classes foram suprimidas e reduzidas, baseados em usos semelhantes com o auxílio de imagens de satélite para a validação do tipo de uso. Elas passaram de 11 classes para cinco, com as temáticas de formação florestal, formação campestre, usos múltiplos, água e agricultura.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Baios, objeto deste estudo, está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea (U 100) na Região Hidrográfica do Rio Uruguai (BERTOLINI et al, 2021). Sua área territorial está localizada nos municípios de Sarandi, Rondinha e em uma menor porção, em Ronda Alta, todos no estado do Rio Grande do Sul, como pode ser identificado na Figura 2.

Figura 2- Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Baios



Fonte: Autores (2022).

No que se refere ao clima, está localizada na região denominada por Bittencourt (2017) como clima subtropical IVa, muito úmido, com inverno fresco e verão muito quente. Quanto à vegetação, está inserida em uma zona de transição entre os biomas Pampa (que é predominante) e Mata Atlântica.

A geomorfologia da Bacia está inserida no denominado Planalto Dissecado do Rio Uruguai. Situado mais ao Norte e Noroeste do Rio Grande do Sul e em partes do estado de Santa Catarina, é constituído, na sua grande maioria, por derrames vulcânicos da formação Serra Geral, tendo, em sua composição, basaltos e andesitos. Com altitudes médias variando entre 300 e 700 metros, onde predominam as superfícies planálticas desenhadas pela rede de drenagem do Rio Uruguai, em que se destacam os Rios Apuané, Erechim, Passo Fundo, Ijuí, dentre outros. (CPRM, 2010).

Os solos que predominam no Planalto Dissecado são os Latossolos Vermelhos Distroféricos, que se caracterizam pelo seu elevado grau de intemperismo químico em climas menos frios, em rochas ricas em ferro. Há também a ocorrência de solos das classes Latossolo Vermelho Distrófico, Argissolo Vermelhos Distrófico, assim como porções de solo em que a fertilidade é boa, como Nitossolos Vermelhos Eutróficos. (CPRM, 2010). Uma das características do uso do solo no Planalto Dissecado é a incorporação de vastas áreas para as atividades agrícolas, pecuárias e agroindustriais, tendo destaque o cultivo e o processamento de milho, trigo e soja. (CPRM, 2010).

DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A Bacia Hidrográfica do Rio Baios possui uma consistente rede de drenagem, com o principal corpo d'água representado pelo Arroio Baios, que lhe dá nome e conta com uma área territorial de aproximadamente 106,32 km² e um perímetro aproximado de 63,25 km. O setor de Alto Curso possui uma área aproximada de 29,95 km², enquanto o Médio tem 59,94 km² e o Baixo 16,43km², sendo o menor dos três. Quanto às características físicas, a Bacia possui as características indicadas na tabela 1.

Tabela 1 - Características físicas da Bacia do Rio Baios.

Grandeza	Unidade	Resultado
Área	km ²	106,329
Perímetro	Km	63,254
Distância axial	Km	21,527
Comprimento do curso principal	Km	31,081
Capacidade	Adimensional	1,71
Fator forma	Adimensional	0,229
Declividade	m/m	0,0088
Densidade de drenagem	km/km ²	2,487
Índice de circularidade	Adimensional	0,334

Fonte: Autores (2022).

Conforme Tonello et al. (2006), o fator forma indica a tendência ao formato da bacia e, quanto mais próximo de zero (0), possui tendência em um formato mais alongado. O resultado obtido de 0,229 indica essa predisposição de alongamento da bacia. Villela e Mattos (1975) reiteram que uma bacia hidrográfica em que o fator forma é baixo possui menos vocação para enchentes.

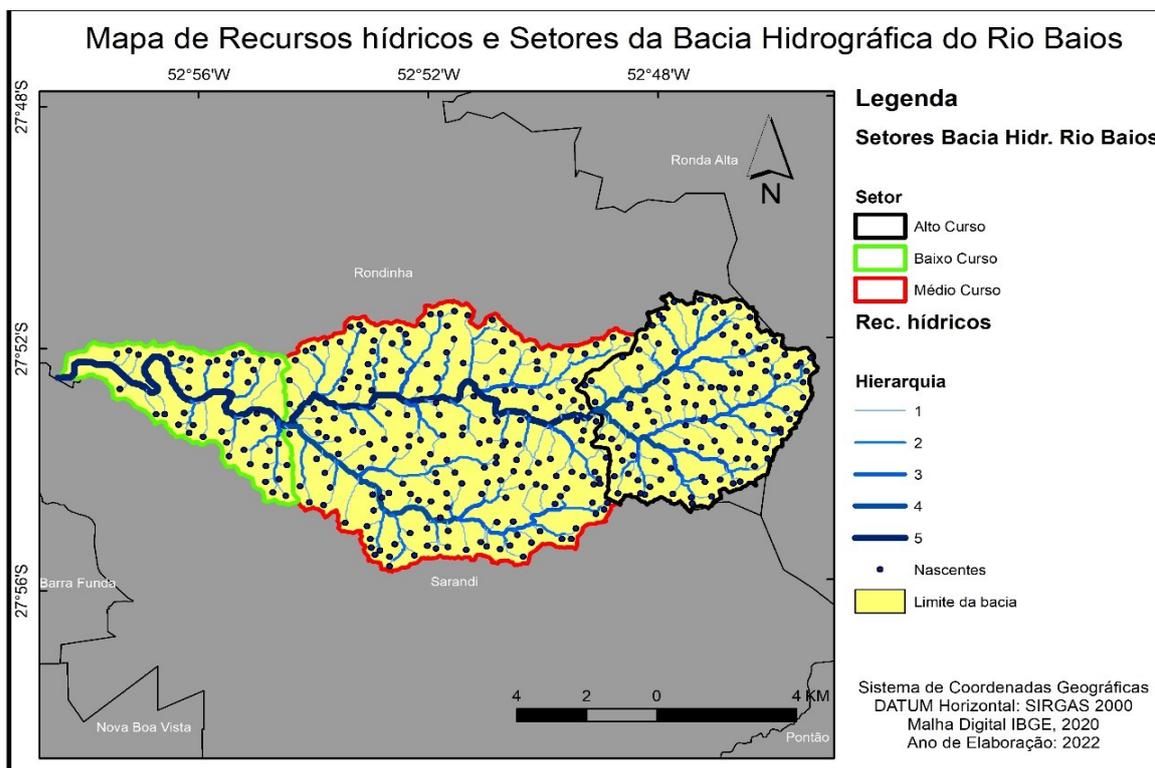
O coeficiente de capacidade e o índice de circularidade podem ser considerados baixos, com valores de 1,71, e 0,334, respectivamente. Esses valores indicam uma disposição de baixa probabilidade de enchentes, analisando os três parâmetros em conjunto, conforme Fraga et al. (2014).

Outro parâmetro importante a ser levado em consideração é a densidade de drenagem, pois, de acordo com Soares et al. (2016), aponta o grau de dissecação do relevo e atua como demonstrativo da ação fluvial de erosão na superfície. Conforme Beltrame et al. (1994), a densidade de drenagem de uma bacia hidrográfica pode variar entre 0,5km/km² em bacias onde a drenagem é considerada pobre, entre 0,5 e 2 km² em bacias com drenagens medianas, 2,01 até 3,5 km² em bacias com uma boa drenagem e acima de 3,5 km² em bacias excepcionalmente drenadas. A densidade de drenagem encontrada para essa bacia foi de 2,487 km² representando, assim, uma bacia com boa drenagem.

A rede hídrica da Bacia Hidrográfica é composta por rios que vão até a quinta ordem, com os de primeira ordem totalizando, aproximadamente, 139,55 km, seguidos pelos de segunda ordem, com 65,66 km; terceira ordem, 23,55 km; quinta ordem, 22,97 km e quarta ordem, 12,72 km.

No que se refere a nascentes, encontram-se distribuídas por todo o território da Bacia, com o total de 339, distribuídas de forma não uniforme entre os três setores. No Alto Curso, tem-se um total de 109; no Médio, 187; e no Baixo, 43. No setor de Alto e Médio Cursos, estão localizadas por toda a área, nas maiores altitudes. No setor de Baixo Curso, estão presentes de forma mais abundante próximas ao divisor de águas, onde se encontram as maiores altitudes desse setor, conforme pode ser observado na figura 3:

Figura 3 - Mapa de Recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Baios.

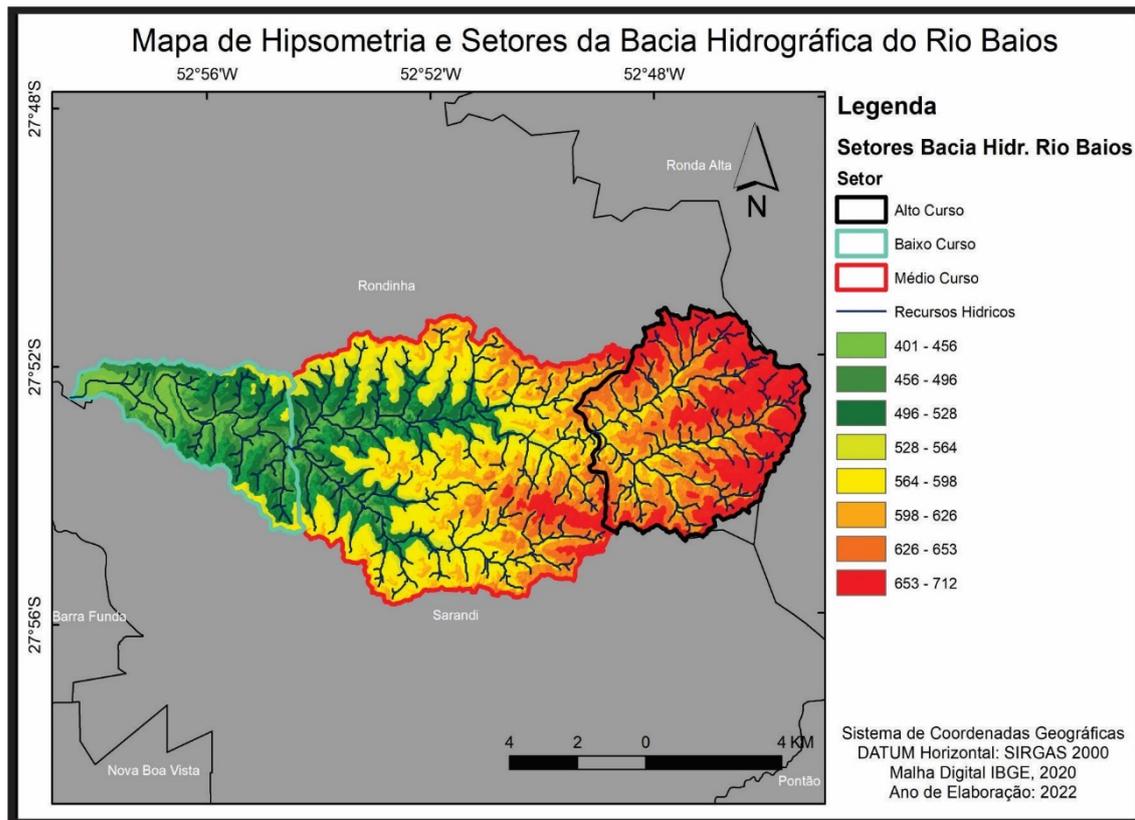


Fonte: Autores (2022).

A hipsometria é exibida pela figura 4, em que se pode verificar que a altitude mínima foi de 401 metros e a máxima, de 712 metros, com uma amplitude de 311 metros entre o ponto de menos elevação, localizado na foz, e o de maior elevação, que se situa à montante, no divisor de águas, na porção Leste Nordeste da Bacia. O setor de Alto Curso possui as maiores altitudes, com o ponto mais elevado em 712 metros e o ponto mais baixo, próximo ao canal do rio em 593m, apresentando uma amplitude de 119 metros. O Médio Curso possui altitudes máximas próximas dos 670 metros, chegando até os 469 metros, com uma amplitude de 201 metros. Já no Baixo Curso, a altitude máxima está na casa dos 578 metros, no rebordo, e divisor de águas, até o mínimo da bacia, que é 401 metros e uma amplitude de 177 metros, conforme exposto na figura 4.

Quanto à declividade, a categoria considerada plana, que se enquadra entre 0 e 3%, possui uma topografia considerada horizontal, com desnivelamentos muito pequenos. Áreas com declive suave ondulados, de 3 a 8%, possuem superfície topográfica pouco movimentada, estando associadas a colinas de altitudes na ordem de 50 a 100 metros. Locais onde a declividade é considerada ondulada, entre 8 e 20%, apresentam superfície pouco movimentada, constituída por colinas. (EMBRAPA, 1979).

Figura 4 - Hipsometria da Bacia Hidrográfica.



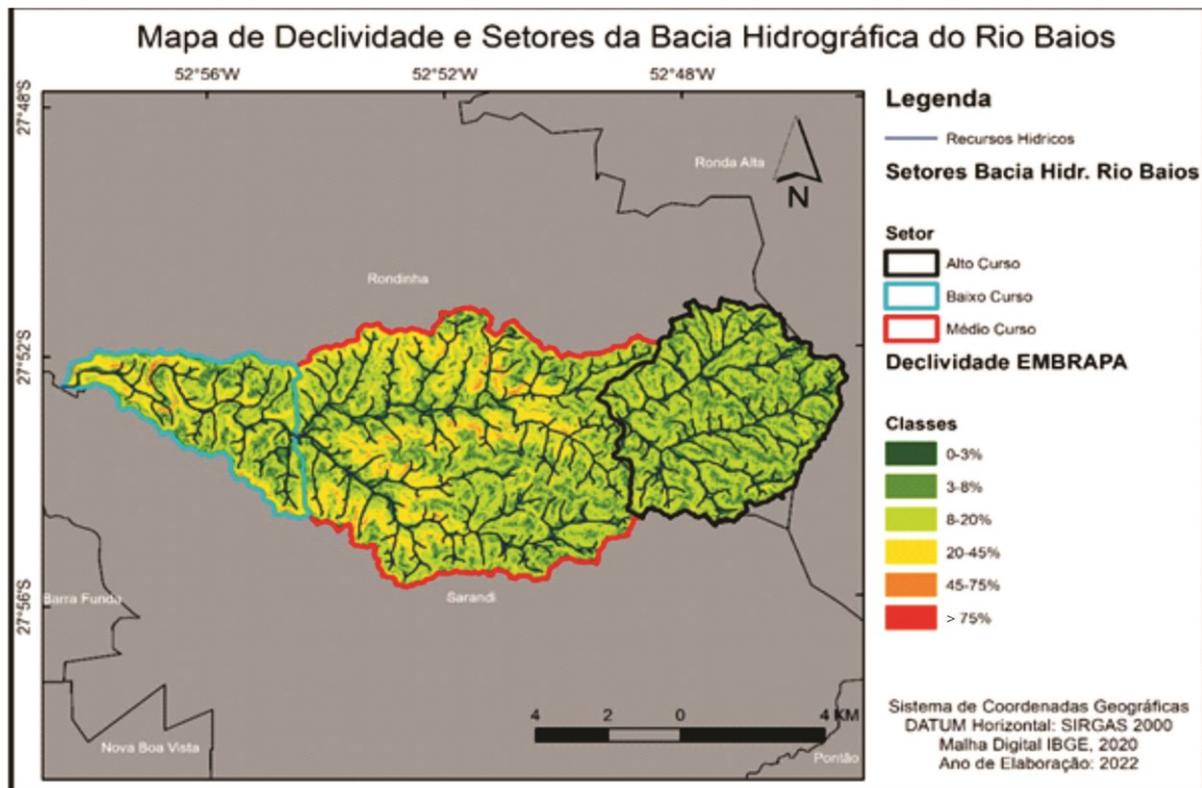
Fonte: Autores (2022).

O relevo forte ondulado, com 20 a 45% de declividade, apresenta superfície formada por morros com elevação relativa entre 100 e 200 metros. Quanto ao relevo montanhoso, com declives entre 45 e 75%, predominam formas relevo escarpado, com formas acidentadas, constituído por morros, montanhas, dentre outros (EMBRAPA, 1979).

Referente à declividade, a que possui a maior área corresponde a classe de 8 a 20% (ondulado), com 55,31 km² ou 52,02% da área total, seguido pela classe de 3 a 8% (suave ondulado), com 31,23 km² ou 29,36% do total. As demais classes são, de acordo com os tamanhos das áreas ocupadas, 20 a 45% (forte ondulado), 0 a 3%, (plano), 45 a 75 % (montanhoso) e maior que 75% (escarpado), este localizado, principalmente, nas encostas do rio principal, conforme consta na figura 5.

O setor de Médio Curso possui a classe de declividade de 8 a 20% com maior representação dentro de sua área de abrangência (Figura 6), contando com, aproximadamente, 30,88 km², seguida da classe de 3 a 8%, com 15 km² e 20 a 45%, com 11,03 km². Apesar da classe de maior declividade, acima de 75%, estar presente, sua área é tão pequena que o gráfico apresenta como se ela não existisse.

Figura 5 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do Rio Baios.



Fonte: Autores (2022).

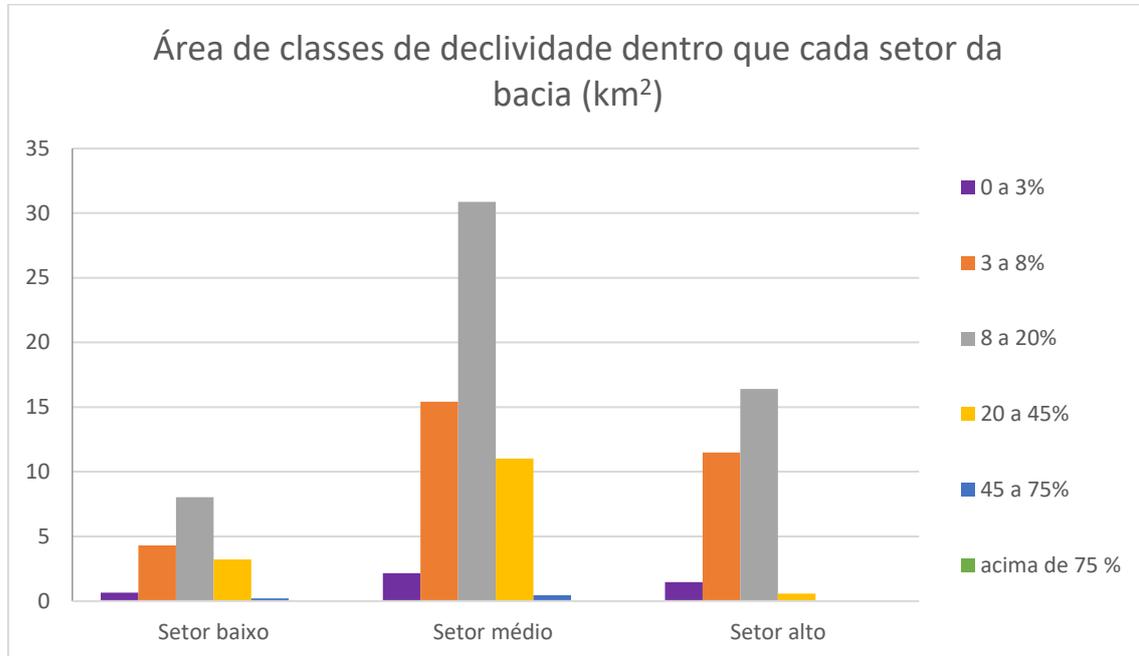
O Baixo Curso é o que possui a menor área de abrangência. Nele são encontrados os maiores índices de declividade nas classes de 8 a 20%, com 8,04 km², 0 a 8% e 20 a 45%, com, respectivamente, 4,3 km² e 3,21 km². A classe de maior declividade, acima de 75%, está representada por 0,01 km² e localiza-se próximo ao leito do rio principal.

O Alto Curso é representado por quatro classes de declividade. A classe de 8 a 20% é a que possui maior expressão, com 16,4 km². Em seguida, estão as classes de 3 a 8%, com 11,5 km² e 0 a 3%, com 1,47 km². Em comparativo com os outros dois setores, dessa vez, a classe de 0 a 3% aparece com alguma representatividade dentre as três predominantes. Outro ponto a ser destacado é de que a classe de 8 a 20% é a que possui maior área em ambos os setores. A ausência dos maiores índices de declividade no Alto Curso indica que um relevo menos ondulado é mais propício a prática da agricultura.

Quanto aos solos existentes na área da Bacia, a figura 7 demonstra a distribuição espacial deles. O que possui maior representatividade é o Latossolo Vermelho Distroférico, presente em maior quantidade nos três setores da Bacia, presente em um total aproximado de 75,50 km² e, por consequência, é o mais representativo nos três setores da Bacia. Ele é encontrado em todas as classes de declividade de todos os

setores. Sua extensão em cada um dos setores é de 37,17 km² no Médio Curso; 27,43km² no Alto Curso; e 10,90 km² no Baixo Curso.

Figura 6 – Classes de declividade de cada setor da Bacia

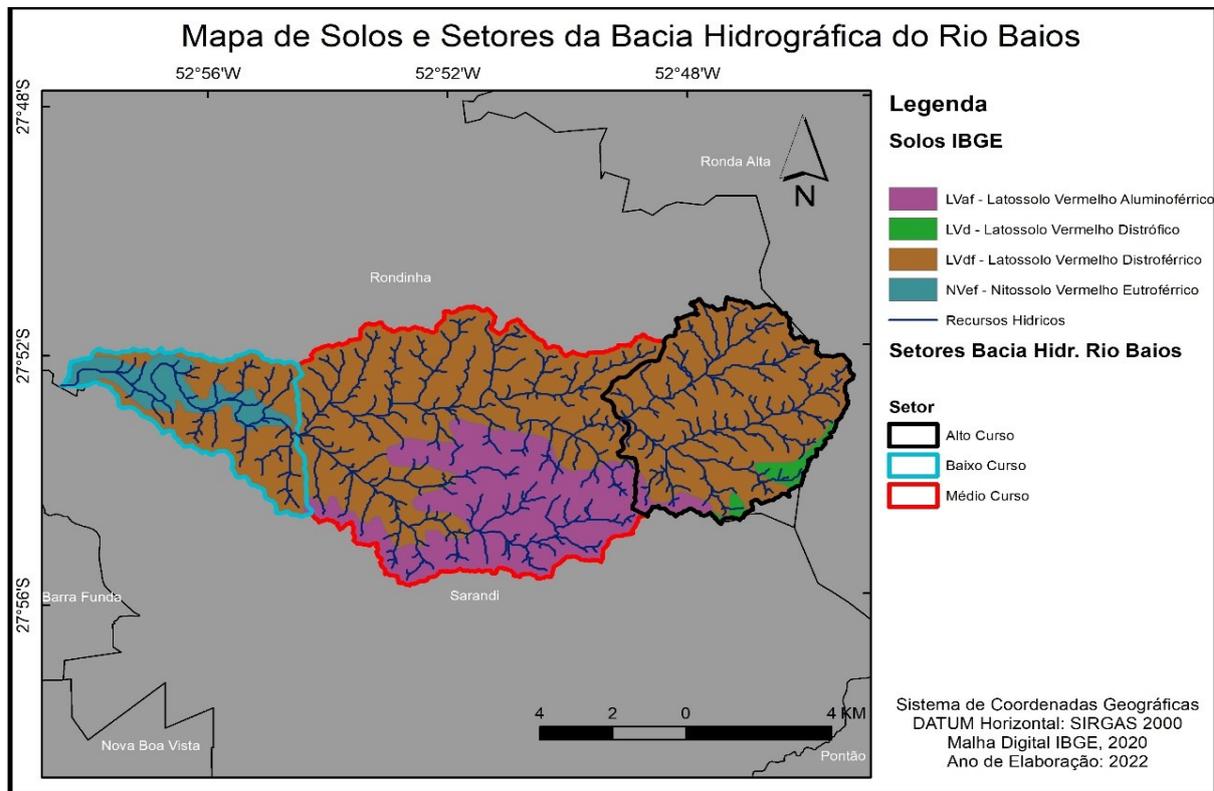


Fonte: Os autores (2022)

O segundo solo em área é o Latossolo Vermelho Alumiférico, com um total aproximado de 23,90 km². Está localizado em menor quantidade no setor de Baixo Curso, na porção Sudeste, com um total de 0,06 km². No Médio Curso, encontra-se em maior concentração na porção Central e Sul, fazendo-se presente desde as declividades mais acentuadas, de 45 a 75%, até as mais planas, de 0 a 3% e 22,78 km². No Alto Curso, faz-se presente na porção Sul e Sudeste, em altitudes mais planas e com uma área de 1,06 km².

A terceira maior área de solo é a do Nitossolo Vermelho Eutroférico, encontrado apenas no setor da baixa bacia, com uma área aproximada de 5,46 km², na porção Centro-Oeste, próximo ao canal principal e onde as declividades são mais acentuadas. O solo que possui a menor incidência em toda a bacia é o Latossolo Vermelho Distrófico, com uma área aproximada de 1,45 km², ocorrendo apenas no setor alto da bacia, na porção Sul e Sudeste e altitudes mais planas.

Figura 7 - Mapa de solo da Bacia Hidrográfica.

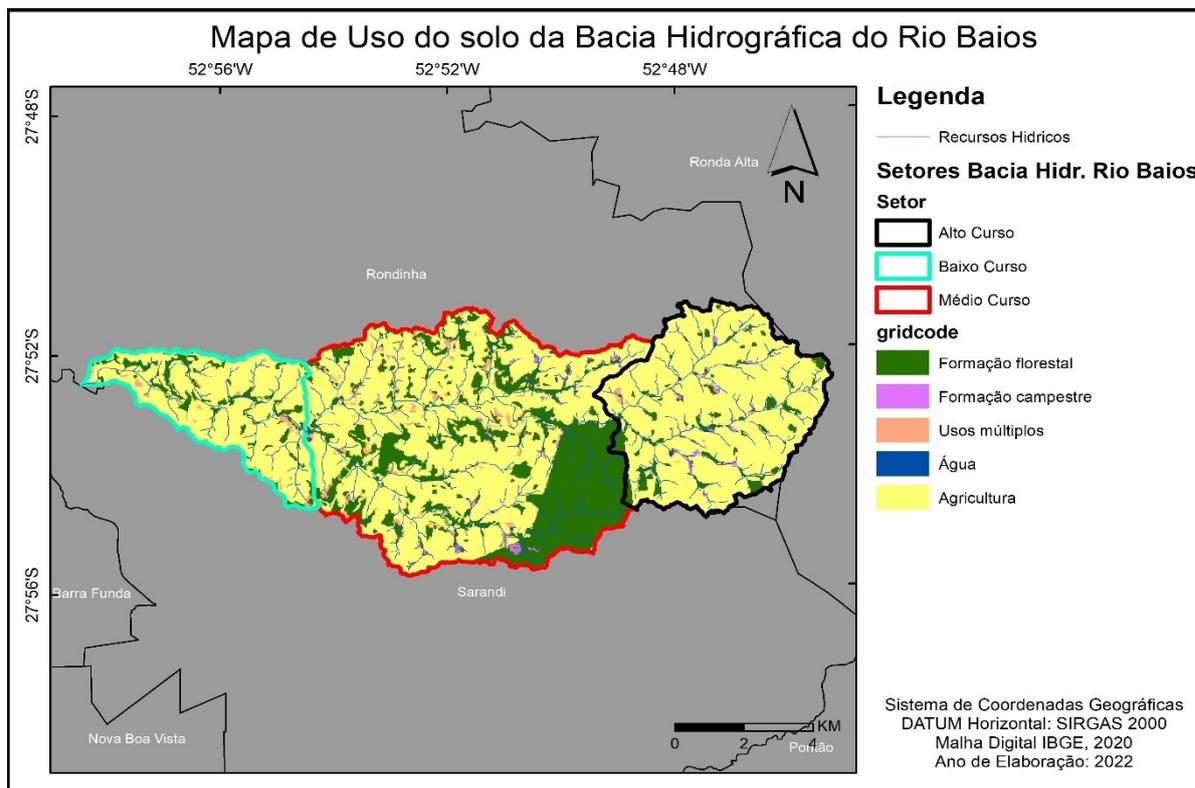


Fonte: Autores (2022).

Referente ao uso do solo, as cinco classificações adotadas para a área da Bacia hidrográfica foram formação florestal, formação campestre, usos múltiplos, água e agricultura. A classe que possui maior representatividade na bacia é a agricultura, com uma área total de 80,01 km², distribuída da seguinte forma dentro dos setores: Alto Curso, 26,8 km², Médio Curso, 39,22 km² e Baixo Curso, 13,99 km². Proporcionalmente ao tamanho da área abrangida, a classe de agricultura ocupa a maior área em percentual no Alto Curso, ocupando 89,48% do total, seguido pelo Baixo Curso, com 85,15% e Médio Curso, com 65,42%. A figura 8 demonstra a distribuição das classes de uso do solo dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Baios.

A segunda classe com maior ocorrência nos três setores da bacia é a formação florestal. Nessa classe, são consideradas áreas onde a vegetação está mais preservada e com estágio de desenvolvimento elevado. Para Calegari (et al., 2010), áreas de fragmento florestal são áreas remanescente de vegetação natural interrompidas por barreiras antrópicas favoráveis para a redução de animais, sementes e pólen, visto que a expansão do uso da terra acompanha o crescimento da população humana e tem, como resultado, a fragmentação do habitat natural e a formação de fragmentos florestais com tamanhos e formas diferentes.

Figura 8 - Mapa de uso do solo da Bacia.

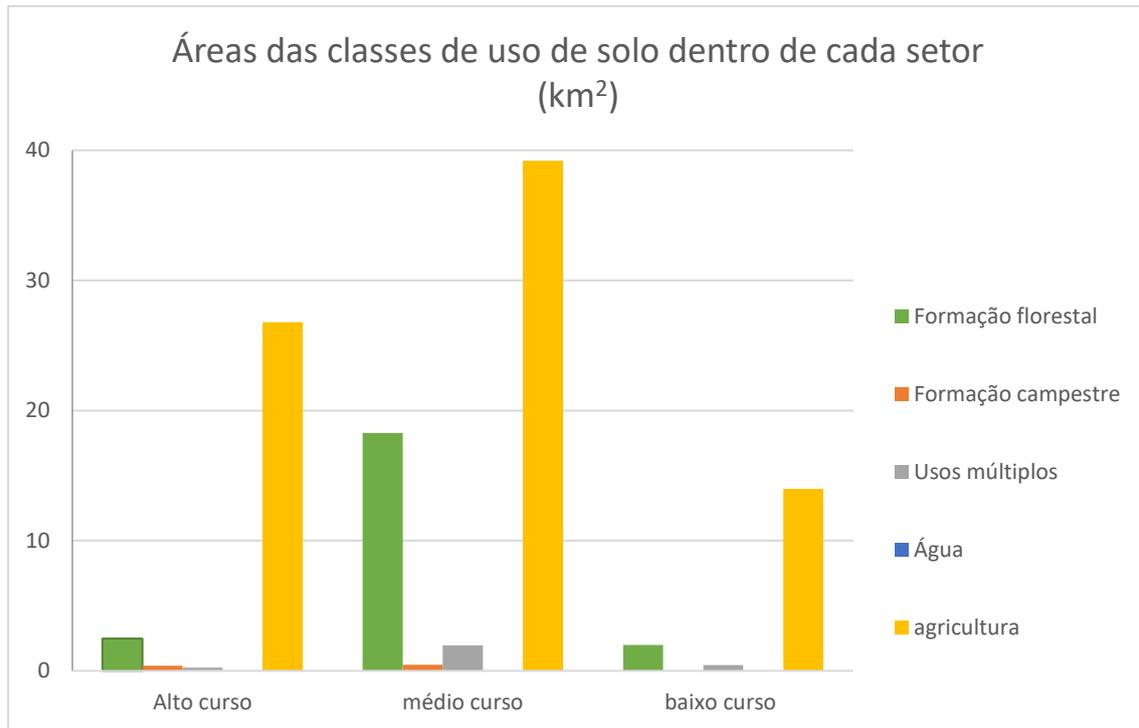


Fonte: Mapbiomas (2021), adaptado pelos autores.

A distribuição dessa classe em valores percentuais dentro de cada área do setor dá-se da seguinte maneira: 8,28% no Alto Curso; 12,17% no Baixo Curso; e 30,49% no Médio Curso (Figura 9). Esses fragmentos estão localizados próximos dos rios ou em áreas onde o percentual de declividade é mais acentuando e dificulta as práticas agrícolas. O Médio Curso possui uma representatividade maior nessa classe devido à presença do Parque Estadual do Papagaio Charão. Ele protege um significativo fragmento de transição entre os biomas Pampa e Mata Atlântica (ou mata de araucárias), com vegetação típica desse ambiente, além da fauna (SEMA, 2022). O Alto Curso também possui pequeno fragmento do parque no seu território.

As demais classes possuem uma representatividade menor ou até mesmo inexistentes em alguns setores. A água representa açudes ou demais cursos d'água. A classe formação campestre compete à vegetação rasteira e com características de campo do bioma Pampa, que, por muitas vezes, pode ser usada como poteiros, representada por um percentual muito pequeno no Baixo Curso. Nos usos múltiplos, estão inclusos locais com presença de residências, galpões, áreas de pastagem e produção de frutíferas.

Figura 9 – Áreas das classes de uso de solo dentro de cada setor



Fonte: os autores (2022)

Sobre o uso do solo, a Lei Federal 12.651 (Brasil, 2012) prevê a proteção da vegetação em determinadas áreas de interesse ambiental. Para a referida lei, Área de Preservação Permanente (APP) é “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. Neste sentido, o entorno de nascentes perenes deve ser protegido em um raio de 50 metros.

Na Bacia Hidrográfica, foram identificadas 339 nascentes, totalizando 2,66 km² de áreas correspondentes a sua área de proteção permanente. No entanto, o solo dentro dessa APP está sendo utilizado da seguinte forma: 0,53 km² para a formação florestal, 0,02 km² para a formação campestre, 0,05 km² para a usos múltiplos, 0,01 km² para água e 2,05 km² para a agricultura. Dessa forma, percebe-se que apenas 19,92% do total dessa área é ocupada com alguma forma de vegetação com características de floresta, 0,75% por formação característica de campo, originária do bioma Pampa e 0,38%, por água. Assim, tem-se apenas 21,05% de usos que podem ser considerados, de alguma forma, preservados, como previstos em Lei. Em usos considerados antrópicos, tem-se 1,88% na classe de usos múltiplos e 77,06% com uso de agricultura.

Considerando os setores da Bacia, o Alto Curso possui 0,78 km² de APP ocupado por agricultura, 0,06 km² por formação florestal, 0,01 km² por usos múltiplos e a categoria de água possui uma representatividade pequena. No Médio Curso, os usos se dão em 0,45 km² por formação florestal, 0,02 km² por formação campestre, 0,03 km² por usos múltiplos, 0,01 km² por água e 0,95 km² por agricultura. No Baixo Curso, tem-se os seguintes dados: 0,31 km² ocupados por agricultura, 0,01 km² for formação florestal e usos múltiplos. Todos os setores seguem o mesmo padrão de uso, o predomínio da agricultura, seguido por formação florestal e usos múltiplos, indicando uma ocupação irregular. O Médio Curso possui uma maior preservação por ser o que mais apresenta a categoria de formação florestal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração as características apresentadas pela Bacia Hidrográfica do Rio Baios, representadas pelos parâmetros de fator forma, circularidade, densidade de drenagem e declividade, é possível verificar que essa região possui uma baixa predisposição natural para a ocorrência de eventos relacionados a enchentes.

Além disso, outra característica da bacia é possuir, em sua grande maioria, um relevo com declividades de 8 a 20% ondulado, o que, segundo o Novo Código Florestal, é considerado apto para as práticas agrícolas. As características do solo indicam uma classificação predominantemente de Latossolo, onde o horizonte B possui maior profundidade, é propício para as práticas agrícolas, como pôde ser observado no mapa de uso do solo. O processo de expansão agrícola, nas últimas décadas, acarretou a transformação de áreas que possuíam cobertura de floresta e de campo em áreas de produção agrícola. Uma característica que prevalece na região é a presença da pequena propriedade rural, com destaque para a agricultura familiar.

Quanto ao uso do solo nas áreas de preservação permanente das nascentes, identifica-se o uso antrópico, voltado, principalmente, para a agricultura, tendo destaque as culturas de soja e milho, no período do verão, e trigo, no período do inverno. Para tanto, são necessárias medidas de mitigação e conscientização sobre a importância da conservação das nascentes e das áreas no seu entorno tanto para o bem-estar do ser humano, como animais e meio ambiente.

Outro ponto que pode e deve ser levado em consideração é a presença da Reserva Estadual do Papagaio Charão, fragmento importante para a conservação da fauna e flora locais. A bacia possui pequenos fragmentos de floresta remanescentes do processo de transformação da região para um cenário agrícola e que visa à produção intensiva de grãos.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de estudos e auxílio financeiro que possibilitou a elaboração deste estudo.

REFERÊNCIAS

- AHER, P. D.; ADINARAYANA, J.; GORANTIWAR S. D. **Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach.** Journal of Hydrology, v. 511, p. 850–860, 2014.
- ALBUQUERQUE, Adoréa Rebello da C. **Bacia hidrográfica: unidade de planejamento ambiental.** Revista Geonorte, v. 3, n. 7, p. 201-209, 2012.
- ALMEIDA, JBG; FONSECA, JMA; COSTA, LVS; JUVENAL, LHS; CORDEIRO, J.; SANTIAGO, GLA. **Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para análise morfométrica da sub-bacia do Ribeirão do Peixe, Itabira-MG.** Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S. l.], v. 11, n. 5, pág. e5211527770, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i5.27770. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27770>. Acesso em: 22 jun. 2022.
- ARAÚJO, João Paulo de Carvalho; SILVA, Francisco de Assis Dourado da; NAZAR, Thallita Isabela Silva Martins. **Uso de Técnicas Geomorfométricas para Identificação dos Padrões de Relevo na Bacia do Rio Preto, no Planalto Ocidental Paulista.** Sociedade & Natureza, v. 34, 2022.
- BAPTISTA, Octávio Glauco Soares; NASCIMENTO, Lucio Fabio Cassiano. **Água potável: escassez e gestão do consumo em condomínios residenciais metropolitanos.** Drinking water: scarcity and consumption management in metropolitan residential buildings. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 1, p. 8384-8397, 2022.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação.** Florianópolis: UFSC, 112 p. 1994.
- BERTOLINI, William Zanete; DEODORO, Sandra Cristina; ZAMBOT, Nadialine. **Análise morfométrica do relevo da região hidrográfica da Várzea–Alto Rio Uruguai (RS).** Geosciences= Geociências, v. 40, n. 1, p. 83-99, 2021.
- BITTENCOURT, Daniela Zanetti. **Dinâmica e análise de fragilidade ambiental, banhado da reserva biológica de São Donato-RS.** 2017.
- BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Institui o novo código florestal brasileiro.
- CALEGARI, L.; Martins, S. V; Gleriani, J. M.; Silva, E.; Busato, L. C. 2010. **Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal.** Revista Árvore, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.871-88.7.

- CÂMARA, G. et al. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Campinas: Ed. Da Unicamp, 1996.
- CARDOSO, C. A. DIAS, H. C. T., SOARES, C. P. B., MARTINS, S. V. (2006) **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan**, Nova Friburgo -RJ. *Revista Árvore*, 30(2), 241-248.
- COSTA, Fábio Rodrigues; ROCHA, Márcio Mendes. **Geografia: conceitos e paradigmas- apontamentos preliminares**. *Revista Geomae*, v. 1, n. 2, p. 25-56, 2010.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia Fluvial**. Editora: Edgard Blucher, Vol. 1, São Paulo, 1981.
- CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos. Minerais-Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Programa Geologia do Brasil-Levantamentos da Geodiversidade, 2010.
- DA SILVA, Elmo Rodrigues. **O curso da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos**. 1998. Tese de Doutorado. Tese de doutoramento, Escola Nacional de Saúde Pública.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -EMBRAPA. (1995) **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos: normas em uso pelo SNLCS**. Brasília, Serviço de Produção de Informação.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p.
- ESTEVAM, André Luiz Dantas; MAIA, Diego Corrêa. **Morfometria e enchentes urbanas na bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe, Salvador-BA**. *Geopauta*, v. 6, p. e10755-e10755, 2022.
- FEITOZA, Maria Alice Britto. **Aplicação de modelo de simulação hidrológica com regionalização de parâmetros para regiões semiáridas**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- FRAGA, M. S.; FERREIRA, R. G.; SILVA, F. B.; VIEIRA, N. P. A.; SILVA, D. P.; BARROS, F. M.; MARTINS, I. S. B. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil**. *Nativa*, v. 2, n. 4, p. 214-218, 2014. Disponível em: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1785/> Doi: 10.14583/2318-7670.v02n04a05.
- HIRATA, Ricardo et al. **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento**. [São Paulo]: Instituto Trata Brasil. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/e7d9e125-7b22-4706-915b-a397f8a91784/2928658.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023. 2019.
- HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. *Geological Society of America Bulletin*.v. 56, v. 3, p. 275-370, 1945.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Noções Básicas de Cartografia**. Rio de Janeiro: Ed. Do IBGE, 1998. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoes/indice.htm. Acesso em: 25 de novembro de 2022.

LIMA, R.A.P. **A ação do homem nos ecossistemas**. Rio de Janeiro: FGV, 1979.

LIMA NETO, Vicente de Sousa. **Análise da implantação de reservatórios de amortecimento de cheias e de aproveitamento de água pluvial em lotes urbanos**. 2021.

MAIA, Nilson Borlina et al. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. Univ Pontifica Comillas, 2001.

Projeto MapBiomias. **Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/download>. Acessado em: 12 de novembro de 2022.

MARQUES, Guilherme Fernandes et al. **Os serviços de gestão de recursos hídricos**. Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 19, n. 2022, 2022.

PEREIRA, Pedro Henrique Vaz et al. **Nascentes: Análise e discussão dos conceitos existentes**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 7, n. 2, 2011.

SALAS-SALVADÓ, Jordi et al. **Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual**. Nutrición Hospitalaria, v. 37, n. 5, p. 1072-1086, 2020.

SAMPAIO, Jose Rideo; TORRES, Dr^a Eloíza Cristiane. **Proteção de nascentes. Programa de desenvolvimento educacional**. Cadernos PDE, Versão online, Vol. II, Londrina, 2016.

SEMA, **Secretaria Estadual do Meio Ambiente**. Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acessado em 10 de julho de 2022.

SILVA, A. de B. **Sistemas de informações georreferenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Ed.da Unicamp, 1999. p.27.

SILVAJ. S., BessaN. onçalves F. de, FagundesF., SchmittE., & CostaB. S. S. (2018). **Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio como instrumento de apoio à gestão de recursos hídricos**. REVISTA CEREUS, 10(4), 284-297. Recuperado de <http://www.ojs.unirg.edu.br/index.php/1/article/view/2044>.

SOARES, Stela de Almeida. **Gestão de recursos hídricos**. Curitiba:InterSaberes, 2015.

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A . C. L.; ARAUJO, G. M. C.; ARAÚJO, G. M. C. **Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado**. Revista do Departamento de Geografia, v. 31, p. 82-100, 2016. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/107715>/ Doi: 10.11606/rdg.v31i0.107715.

SOARES, Leonardo Silva et al. **Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado**. Revista do Departamento de Geografia, v. 31, p. 82-100, 2016.

SOBRINHO, T. A. et al. **Delimitação automática de bacias hidrográficas Utilizando dados SRTM**. Eng. Agr., Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 46-57, Jan/Fev. 2010. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/BCFw7SYRfd8scZBTt7pKmsG/?format=pdf&lang=pt>>. Acessado em 20 de janeiro de 2023.

SCHUMM S. A. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy**. Geological Society of America Bulletin, v. 67, p. 597-646, 1956.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transaction of American Geophysical Union. v. 38, p. 913-20, 1957.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista Uniara, n. 20, p. 137-156, 2007.

TONELLO, K. C. (2005) **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. **Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG**. Revista Árvore, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000500019 Doi: 10.1590/S0100-67622006000500019.

VALENTE, Osvaldo Ferreira; GOMES, Marcos Antônio. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005.

VILLELA, S.M. MATTOS, A. (1975) **Hidrologia aplicada**. Mcgraw Hill, 250 p.

ZWOLIŃSKI, Zbigniew; GUDOWICZ, Joanna. **Geomorphometric analysis of morphoclimatic zones on the Earth**. methods, v. 4, n. 5, p. 12, 2015.