

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL - UFMS
CAMPUS DE TRÊS LAGOAS - CPTL
GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

Maria do Carmo Rodrigues Barbosa

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIBEIRÃO DO POMBO - TRÊS LAGOAS-MS**

TRÊS LAGOAS/MS
2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL - UFMS
CAMPUS DE TRÊS LAGOAS - CPTL
GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

Maria do Carmo Rodrigues Barbosa

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO
POMBO, TRÊS LAGOAS-MS**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas (CPTL), como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Henrique Soares da Silva

TRÊS LAGOAS/MS

2023

Maria do Carmo Rodrigues Barbosa

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO DO POMBO, TRÊS LAGOAS-MS**

Banca Examinadora da monografia apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS Campus de Três Lagoas programa de graduação em Geografia, para obtenção de título de Bacharel em Geografia.

Resultado:

Orientador Prof. Dr. Mauro Henrique Soares da Silva

1º Examinador: Prof. Dr. César Cardoso Ferreira

2º Examinador: Prof. Dr. Adalto Moreira Braz

Três Lagoas, 17 de Novembro de 2023

A minha família, minha mãe, meu esposo Eduardo, meus filhos Iasmim do Carmo e João Pedro, as minhas irmãs, dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Mauro Henrique Soares por toda paciência, na orientação e incentivo de levar a frente este projeto.

Ao Dr. Hermiliano Felipe Decco, por toda ajuda na tabulação dos dados, confecção dos mapas, e ajuda com referências, pode não parecer, mas também pela paciência.

Aos profs. e mestres, o meu muito obrigada por todo aprendizado, cursar essa segunda graduação agregou valores a minha formação acadêmica, vocês serão sempre preciosos aos meus olhos, a todos, o meu respeito e gratidão.

O Verdadeiro mestre é aquele que ensina a pescar, e não o que pesca por você.

A todos os colegas de laboratório, que passaram por aqui e os que ainda permanecem.

A minha família o meu muito obrigada por toda compreensão e o meu carinho e respeito

Ao Laboratório de Biogeografia e climatologia Geográfica – LABICGEO (UFMS/CPTL) e Laboratório de Monitoramento Ambiental e Recursos Hídricos-Lamarh (UFMS/CPTL) e seus membros por toda ajuda na tabulação dos dados e refinamento dos dados.

A UFMS, por todo o suporte.

Não conseguiria citar todos os que nesta caminhada acadêmica contribuí, e ainda contribuem, o meu muito obrigada e saibam que sempre terão um espaço em meu coração.

Gratidão!

“O domínio do visível, aquilo que a vista abarca. Não é formada apenas por volumes, mas também de cores, movimentos, odores, sons (...). A dimensão da paisagem é a dimensão da percepção, o que chega aos sentidos. ”

Milton Santos *Metamorfose do Espaço Habitado*. São Paulo: Hucitec, 1996, p.61-62).

Resumo

Este estudo apresenta alguns dos índices morfométricos da bacia hidrográfica do rio do Pombo no município de Três Lagoas-MS, suas nascentes estão localizadas no município de Água Clara e sua foz no rio Verde, e seus limites com o município de Três Lagoas.

Neste trabalho visou apresentar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio do Pombo, para tal, gerou-se inicialmente o Modelo Digital de Elevação (MDE), que a partir foi possível a obtenção de alguns parâmetros morfométricos para o estudo da dinâmica de drenagem e geomorfológica da bacia. Identificou-se que a área da bacia hidrográfica é de 2074,94 km² e o perímetro, de 242378,34 km, sendo seu formato entre ovalado e alongado, segundo a classificação de Horton (1945), o Kc 1,48, Kf 0,56 e o Ic 0,44, a altitude mostrou uma variação entre 278 e 529 m, com declividade predominantemente suave ondulada a plana. Tendo uma variação, ou seja, a área mais elevada entre 446 e 529 metros de altitude, na região de alto curso da bacia hidrográfica do rio do Pombo, em ambas as margens, porém com predomínio na margem esquerda. No médio curso, é perceptível uma de elevação com 380 m, localizado na margem esquerda, onde está localizada a cachoeira do Pombo na área do parque municipal. A hidrografia é composta por canais fluviais de 5º ordem, e densidade de drenagem de 2,90 km/km², e o de rugosidade 722,1, considerado um valor alto, onde quanto maior for o índice maior será a probabilidade de degradação da bacia. A razão de relevo da Bacia do Ribeirão do Pombo, é de 276,6, o baixo índice é resultante da baixa amplitude altimétrica (249 m), ou seja, a baixa declividade média caracteriza o relevo como suave ondulado, sendo assim a razão de relevo indica a declividade geral ou o declive total da superfície da bacia hidrográfica. Devido a geomorfologia, aumenta ainda mais a necessidade de aprofundar os estudos da dinâmica hídrica e geomorfológica da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pombo.

Palavra-chave: Morfometria, MDE, declividade, densidade, circularidade

Abstract

This study presents some morphometric indices of the Pombo river basin in the municipality of Três Lagoas-MS, its sources are located in the municipality of Água Clara and its mouth in the Verde river, and its limits with the municipality of Três Lagoas.

This work aimed to present a morphometric characterization of the Pombo river basin, to this end, the Digital Elevation Model (DEM) was initially generated, which made it possible to obtain some morphometric parameters for the study of drift dynamics and geomorphology of the basin. It was identified that the area of the river basin is 2,074.94 km² and the perimeter is 242,378.34 km², with its shape being between oval and elongated, according to Horton's classification (1945), Kc 1.48, Kf 0,56 and Ic 0.44, the altitude varied between 278 and 529 m, with a predominantly gentle, undulating to flat slope. Having a variation, that is, the highest area between 446 and 529 meters of altitude, in the upper reaches of the Pombo river basin, on both banks, but with a predominance on the left bank. In the middle course, an elevation of 380 m is offered, located on the left bank, where the Pombo waterfall is located in the municipal park area. The hydrography is made up of 5th order river channels, with a variation density of 2.90 km/km², and roughness of 722.1, considered a high value, where the higher the index, the greater the probability of degradation of the surface. basin. The relief ratio of the Ribeirão do Pombo Basin is 276.6, the low index is the result of the low altimetric amplitude (249 m), that is, a low average slope characterizing the relief as smooth flat, thus being a ratio of relief indicates the general declivity or total slope of the watershed surface. Due to geomorphology, the need to further study the denaging and geomorphological dynamics of the Pombo river basin increases even further.

Keywords: Morphometry, MDE, slope, density, circularity

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.2 Caracterização da área de estudo.....	14
2.OBJETIVOS	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos	16
3.REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Bacia Hidrográfica	17
3.2 Parâmetros morfométricos.....	21
3.3 O uso de geotecnologias em análise morfométrica em bacias hidrográficas.....	22
4. METODOLOGIA.....	24
4.2 Determinação dos parâmetros morfométricas.....	26
4.2.1 Fator de forma (kf)	26
4.2.2 Índice De Circularidade (IC).....	27
4.2.3 Densidade De Drenagem (D_d).....	27
4.2.4 Coeficiente de manutenção (Cm)	27
4.2.5 Declividade	28
4.2.6 Coeficiente de Compacidade (Kc)	28
4.2.7 Ordenamento da rede de drenagem	29
4.2.8 Índice de rugosidade (Ir)	30
4.2.9 Amplitude altimétrica	31
4.2.10 Relação de Relevo (Rr)	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do rio do Pombo.....	13
Figura 2. Representação de uma Bacia hidrográfica.....	197
Figura 03. Principais etapas realizadas para delimitação da BHRP a partir de dados SRTM..	23
Figura 4. Ilustração do método de ordenação do canais de Straler (1957).....	28
Figura 5. Hierarquia fluvial da Bacia Hidrográfica do rio do Pombo.....	364
Figura 6. Cachoeira do Pombo.....	375
Figura 7. Hipsometria da Bacia Hidrográfica do rio do Pombo.....	386
Figura 8. Declividade da Bacia Hidrográfica do rio do Pombo.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Definições de Bacia Hidrográfica.....	15
Tabela 02. Conselho de gestão de recurso hídricos.....	18
Tabela 03. Índices morfométricos.....	23
Tabela 04. Interpretação ambiental do formato da bacia.....	24
Tabela 05. Classes de interpretação para os valores da densidade da drenagem.....	25
Tabela 06. Classificação da densidade hidrográfica de bacias.....	26
Tabela 07. Classificação da declividade segundo Embrapa (1979)	26
Tabela 08. Interpretação morfométrica da bacia.....	30
Tabela 09. Características morfométricas da BHRP.....	31

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são recursos renováveis, de quantidade finita, essencial para manutenção da vida no planeta, considerado bem de domínio público, necessário para a sobrevivência da natureza humana. Portanto, os sistemas ambientais se interagem com a água mantendo diferentes graus de dependência, estando à disposição da humanidade.

Com o crescimento dos usos múltiplos da água doce, tornou-se não apenas de escassez relativa e sim absoluta, causando caos econômico e reduzindo a qualidade da vida, em muitas regiões.

Diante da escassez de recursos hídricos nos últimos tempos, (Silva Neto *et al.*, 2012, p.32), diz que, “a água tem grande importância para a permanência da vida na Terra, sendo necessária uma atenção especial com o seu monitoramento.”

Segundo Christofolletti, (1980)

É um sistema dinâmico suscetível a hierarquização, é delimitado naturalmente pelos divisores de água e produto de inúmeras inter-relações processuais de energia, matéria e informações, ou seja, a bacia de drenagem pode ser compreendida como uma área de drenagem por um rio ou por um sistema fluvial.

As características físicas de uma bacia são importantes para a avaliação e sistematização da drenagem, pois, ao se definirem relações e similitudes entre elas e os dados hidrológicos conhecidos, pode-se instituir valores hidrológicos em locais que não há análises.

A infiltração, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e subsuperficial e a quantidade de água produzida como deflúvio, dependem de suas características físicas e bióticas, principalmente as ligadas com a cobertura vegetal, desempenhando importante papel nos processos relacionados à fase terrestre do ciclo hidrológico (Santos et al., 2012).

Nessa ótica é possível melhor visualização das mudanças antrópicas na natureza e como a natureza reagirá ao longo do tempo, neste intuito as bacias hidrográficas são avaliadas como ótimas unidades de gestão dos elementos naturais (Guerra e Cunha, 1996).

Porto; Porto (2008, p.45) nos diz que:

"bacia hidrográfica pode ser então considerada um ente sistêmico. É onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos".

Ao longo dos anos várias pesquisas e trabalhos vem sendo desenvolvidas acerca das características físicas das bacias hidrográficas, assim muitos autores como Cardoso (2006) que fez um levantamento acerca das características morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ; Miotto (2014), pesquisou a morfometria de bacias hidrográficas utilizando SIG's livres e gratuitos; Teodoro(2007) faz uma descrição dos conceitos de Bacia Hidrográfica e além da importância da caracterização morfométrica para o Entendimento da dinâmica Ambiental Local; Antonelli; Thomaz (2007) Caracterização do meio físico da bacia do arroio boa vista - Guamiranga-PR; (Guerra; Cunha, 1996), e tantos outros, utilizam esses estudos para planejamento ambiental e gestão das bacias.

Mediante análises quantitativas das relações entre a fisiografia das bacias e sua dinâmica hidrológica, definem os estudos morfométricas de bacias hidrográficas, portanto as análises desse tipo de bacias hidrográficas, tornaram-se uma importante ferramenta para a caracterização e identificação da dinâmica fluvial, sendo assim existem várias aplicações para seu uso, sobretudo para o planejamento ambiental.

E por meio da abordagem quantitativa, pode-se ter uma melhor noção do comportamento hidrológico, uma vez que, os parâmetros morfométricos são bons indicadores da capacidade de escoamento superficial. (Nunes et al.,2006).

Segundo (Antonelli; Thomaz, 2007, p. 47):

A combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, para qualificarem as alterações ambientais. Em outras áreas, tais parâmetros podem perder a expressão, exibindo indicadores físicos que se integram de modo diverso.

Kobiyama (2000), enfatiza que,

Os ecossistemas florestais constituídos por parte aérea (árvores) e parte terrestre (solos florestais) desempenham a seguintes funções: (1) Mitigação do clima (temperatura e umidade); (2) diminuição do pico do hidrograma (redução de enchentes e aumento da recarga para os rios); (3) controle de erosão; (4) melhoramento da qualidade da água no solo e no rio; (5) atenuação da poluição atmosférica; (6) fornecimento do oxigênio (O₂) e absorção do gás carbônico (CO₂); (7) prevenção contra ação do vento e ruídos; (8) recreação e educação; (9) produção de biomassa e (10) fornecimento de energia.

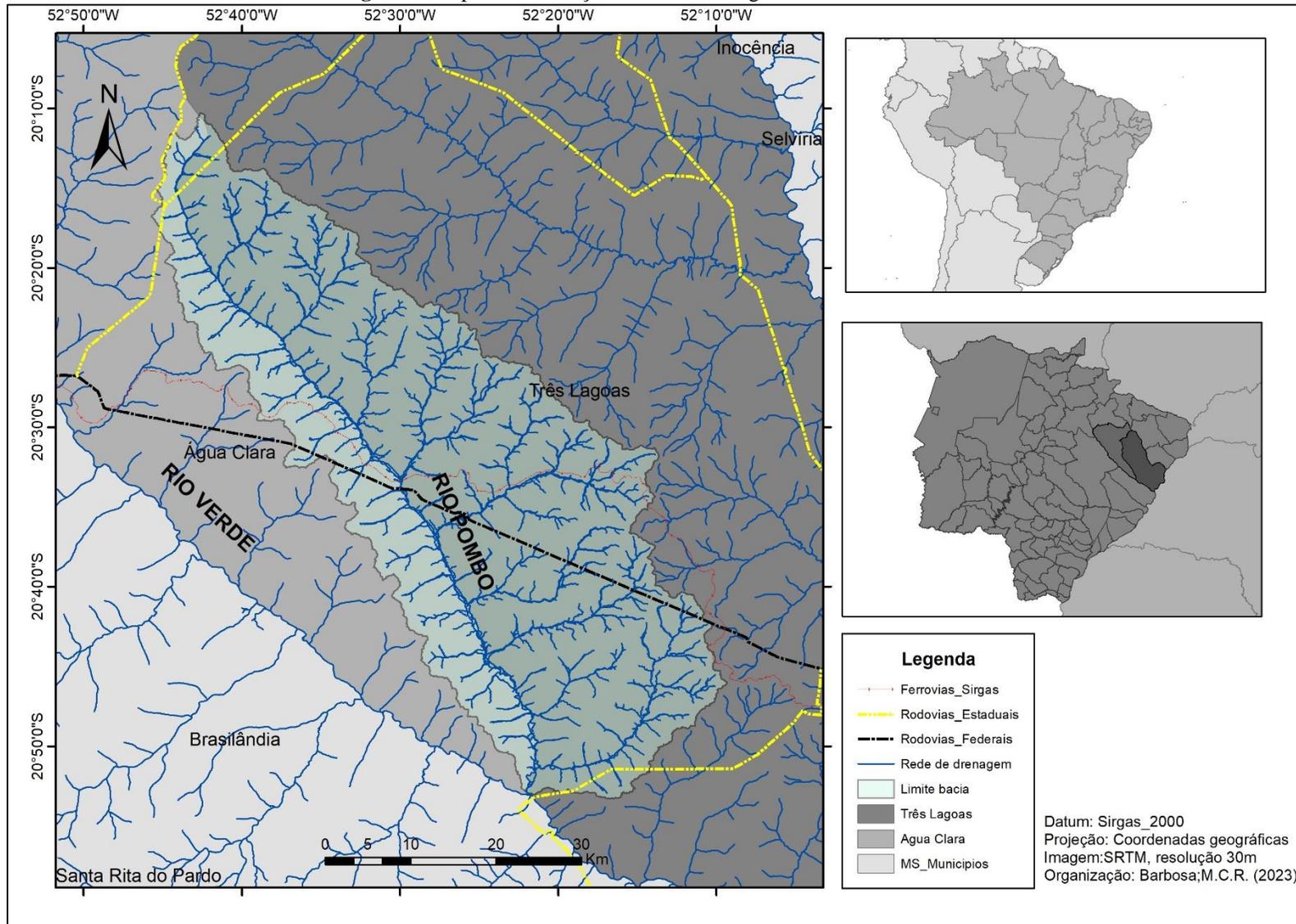
O presente trabalho faz parte de um projeto maior que ainda está em andamento, intitulado “*Análise da qualidade ambiental dos remanescentes de cerrado na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo- Três Lagoas-MS*”, sob a orientação do Prof.Dr. Mauro Henrique Soares da Silva, no PPGEQ, campus de Três Lagoas (MS), fazendo com que obtivéssemos dados morfométricos, para caracterização e sistematização da drenagem, geometria e o relevo da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pombo, ao qual nas literaturas

pesquisadas até o momento não foram encontrados dados em relação a esta bacia. Tendo como o objetivo geral a caracterização da dinâmica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo em Três Lagoas-MS.

1.2 Caracterização da área de estudo

Dentre as várias paisagens afetadas por esse contexto do agronegócio em Três Lagoas, encontra-se a referida área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo, a qual é um afluente disposto na vertente esquerda da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (Figura 02), localizadas nas seguintes coordenadas, 20°53'14,208" e 20°09'39" S e 52°9'26,112" e 52°45'31" O, e possui extensão de área aproximada de 2074,94 km², e a extensão linear de aproximadamente 350 km. Suas nascentes estão entre as coordenadas 20°11'38,489" e 20°52'19,028" S e a 52° 44'15,175" e 52°16'4,04" O, localizadas no município de Água Clara e sua foz no Rio Verde, e seus limites com o Município de Três Lagoas, destacando que o sentido de seu curso d'água é predominante de noroeste para sudeste (NO-SE).

Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo



Fonte:(Barbosa, 2023)

O clima, de acordo com a classificação climática de Köppen como AW, tropical, quente e úmido, com duas estações bem definidas, seca no inverno e chuvosa no verão. A temperatura média local é de 26°C, com vegetação típica é o Cerrado “stricto sensu” ou Floresta subtropical sazonal.

No que se refere ao volume de água o Ribeirão do Pombo constitui a maior drenagem, fazendo limite com o Parque Natural Municipal do Pombo pela porção sul, no baixo curso do Rio Verde, é um afluente conhecido pela riqueza da ictiofauna, e possui áreas de grande importância para a reprodução de espécies migratórias, segundo dados do Plano de manejo do PNMP (2019).

A vegetação é a típica do Cerrado brasileiro, porém, sobre uma região que a década vem sofrendo com o desmatamento e a substituição da vegetação nativa por modelos econômicos baseados no mono cultivo.

2.OBJETIVOS

2.1 Geral

Caracterizar a dinâmica fluvial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo em Três Lagoas-MS.

2.2 Específicos

2.2.1. Avaliar possíveis relações entre os parâmetros morfométricos e o relevo da BH.

2.2.2. Compreender a relação entre as características de forma da bacia, aspectos topográficos, bem como as feições da rede de drenagem da bacia do Ribeirão do Pombo, fornecendo assim, informações disponíveis como subsídios para o gerenciamento dos recursos hídricos.

3.REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Bacia Hidrográfica

Ao longo dos anos diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas em bacias hidrográficas, mostrando o uso inadequado dos recursos hídricos e os processos de degradação e impactos causados pela ação antrópica.

Em sua grande maioria as questões relacionadas com o meio ambiente, estão ligadas a fatores econômicas e a evolução do homem no intuito de sobreviver e se estabelecer em sociedade, mas também ao acúmulo de capital impulsionado pelo sistema econômico vigente.

Os problemas ligados as questões ambientais são crescentes, algumas causas podem ser citadas, como ocupação desordenada, desmatamento, destruição de áreas de preservação, dentre outros, nessa óptica grandes impactos ambientais são criados, com isso gerando grandes crises, como a falta de recursos hídricos.

Bernardi (2012), salienta que:

O manejo inadequado dos recursos naturais tem como consequência a crescente degradação desse meio. Assim sendo, a gestão de bacias hidrográficas vem se aprofundando, pois ela é considerada a unidade para o planejamento e conservação do ambiente natural e urbano.

Villela e Mattos (1975), enfatizam que as características físicas de uma bacia são elementos de grande importância em seu comportamento hidrológico, devido à estreita relação entre o ciclo hidrológico e esses elementos. Sendo assim, a partir do conhecimento desses dados da bacia, é possível inferir, indiretamente, valores hidrológicos para locais onde são escassas informações hidrológicas.

Ao longo dos anos diversas definições de bacias hidrográficas são descritas por diversos autores, que há grande semelhança em suas definições deste recorte espacial. (Tabela 1).

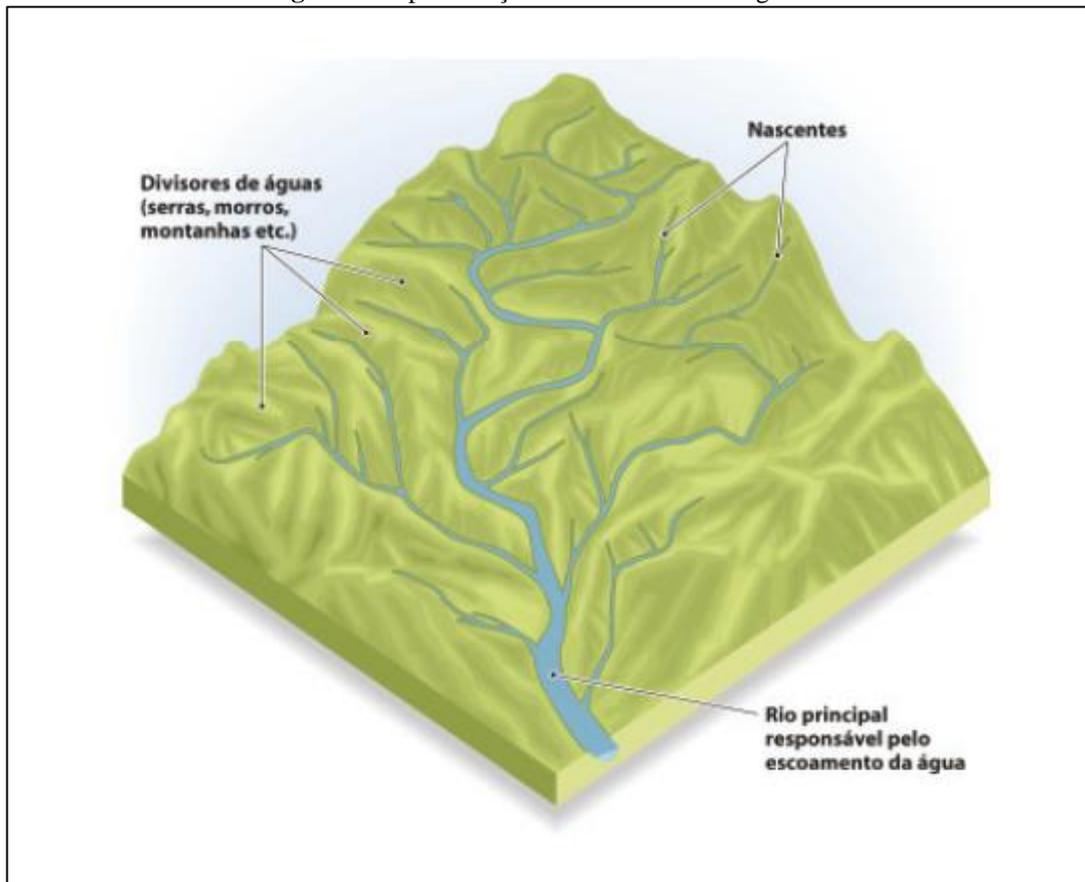
Tabela 01. Definições de bacia hidrográfica

Autor	Conceito
(Tucci ,1997)	Bacia Hidrográfica é um conjunto de superfícies vertentes, ou seja, uma rede de drenagem formada por seus cursos de água que concentram num único leito no seu exutório, ou seja, a bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água precipitada que faz dirigir o escoamento para um único ponto de saída.”
(Rodrigues; Pissarra; Campos ,2008, p. 311)	As características físicas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, o

	escoamento superficial e subsuperficial.
(Andreozzi, 2005, p. 44):	Como um sistema bem caracterizado, identificado pela entrada de matéria e energia (através da precipitação atmosférica), pela circulação interna deste material (o escoamento superficial, por exemplo) e por sua saída (que num curso fluvial corresponde a sua foz). Este sistema, individualizado para sua facilitação de análise, pode ser considerado um subsistema, quando inserido em outro sistema, sendo influenciado e influenciando através dos fluxos que se estabelecem.
(Nascimento; Villaça, 2008)	São unidades espaciais de fácil reconhecimento assim como de fácil caracterização, considerando que não há nenhuma área da superfície terrestre que não esteja inserida em uma bacia hidrográfica, sendo possível avaliar as ações humanas que atuam modificando o equilíbrio existente.
(Viessman; Harbaugh; Knapp, 1972)	A bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou um sistema conectado de cursos d'água, dispondo de uma simples saída para que toda a vazão efluente seja descarregada.
(Cecílio; Reis, 2006)	Bacia hidrográfica consiste em uma unidade geográfica territorial definida topograficamente, delimitada pelos divisores de águas (figura 02), drenada por um curso d'água ou por um sistema conectado de cursos d'água, tal que toda vazão efluente seja descarregada por uma simples saída.

Organização: (Barbosa,2023)

Figura 2. Representação de Uma Bacia hidrográfica



Fonte: ANA e Fundação Roberto Marinho (2006)

A área de drenagem da bacia tem um impacto direto na quantidade e no volume de água liberada como escoamento superficial, contudo a forma e a elevação, contribuem com a taxa ou sobre o regime dessa produção de água, também sobre a taxa de sedimentação. A disponibilidade de sedimentos é afetada pela dimensão e extensão dos canais, ou seja, o padrão de drenagem, bem como a taxa de formação durante o escoamento. (Lima, 1986)

De acordo com (Tonello et al., 2006) salienta que,

A quantificação da disponibilidade hídrica serve de base para o projeto e planejamento dos recursos hídricos. Para tanto, é preciso expressar, quantitativamente, todas as características de forma, de processos e de suas inter-relações. Cabe ressaltar que nenhum desses índices, isoladamente, deve ser entendido como capaz de simplificar a complexa dinâmica da bacia, a qual inclusive tem magnitude temporal.

Em todo o país, a administração dos recursos hídricos é regulada por meio de leis, sendo a gestão dividida por bacias hidrográficas, ou seja, tanto em corpos hídricos de propriedade da União ou dos Estados. A questão central que deve reger a gestão é a integração dos vários aspectos que interferem no uso dos recursos hídricos e na sua proteção ambiental. (Porto, 2008); sendo assim (Yassuda, 1993), diz que “a bacia hidrográfica é o palco unitário de interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural”.

Alguns critérios são estabelecidos para o manejo de bacias hidrográficas, estabelecendo a preservação e contempla alguns parâmetros, como o objetivo, inventário, análise, proposições, planos, execução e monitoramento

Há certamente dificuldades em se lidar com esse recorte geográfico, uma vez que os recursos hídricos exigem a gestão compartilhada com a administração pública, órgãos de saneamento, instituições ligadas à atividade agrícola, gestão ambiental, entre outros, e a cada um desses setores corresponde uma divisão administrativa certamente distinta da bacia hidrográfica. Porto (2008).

O manejo de bacias hidrográficas, de ocorrer de forma integrada, participativa e descentralizada, com base na unidade de planejamento da bacia hidrográfica, mediante comitês, eleitos democraticamente pelos vários usuários da água, estabelecendo a preservação e contempla alguns parâmetros, como o objetivo, inventário, análise, proposições, planos, execução e monitoramento, tornando-se mais eficiente o planejamento e a aplicação de ações para o uso eficiente da água em toda a área de abrangência da bacia.

De acordo com (Medeiros, 2017 apud Silva 2017, p.24), podemos ver que essa lei:

[...] determinou, a água como um bem de domínio público, recurso limitado e dotado de valor econômico, sendo que, sua gestão deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, além de determinar a bacia hidrográfica como uma unidade territorial para implementação do Plano Nacional de Recurso Hídricos-PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SNGRH, necessitando que a gestão de suas águas deva ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Na gestão política das águas e seus usos múltiplos, todas as entidades devem participar, mas a responsabilidade compete somente a um órgão, para a viabilização da coordenação de todos os níveis de decisões. Sendo assim projetadas em conselhos nacionais ou estaduais de recursos hídricos, reunindo representantes de ministérios e secretarias estaduais relacionados com a água e seus usuários. (TUCCI, 1997, p. 751).

A lei federal de uso múltiplos estabelece-se baseada na organização da gestão compartilhada de uso da água, são os seguintes os organismos (Tabela 02), criados pelo novo sistema.

Tabela 02. Conselho de gestão de recursos hídricos

Conselho Nacional de Recurso Hídricos	É um órgão colegiado, consultivo e deliberativo, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, criado pela Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, com as alterações dadas pelas Leis n.º 9.984/2000 e 12.334/2010. Regulamentado pelo Decreto n.º 10.000, de 03 de setembro de 2019, e composto por 37 membros com representações do Governo Federal (ministérios), Conselhos Estaduais e Distrital de Recursos Hídricos, Setores Usuários e
---------------------------------------	---

	Organizações Cívicas
Comitês de Bacias Hidrográficas	(CBH) significa o fórum em que um grupo de pessoas, com diferentes visões e atuações, se reúne para discutir sobre um interesse comum – o uso d’água na bacia.
Agências de Água	A ANA é responsável por regular contratos e a operação de serviços que envolvam recursos hídricos em todo território nacional. Sua organização se dá por meio de um diretor-presidente responsável pela área de administração e outros quatro diretores responsáveis pela Gestão de Recursos Hídricos. Hidrologia, Regulação e Planejamento.
Organizações Cívicas de Recursos Hídricos	São entidades atuantes no setor de planejamento e gestão do uso dos recursos hídricos, que podem ter destacada participação no processo decisório e de monitoramento das ações.

Org.: (Barbosa, 2023)

Mello (1999, p.48) salienta que:

Nos estudos das bacias hidrográficas o solo, a vegetação e a água são elementos imprescindíveis, pois, o conhecimento das relações existentes entre si e com os outros, permite que se possa perceber como os mesmos podem interferir na dinâmica de uma bacia hidrográfica e, conseqüentemente, contribuir para intensificar ou reduzir o processo de degradação ambiental.

De acordo com (Tucci,1997), “A mudança na cobertura vegetal, tanto naturais, quanto vegetais das Bacias Hidrográficas, interferem no comportamento hidrológico, gerando impactos no ambiente e nas disponibilidades dos recursos hídricos”, sendo assim a Bacia torna-se um receptáculo das ações antrópicas e/ou naturais.

Soares et al. (2016), evidencia que, uma das estratégias de gerenciamento de uma bacia hidrográfica é a compreensão de suas características físicas que compõem um conjunto de indicadores interdisciplinares que possibilitam analisar sua dinâmica ambiental e territorial em sua área de abrangência.

3.2 Parâmetros morfométricos

Visto que as bacias hidrográficas são sistemas complexos e de grande importância, uma das abordagens é a caracterização, entendimento e a correlação entre os parâmetros

morfométricos, buscando assim, abordagens diferenciadas para a compreensão de sua estrutura e funcionamento geomorfológico. (Manoso, 2020).

As bacias de 1.º ordem são correlacionadas de acordo com alguns aspectos de amplitude, perímetro, área e capacidade, sendo assim possuem alta similitude entre as altimetrias das bacias, de acordo com Oliveira et al., (2007) e Sodré (2007).

O levantamento das características morfométricas das bacias hidrográficas e sobretudo, a correlação entre elas permitem uma melhor compreensão da magnitude de cada bacia, bem como seu papel e dinâmica no modelado do relevo e à rede de drenagem. E estas variáveis são geralmente correlacionadas com propriedades ambientais, associadas a riscos geotécnicos, enchentes e evolução pedológica (Vilela et al, 1975).

Essas medidas podem servir como referencial para o planejamento ambiental e proposta de reestruturação regional, com o intuito de auxiliar a tomada de decisão de projetos envolvendo o uso de recursos físicos na região (Soares et al., 2013).

Quando citada em estudos da evolução da superfície terrestre, as diversas formas de relevo, em bacias hidrográficas, constituem como feições importantes. Contudo, em trabalhos científicos no que concerne a bacias hidrográficas demonstra qualitativamente que de forma geral é escasso para a identificação de homogeneidades, no que concerne aos fatores que influenciam as formas de relevo. Deste modo, portanto, é indubitável indispensabilidade do emprego de métodos quantitativos para estudos dessa natureza (Alves; Castro, 2003).

3.3 O uso de geotecnologias em análise morfométrica em bacias hidrográficas

Com os avanços na área tecnológica o Sistema de Informação Geográfica (SIG), tornou-se nos últimos anos, uma importante ferramenta, usada em diversas aplicações, mapeamento, medição, monitoramento, modelagem e gerenciamento. Podemos assim dizer que SIG's são uma classe especial de sistemas de informação georreferenciado, que controlam não apenas eventos, atividades, mas também onde acontecem ou existem, sendo utilizados por empresas, governos, entidades educacionais na pesquisa científica, entre outras utilidades.

Sendo assim Filho, Lisboa e Cirano (1996) nos dizem que:

“A utilização dos SIG's vem crescendo rapidamente em todo o mundo, uma vez que possibilita um melhor gerenciamento de informações e conseqüente melhoria nos processos de tomada de

decisões em áreas de grande complexidade como planejamento municipal, estadual e federal, proteção ambiental, redes de utilidade pública, etc.”

Segundo LONGLEY (2013) “Os SIG’s nos permitem fazer coisas com as representações digitais que não seriam possíveis com os mapas impressos: medir rápido e precisamente, superpor e combinar, mudar a escala e navegar, não importando o limite entre as folhas. ”

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é "conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas (usuário), perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação" (TEIXEIRA, 1995).

Com a capacidade de processar dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos), os SIG’s, utilizando a sua flexibilidade e disponibilidade, através dos seus sistemas computadorizados, permitindo assim sobrepor informações espaciais da bacia hidrográfica, armazenada digitalmente, para posterior apresentação visual ou gráfica, possibilitando a comparação e a correlação entre os dados (Collischonn, 2010; Pires et al., 2002).

Os SIG’s possibilitam diversos trabalhos nas áreas ambientais, no gerenciamento de bacias hidrográficas, além de da elaboração e manutenção de banco de dados geo - codificados, abrangendo muitas outras atividades em que parte são retiradas diversos dados estatísticos sobre as características da unidade de estudo. (Pires et al., 2002).

Silva Neto et al. (2012)

A tecnologia de Geoprocessamento, em constante desenvolvimento, tem se mostrado uma ferramenta eficiente de auxílio à gestão pública e de estudos hídricos. Neste sentido, as imagens SRTM e os arquivos digitais em diferentes formatos, entre os quais o shapefile, são fontes de dados indispensáveis, pois possibilitam menor custo e redução de tempo em trabalhos de campo para estudos de recursos hídricos.

Entre os vários SIG’s disponíveis no mercado está o ArcGIS, um software robusto e poderoso, que possibilita o tratamento dos dados do terreno manual e automaticamente em análises específicas em bacias hidrográficas.

4. METODOLOGIA

A proposta metodológica do presente estudo se baseia na estratégia de pesquisa descritiva, exploratória e explicativa. A organização metodológica desta pesquisa está compreendida em fases distintas, descritas a baixo (figura 03).

O modelo digital de elevação (MDE), imagens SRTM - X, foi adquirido através da plataforma USG Explorer de média resolução, com resolução espacial de 30m, através do software ArcMap 10.8.

A partir do MDE, foi possível a aquisição de dados para a obtenção de alguns parâmetros morfométricos para o estudo da dinâmica de drenagem e geomorfológica, as quais, juntas, dão conta da aquisição e análise de resultados suficientes para alcançar os objetivos propostos.

Após aquisição do recorte da área de estudo, deu-se o processamento das imagens através da extensão *Terrain Analysis Using Digital Elevation Model* (hydrology.esu/taudem - TauDEM, sendo que é um conjunto de ferramentas do soft ArcGis, específicos para as análises hidrológicas com base no Modelo Digital de Elevação (MDE), o que permite a delimitação automática da bacia.

Sendo assim para a obtenção do MDE, foram necessárias a eliminação das depressões falsas, com isso as células que estavam acompanhadas, por células com valores de elevação maiores foram corrigidas, permitindo assim simular os processos de drenagem na área de estudo. Sendo assim realizou-se o preenchimento das depressões falsas, criando uma nova direção de escoamento e um novo fluxo acumulado, a partir deste processo o MDE está hidrograficamente condicionado.

Com base na metodologia utilizada por (Nicolete et al., 2015), que consistiu em obter o divisor topográfico da bacia utilizando o ArcGIS, seguiu-se os seguintes passos.

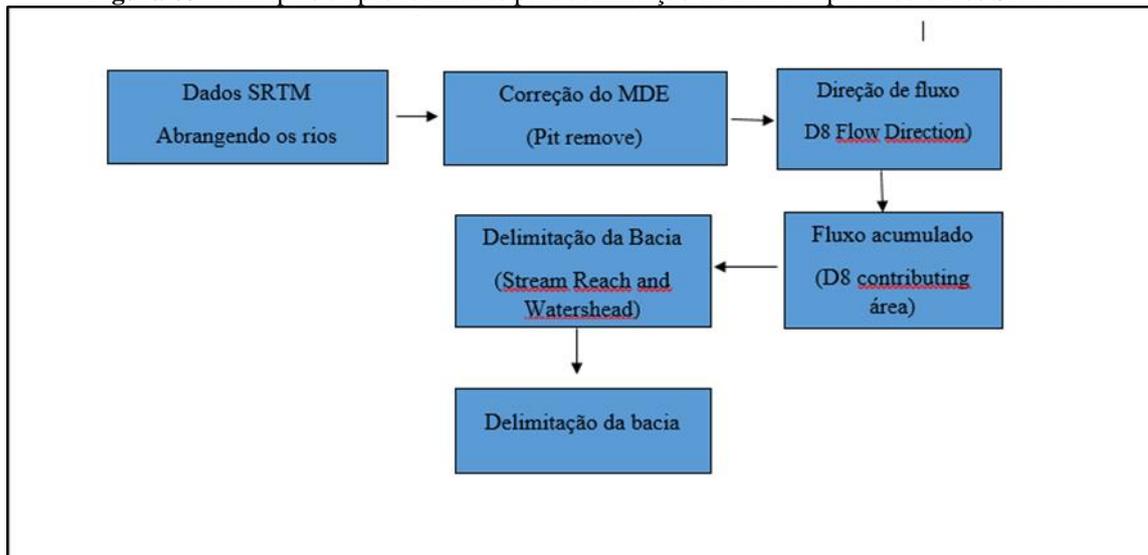
Para a obtenção do divisor topográfico da bacia consistiram em 4 passos.

1. Utilizando a ferramenta *Fill Pit*, foi feita a correção do MDE para a remoção de pixels que poderiam prejudicar a sequência do fluxo da água;
2. A ferramenta *D8 Flow Direction*, foi utilizada para a determinar da direção preferencial do fluxo na superfície, sendo assim definindo o fluxo, pixel a pixel em apenas uma direção dentro de oito possíveis caminhos em relação aos pixels vizinhos;
3. Obtenção do fluxo acumulado na superfície - ferramenta *D8 Contributing area*, que consiste na representação da linha composta pelos pixels selecionados na etapa anterior e nesta etapa,

é possível definir o exutório da bacia, obtendo em seguida a área de contribuição a montante desse ponto;

4. A ferramenta Stream Reach and Watershed, obter dados da bacia em formato raster, permitindo também a exportação em formato vetorial, sendo assim possível a extração da rede de drenagem numérica, ou seja, o ordenamento da bacia de estudo.

Figura 03: Principais etapas realizadas para delimitação da BHRP a partir de dados SRTM.



Fonte: (Barbosa, 2023)

A caracterização da área de estudo, contará com a aplicação de técnicas para análise morfométrica em bacias hidrográficas, contando com etapas tanto para identificação e compreensão das formas quanto em relação à dinâmica dos canais.

A organização sistematizada e detalhada pode ser constatada na Tabela 03.

Tabela 03. Índices morfométricos

Características morfométrica	Parâmetro
Características Geométricas	Área Total
	Perímetro Total
	Coefficiente de capacidade (Kc)
	Fator de forma (F)
	Índice de circularidade (Ic)
Características geomorfológicas	Declividade
	Coefficiente de manutenção (Cm)
	Índice de rugosidade (Ir)
	Relação de relevo (Rr)
	Amplitude altimétrica (Hm)
Características da rede drenagem	Comprimento total dos curso d'água
	Densidade de drenagem
	Ordem dos curso d'água

Organização: (Barbosa, 2023)

4.2 Determinação dos parâmetros morfométricas

A análise singular da bacia hidrográfica foi feita a partir das características geométricas, de relevo, e das características da rede de drenagem.

Na caracterização geométrica da bacia, foram determinados, área (A), perímetro (P), coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (F), índice de circularidade (IC), declividade, altitude, coeficiente de rugosidade (RN), densidade de drenagem (Dd), coeficiente de manutenção (Cm), ordem dos cursos d'água, amplitude altimétrica (Hm) e relação de relevo (Rr).

4.2.1 Fator de forma (kf)

O fator de forma corresponde à largura média e o comprimento do eixo, medido desde a foz até o ponto mais longo da bacia. (Villela; Matos,1975).

A forma da bacia hidrográfica pode sofrer influência de algumas características, dentre a principal sendo a geologia. O Fator de Forma pode assumir alguns valores da tabela (04).

Uma bacia com F baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, entretanto com fator de forma maior (Cardoso et al. 2006); (Villela; Mattos, 1975).

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Kf=Fator de forma;

A= Área de drenagem;

L= Comprimento do eixo da bacia.

Tabela 4. Interpretação ambiental do formato da bacia

Valores	Forma
1,00 – 0,75	Circular, alta tendência
0,75 – 0,50	Ovalada, tendência mediana
0,50 – 0,30	Alongada, baixa tendência

Fonte: (Villela; Matos,1975)

4.2.2 Índice De Circularidade (IC)

Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada. (Cardoso et al., 2006).

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$$

IC= Índice de circularidade;

A= Área de drenagem (km²);

P= Perímetro (Km).

4.2.3 Densidade De Drenagem (D_d)

A densidade de drenagem é comprimento total dos canais dentro da Bacia, ou seja, área de captação expressa em quilômetros quadrados segundo (Horton, 1945), e classificados em três classes de valores conforme tabela 05. (Christofolletti, 1996)

$$Dd = \Sigma / A_d$$

Dd - densidade de drenagem (Km/ km²)

ΣL (km) - o comprimento total de canais

A_d- área da bacia (km²).

Tabela 5. Classes de interpretação para os valores da densidade da drenagem

Classes de valores(km ²)	Densidade de drenagem
<7,5	Baixa
7,5 a 10,0	Média
>10,0	Alta

Fonte: Christofolletti (1969)

4.2.4 Coeficiente de manutenção (C_m)

O Coeficiente de manutenção (Cm), foi proposto por (Schumm ,1956), assim sendo pode ser calculado considerando a densidade de drenagem, evidenciando assim, a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem. (Christofolletti, 1980)

Para tal a fórmula utiliza para o cálculo do coeficiente de manutenção (Cm) pela equação.

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000$$

Onde que:

Cm =Coeficiente de manutenção;

Dd = Densidade de drenagem.

4.2.5 Declividade

As variáveis relacionadas às formas da superfície da bacia capazes de indicar os movimentos de fluxos superficiais nas vertentes (Vilella; Matos,1975); (Teodoro, 2007). O modelo SRTM, foi utilizado como base para a geração da carta de declividade.

Tabela 6. Classificação da declividade, segundo a (Embrapa, 1979)

Declividade	Discriminação
0 -3	Relevo Plano
3 - 8	Relevo suavemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo Fortemente ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo Fortemente montanhoso

Fonte: Embrapa (1979)

As classes de declividade foram separadas utilizando-se como base os intervalos sugeridos e classificado pela (Embrapa, 1979) (Tabela 06). Utilizando-se a técnica de reclassificação disponível na extensão *Spatial Analyst* do ArcGIS 8.3.

4.2.6 Coeficiente de Compacidade (Kc)

Relação entre perímetro (P) e a circunferência do círculo da mesma área, quanto maior

for a circularidade da Bacia, maior será a tendência para enchentes, tabela 07.

O Kc foi determinado baseado na seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Kc= Coeficiente de compacidade;

P= perímetro (Km);

A= área de drenagem (km²) (Borsato; Martoni 2004).

De acordo com (Villela; Mattos, 1975), o coeficiente de compacidade é um número adimensional consoante a variação da forma da bacia, quanto mais irregular for a bacia, tanto maior será o coeficiente de capacidade.

Um coeficiente igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1, ou seja, uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade.

Tabela 7. Interpretação ambiental da bacia

Valores	Capacidade
1,00 – 1,25	bacia com alta propensão a grandes enchentes.
1,25 – 1,50	Tendência mediana a enchentes.
>1,50	não sujeito enchentes

Fonte: (Borsato; Martoni, 2004)

4.2.7 Ordenamento da rede de drenagem

No ordenamento de bacias hidrográficas segundo Stevaux; Latrubesse (2017), dizem que, “um dos objetivos principais da morfometria fluvial, é a identificação de métodos para o ordenamento e para medir o grau de hierarquização dos canais de drenagem”.

A ordem dos canais fluviais (figura 04) pode ser determinada seguindo alguns critérios descritos por Strahler (1957); Horton (1945).

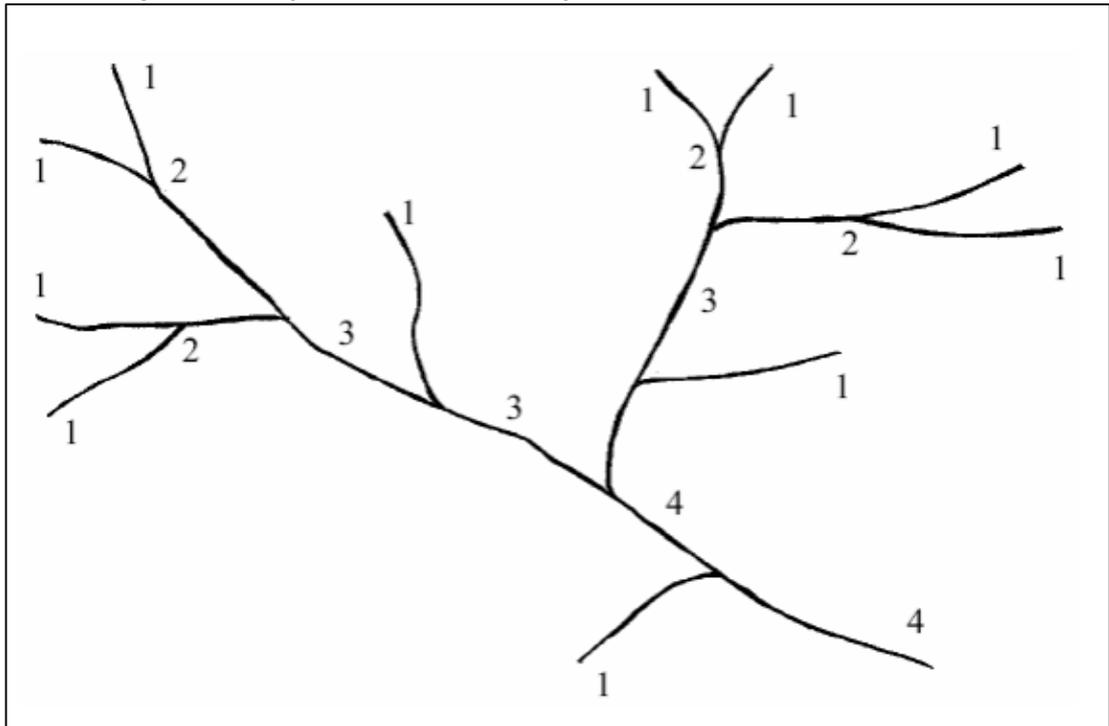
Os principais métodos utilizados para ordenação da rede de drenagem classificam os tributários menores das cabeceiras como de ordem inferior (1 e 2), e, à medida que estes se conectam com outros em direção à foz, vão recebendo ordens mais elevadas.

Com relação à ordem dos cursos d'água, utilizou-se a metodologia descrita por Strahler (1952), em que os canais sem tributários são referidos como primeira ordem, os canais

de segunda ordem são originados na confluência de canais de primeira ordem, assim sendo a confluência de dois canais de segunda ordem resulta na criação dos canais de terceira ordem, e assim consecutivamente. Dessa forma, à medida que a ordem da bacia se torna maior, a ramificação do sistema de drenagem também aumenta.

A sequência dos cursos d'água da bacia, influência diretamente na ramificação do sistema de drenagem (Horton,1945).

Figura 4. Ilustração do Método de ordenação dos canais de (Strahler, 1957)



Fonte: (STHRALER,1957)

4.2.8 Índice de rugosidade (I_r)

Expressando-se como número adimensional que resulta do produto entre a amplitude altimétrica (H_m) e a densidade de drenagem (D_d), sendo assim, combina as variáveis, declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional que resulta do produto entre a amplitude altimétrica (H_m) e a densidade de drenagem (D_d). Quanto maior for o índice implicara em relevo mais colinoso e dissecado, ou seja, maiores declividade e canais entalhados, mostrando assim relação entre a declividade com os comprimentos dos canais (Christofolletti,1980)

$$I_r = H_m \times D_d$$

Onde,

I_r → Índice de Rugosidade

H_m → Amplitude Altimétrica Máxima da Bacia

D_d → Densidade de Drenagem

4.2.9 Amplitude altimétrica

Schumm (1956); Strahler (1952), dizem que este método representa a diferença altimétrica entre a foz e a maior altitude situada num determinado ponto da área da bacia, indicando assim, o desnível médio da bacia hidrográfica. Este método tem sido adotado e proposto por outros autores.

$$H_m = H_{max} - H_{min}$$

H_m → Amplitude altimétrica;

H_{max} → Altitude máxima;

H_{min} → Altitude mínima.

4.2.10 Relação de Relevo (R_r)

A amplitude altimétrica da bacia está diretamente relacionada ao comprimento do canal principal, conforme Schumm (1956) menciona, quanto maior o valor de R_r , maior será a diferença de altura entre a cabeceira e o exutório, resultando em uma declividade média maior. Para o cálculo da relação de relevo foi utilizada a equação:

$$R_r = \frac{H_m}{L_c}$$

Onde,

R_r = Relação de relevo em m/km;

H_m = amplitude altimétrica em m;

L_c = comprimento do canal principal em km.

A partir dos parâmetros morfométricos coeficiente de forma, índice circularidade e coeficiente de compacidade, podem ser interpretados através de valores dispostos na tabela 08.

Tabela 8. Interpretação morfométrica da bacia

Kf	Ic	Kc	Formato	Interpretação ambiental
1,00 a 0,75	1,00 a 0,80	1,00 a 1,25	Redonda	Alta tendência a enchentes
0,75 a 0,50	0,80 a 0,60	1,25 a 1,50	Ovalada	Tendência mediana a enchentes
0,50 a 0,30	0,60 a 0,40	1,50 a 1,70	Oblonga	Baixa tendência a enchentes
<0,30	<0,40	<1,70	Comprida	Tendência à conservação

Adaptado da Fonte: (Villela; Matos, 1975).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na caracterização morfométrica da bacia do Ribeirão do Pombo, revelou que a bacia possui uma área de drenagem de 2074,9 km² e seu perímetro de 242,37 km. Os cálculos de área e perímetro da bacia foram calculados através do comando *calculate geometry* do SIG ArcGis 10.2. Na tabela 09, está sistematização e os parâmetros trabalhados.

Tabela 9. Características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo

	Características morfométricas	Unidades	Bacia Ribeirão do Pombo
Geométricas	área	Km ²	2074,9
	Perímetro	Km	242,37
	Coefficiente de compacidade (Kc)	-	1,48
	Fator de forma(Ff)	-	0,56
	Índice de circularidade(Ic)	-	0,44
Características de Relevo	Altitude máxima	m	529
	Altitude mínima	m	278
	Amplitude Altimétrica (Hm)	m	249
	Relação de Relevo(Rr)	m/Km	276,6
Rede de Drenagem	Índice de rugosidade		722,1
	Densidade de Drenagem (Dd)		2,90
	Coefficiente de manutenção (Cm)	m ²	344,8
	Ordem da Bacia	-	5°

Fonte: Barbosa (2023)

Considerando as informações de Mattos, Vilela (1975), as análises morfométricas da bacia executadas, verificou - se que a Bacia hidrográfica do Ribeirão do Pombo possui coeficiente de compacidade (Kc) de 1,48, cujo valor lhe atribui a forma ovalada, atribuindo condições ambientais de tendência mediana a enchentes. Sendo esta configuração concordante com as condições de fator de forma (Ff) cujo valor é de 0,56, portanto, atribui à bacia hidrográfica do Ribeirão do Pombo um formato ovalar com tendência mediana a enchentes segundo (Vilela; Matos, 1975).

Somente os valores ligados ao índice de circularidade (Ic), o qual foi de 0,44, resultando em um indicativo de bacia hidrográfica em formato alongado, o que lhe atribuindo tendência baixa a inundações. Contudo, nas variáveis pesquisadas em relação à forma da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pombo houve indicativo de tendência a enchentes nas condições ambientais da área, seja mediana ou baixa.

Sobre esses indicadores ressalta-se que Tucci (1997) explica que quanto mais próximo de um círculo uma bacia se assemelhar, maior será a sua capacidade de proporcionar grandes cheias, o que ocorre por haver conversão do escoamento superficial, ao mesmo tempo, para um pequeno trecho do rio principal, havendo acúmulo do fluxo.

No caso da bacia hidrográfica do rio do Pombo, as variáveis revelaram um formato entre Alongada e Ovalada, atribuindo tendências a enchentes de baixa a mediana.

O índice de rugosidade verificado para a bacia hidrográfica do rio do Pombo corresponde a 722,1, valor que pode ser considerado muito alto (Christofolletti, (1980). Este índice caracteriza a relação entre a declividade e os comprimentos dos canais, desta forma, valores elevados sugerem relevo mais colinoso e dissecado (exibindo maiores declividades) e canais mais entalhados. A probabilidade de degradação da bacia aumenta com a inclinação e extensão das vertentes, ou seja, quanto maior o índice menor é a capacidade de infiltrar água, valores baixos indicam que a região é mais favorável a infiltração contribuindo com o lençol freático. (Melton, 1957). O índice de relação de relevo 276,6, mostram que a Bacia do Ribeirão do Pombo apresenta-se em ambiente de alto declive e colinoso.

As características de drenagem revelaram que o fluxo de direção da bacia é de NO-SE, sendo que a densidade da drenagem apresentou um valor de 2,90 km/km², considerado alto, segunda a classificação de (Beltrame,1994).

Nas análises de ALMEIDA et al. (2013), sugere que baixas densidades possuem alta taxa de infiltração, enquanto valores altos apontam para um alto escoamento superficial. Nessa dicotomia entre infiltração e escoamento superficial, é relevante considerar as distintas características das rochas, sendo que aquelas com granulometria mais fina estão associadas a uma melhor esculturação de canais, enquanto as mais grosseiras estão relacionadas à influência da infiltração (Christofolletti, 1980). Conforme, Vilella; Mattos (1975), bacias pobres em drenagem possuem uma Dd em torno de 0,5 km/km², enquanto o bem drenado apresentam valores de 3,5 km/km² ou mais.

Assim, a bacia do rio do Pombo apresenta uma drenagem mediana, além disso, é fundamental ressaltar que áreas densamente drenadas tendem a ter processos erosivos mais intensos e, conseqüentemente, merecem mais atenção com relação às suas práticas de manejo e conservação de mata ciliar (MACHADO et al., 2011). Essa condição permite relacionar a situação ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo com os dados de forma, discutidos anteriormente, que atribuíram a essa área baixa a mediana tendência a enchentes.

Contudo, a hierarquia dos canais revelou que a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo possui características de bacia de 5ª ordem, ou seja, mostrando um significativo grau de

ramificação fluvial que permite aferir boa possibilidade de fluxo de captação de água na área da bacia, nos 350 km de canais identificados. Porém, é preciso salientar que a margem direita da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pombo possui menor complexidade de ramificações na hierarquia fluvial, comparada a configuração apresentada na margem esquerda. A margem direita apresenta predominantemente canais de 1ª e 2ª ordem, se limitando em apenas três canais de 3ª ordem. Já na margem esquerda, a complexidade da hierarquia fluvial apresenta significativa quantidade de canais de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordem, e ainda canais de 5ª ordem (Figura 05).

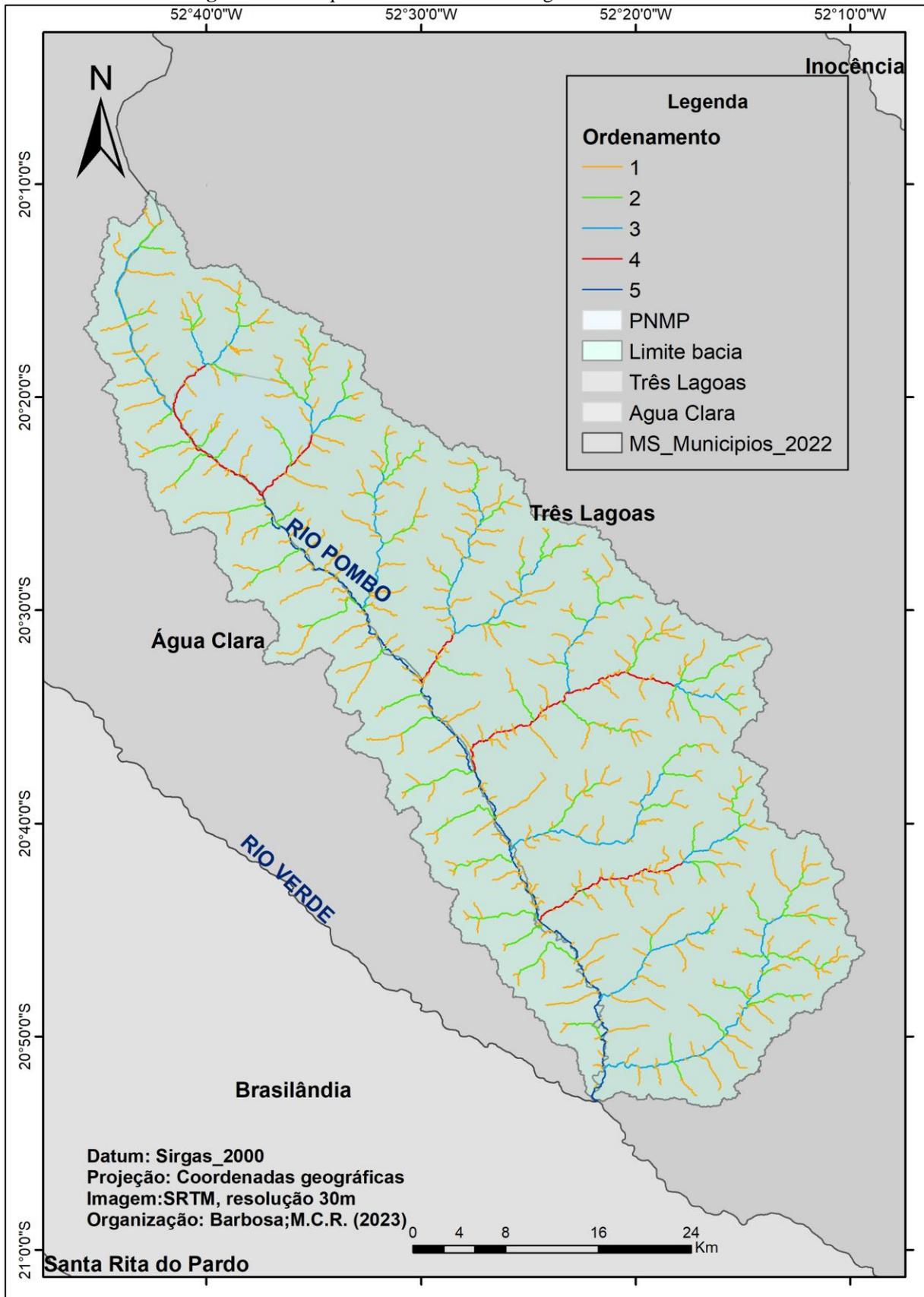
A metodologia utilizada no presente trabalho, é descrita por Strahler (1952) para determinar a sequência dos cursos d'água da bacia, na qual os canais sem tributários são classificados como de primeira ordem, já os canais de segunda ordem se originam no entroncamento dos canais de primeira ordem, os de terceira ordem se originam a partir da confluência de dois canais de segunda ordem, os canais de quarta ordem surgem da junção de dois canais de terceira, e assim consecutivamente. Dessa forma, a ordem da bacia influencia diretamente na ramificação do sistema de drenagem. (Santos et al., 2012).

Christofoletti (1980) nos diz que:

A hierarquia fluvial é a classificação de determinado curso de água ou da área drenada por este curso no conjunto total da bacia hidrográfica a que pertence. Assim é possível compreender melhor a dinâmica dentro da bacia, tornando mais objetivo os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica) sobre bacias hidrográficas.

De acordo com Stevaux, Latrubesse (2017), a drenagem por escoamento superficial se dá, principalmente, pela rede de canais, que, por sua vez, é gerada pelo trabalho exercido pelo próprio fluxo da água drenada. Ainda sobre os autores dizem que dessa forma, é de supor que haja uma estreita relação entre as características da rede de drenagem e as condições ambientais da Bacia.

Figura 5. Hierarquia Fluvial da bacia hidrográfica do rio do Pombo



Fonte: (Barbosa, 2023)

Coefficiente de manutenção (C_m), é outro não menos relevante fator da qualidade da rede de drenagem de uma bacia, sendo calculado pela relação inversa da densidade de drenagem, que de acordo com Schumm (1956), fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. Assim permiti representar a área necessária para a manutenção de um metro de curso fluvial perene.

Em relação ao equilíbrio hidrodinâmico da sub-bacia do Ribeirão do Pombo, os resultados obtidos indicam necessários $344,8 \text{ m}^2$ de área para manter perene cada metro de canal. A eficiência no processo de escoamento, como o volume das precipitações médias, além de outros fatores que atuam como um conjunto, o clima, o relevo, o tipo de solo e de rocha, além da cobertura vegetal e a ocupação do solo, podem controlar o processo de escoamento na bacia, sendo assim, por meio da litologia e da estrutura geológica, é viável monitorar a capacidade de infiltração e o comportamento dos canais superficiais, determinando, o comportamento deste parâmetro. (Christofolletti, 1980).

Villela e Mattos (1975), salientam que um dos principais fatores responsáveis pela velocidade de escoamento superficial é a declividade do terreno e o que pode causar a erosão do solo, portanto a topografia do terreno tem impacto na propensão e magnitude de inundações e na vulnerabilidade à erosão.

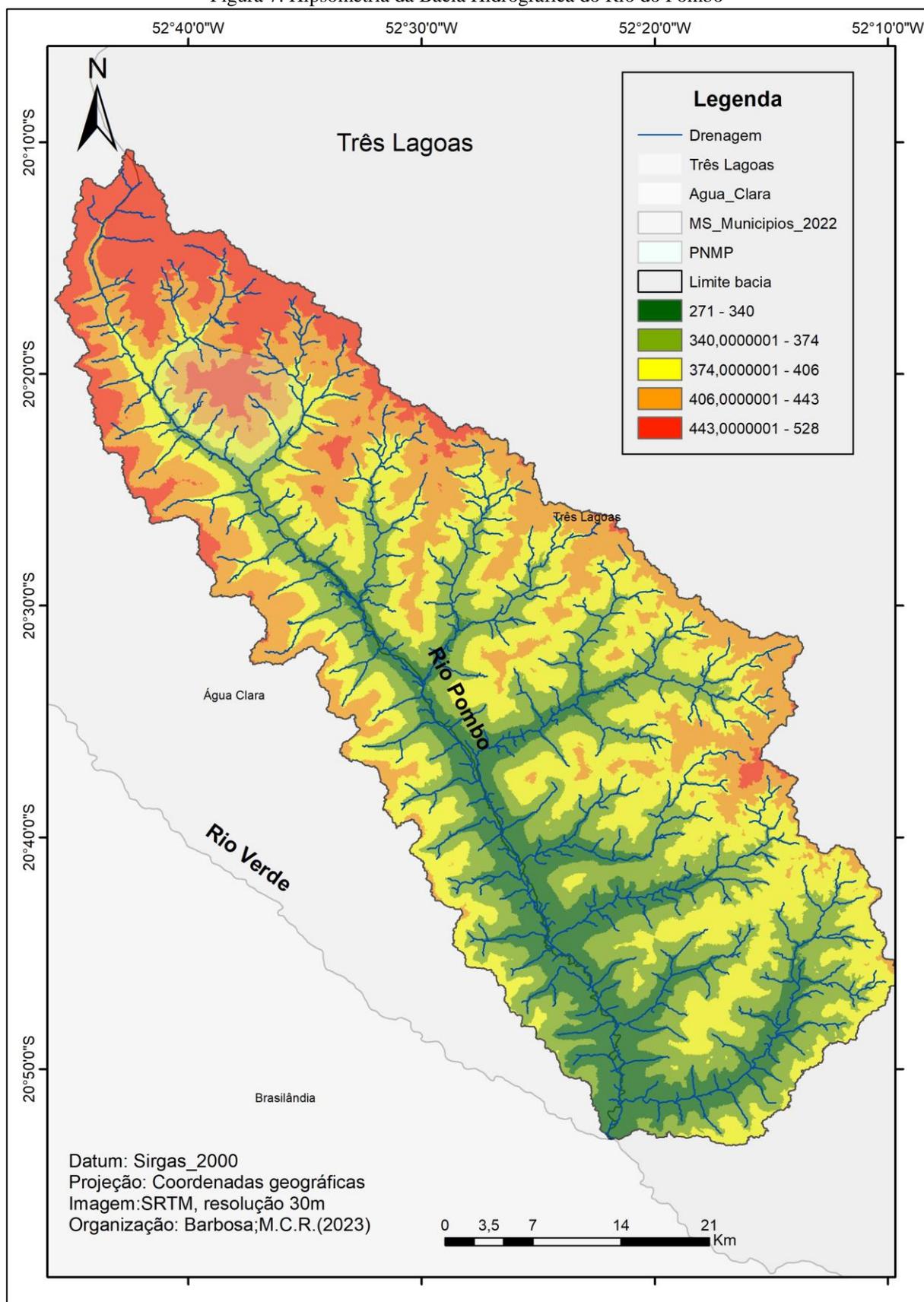
Os dados relacionados ao relevo da bacia (figura 07) mostraram que a declividade mais acentuada, entre 446 e 529 metros de altitude, foram identificadas na região de alto curso da bacia hidrográfica do rio do Pombo, em ambas as margens, porém com predomínio na margem esquerda. Sendo essa configuração também é perceptível no médio curso, na margem esquerda, nesta região fica localizado a cachoeira do pombo, com 380 m de elevação, localizado na área do parque municipal (figura 06).

Figura 6. Cachoeira do Pombo



Fonte: (Silvestrini, 2022)

Figura 7. Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo



Fonte: (Barbosa, 2023)

O restante da Bacia apresentou variação hipsométrica entre 274 e 400 metros, sendo, que a margem direita essa configuração é proeminente. A declividade representa a relação entre a diferença de altitude entre dois pontos no terreno e a distância que os separam (Santos, 2001).

É importante ressaltar que a oscilação da elevação e a média de elevação de uma bacia hidrográfica possuem uma forte correlação com a temperatura e a precipitação (Gerber et al. 2018). Tais diferenças altimétricas em uma bacia podem acarretar diferenças relevantes na temperatura média, provocando assim variações na evapotranspiração e precipitação anual (SANTOS et al., 2012).

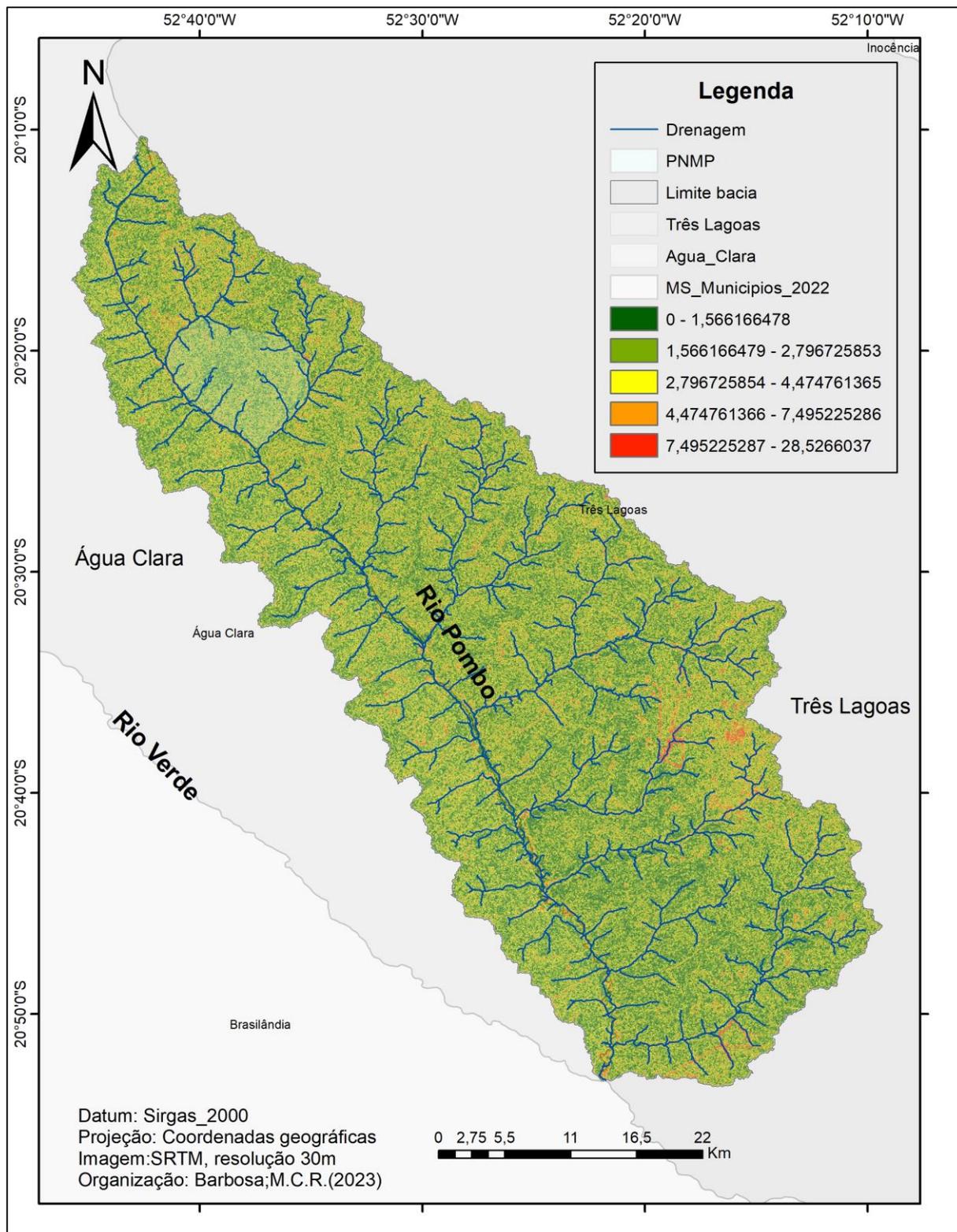
De acordo com Teodoro (2007), a variação da altitude está agregada com a precipitação, a evaporação e transpiração sobre os deflúvios médios, onde a variação de temperaturas em grandes altitudes, influenciam diretamente na dinâmica da água na bacia e em seu leito, ocasionando as possíveis variações na precipitação anual devido à elevação.

Ressalta-se ainda que mesmo a declividade da área apresentar uma característica predominantemente Suave Ondulada a Plana (Figura 08) de acordo com classificação da Embrapa (1979), um ponto específico da Bacia Hidrográfica do rio do Pombo, na margem esquerda, revelou áreas mais aparente com relevo mais acentuado, classificado como Ondulado, essa área se refere a um testemunho geológico-geomorfológico denominado localmente de “Serrinha”.

A variação de altitude média é um fator muito importante, pois a temperatura e precipitação estão relacionadas com a altitude. Variações de temperatura influenciam as perdas de águas que ocorrem na forma de evaporação e transpiração, já variações na precipitação atuarão diretamente no escoamento superficial e infiltração (Villela e Mattos, 1975).

A bacia do rio do Pombo apresentou uma razão de relevo de 276,6 (Tabela 09). O baixo índice de razão de relevo é resultado da baixa amplitude altimétrica (249 m) e conseqüentemente uma baixa declividade média, caracterizando o relevo como suave ondulado. Segundo Strahler, 1952 apud Marchetti, 1980, a razão de relevo indica a declividade geral ou o declive total da superfície da bacia hidrográfica.

Figura 8. Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo



Fonte: (Barbosa, 2023)

Além disso, no seu alto curso da bacia hidrográfica, com características mais complexas de drenagem e relevo, está inserida a unidade de conservação integral, denominada parque natural municipal do Pombo, com relevante interesse ecológico para conservação da biodiversidade nativa, sendo uma área de recuperação e proteção total, com importância regional em termos de bioma, devido à extensão que totalizam 8,3 mil hectares de vegetação nativa contínua, o que acentua ainda mais a necessidade de aprofundar o conhecimento da dinâmica hídrica e geomorfológica da bacia hidrográfica do rio do Pombo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme as análises realizadas até o momento consideram-se que a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio do Pombo, revela uma bacia de forma alongada e ovalada, atribuindo de baixa a medianas tendências a enchentes. Essa configuração da bacia é adequada as condições de Fator de Forma (Ff), que, portanto, também atribui à bacia hidrográfica do Ribeirão do Pombo um formato ovalar com tendência mediana a enchentes. A Bacia mostrou um significativo grau de ramificação fluvial que permite aferir boa possibilidade de fluxo de captação de água na área da bacia, nos 350 km de canais identificados, foi classificada como de 5ª ordem.

Um ponto específico da bacia hidrográfica do rio do Pombo, na margem esquerda, revelou áreas mais aparente com relevo mais acentuado, classificado como Ondulado, essa área se refere a um testemunho geológico-geomorfológico denominado localmente de “Serrinha”. Além disso, no seu alto curso, com características mais complexas de drenagem e relevo, está inserida a Unidade de Conservação integral, denominada Parque Natural Municipal do Pombo, com relevante interesse ecológico para a conservação da biodiversidade nativa, contudo fazendo que a declividade da área apresentasse uma característica predominantemente suave ondulada a plana, necessitando o aprofundamento no conhecimento da dinâmica hídrica e geomorfológica da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pombo.

A bacia hidrográfica do rio do Pombo é caracterizada por baixas altitudes e, conseqüentemente, uma pequena variação de altitude, resultando em níveis de declividade pouco significativos. Os baixos valores de declividade da bacia se apresenta fator de forma e índice de circularidade baixo, demonstrando que tem uma forma alongada, sendo então pouco susceptível a enchentes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA Nacional e Águas; FUNDAÇÃO Roberto Marinho. Caminho das águas – Caderno do professor 1. Projeto Caminho das Águas: Rio de Janeiro, 2006.
- ALMEIDA, W. S. de; SOUZA, N. M. de; JUNIOR, D. S. R.; CARVALHO, J. C. de. Análise Morfométrica em Bacias Hidrográficas Fluviais como Indicadores de Processos Erosivos e Aporte de Sedimentos no Entorno do Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Corumbá IV. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v. 14. n. 2, 2013.
- ALVES, J.M.P.; CASTRO, P.T.A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.
- ANDREOZZI, S. L. Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas: **uma abordagem pelos caminhos da sustentabilidade sistêmica: Tese (Doutorado)** - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas: Rio Claro, 2005.
- ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA BACIA DO ARROIO BOA VISTA - GUAMIRANGA-PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 46-58, 2007. DOI: 10.14393/RCG82115570. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15570>. Acesso em: 16 out. 2023
- BELTRAME, A. V. Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.
- BERNARDI, E. C. S. et al. Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.
- BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. *Acta 52 Scientiarum. Human and Social Sciences*, Maringá, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, v.30, n.2, p.241-248, 2006
- CECÍLIO, R.A, REIS, E. F.dos. Apostila Didática: manejo de bacias hidrográficas. Departamento de Engenharia Rural- UFES. Alegre-ES, 2006
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*, n. 18, p. 35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. A mecânica do transporte fluvial. *Geomorfologia*, n. 51, p. 1-42, 1977.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- COLLISCHONN, W. Geoprocessamento em Recursos Hídricos-HIP 23. Disponível em: < [www.galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/HIDP.../ Geo%2001%20-%20Introdução.ppt](http://www.galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/HIDP.../Geo%2001%20-%20Introdução.ppt) >. Acesso em: setembro, 2023.
- FILHO, J. L.; IOCHPE, C.. Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com ênfase em banco de dados. 1996.
- FREITAS, R.O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. *Boletim Paulista de Geografia*, v. 11, p. 53-57, 1952

- GERBER, D.; PERTILLE, C. T.; VIEIRA, F. S.; CORRÊA, B. J. S.; SOUZA, C. F. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí – Santa Catarina. *Acta Biológica Catarinense*, v. 5, n. 1, p. 72-83, 2018. Disponível em: <http://periodicos.univille.br/index.php/ABC/article/view/446/> Doi: <http://dx.doi.org/10.21726/abc.v5i1.446>.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-339.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins. Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol Soc Am Bull.* 56:275–370 (1945)
- KOBIYAMA, M. Ruralização na gestão de recursos hídricos em área urbana. *Revista OESP Construção*, São Paulo, ano 5, n. 32, p. 112-117, 2000.
- LIMA, W.P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.
- LONGLEY, P. A.; Goodchild, M. F.; Maguire, D. J.; Rhind, D. W. 2013. *Sistema de Informações Geográficas*. 3a Ed. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda.
- MACHADO, R. A. S. et al. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. Anais... Curitiba: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011
- MANOSSO, Fernando César. Parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas situadas sobre a Formação Serra Geral, estado do Paraná, Brasil. *Caderno de Geografia*, v. 30, n. 62, p. 753-753, 2020
- MARCHETTI, D. A. B. Características da Rede de Drenagem e Formas de Relevo em três Unidades de solo de Piracicaba, SP. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 15(3):349-358, jul 1980.
- MELTON, M. A. An analysis of the among elements of climate, surface properties and geomorphology. Technical Report. 11:23-41 (1957).
- MEDEIROS, Rafael Brugnolli. Procedimentos metodológicos para análise da vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas com um estudo de caso da bacia hidrográfica do córrego Moeda, Três Lagoas/MS em 2014. 2016
- MELLO N. A. de. Gestão em Bacias Hidrográficas Urbanas para Superação de Comprometimento Ambiental. In: *Boletim Paulista de Geografia*. N. 76. São Paulo. Dezembro/1999. P. 23-66.
- MIOTO, Camila Leonardo et al. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. *Anuário do Instituto de Geociências–UFRJ*, v. 37, n. 2, p. 16-22, 2014.
- NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G. Bacias Hidrográficas, Planejamento e Gerenciamento. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros-Seção Três Lagoas*. nº 7, ano 5. ISSN 1808-2653, maio de 2008.
- NICOLETE, D. A. P.; CARVALHO, T. M.; POLONIO, V. D.; LEDA, V. C.; ZIMBACK, C. R.L. **Delimitação automática de uma bacia hidrográfica utilizando MDE TOPODATA: aplicações para estudos ambientais na região da Cuesta de Botucatu – SP.** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Brasil, INPE, 2015.

NUNES, F. G.; RIBEIRO, N. C.; FIORI, A. P. Propriedades morfométricas e aspectos físicos da bacia hidrográfica do Rio Atuba: Curitiba-Paraná. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6., 2006, Goiânia. Artigos... Goiânia: UFG, 2006.

NUNES, F. G.; RIBEIRO, N. C.; FIORI, A. P. Propriedades morfométricas e aspectos físicos da bacia hidrográfica do Rio Atuba: Curitiba-Paraná. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6., 2006, Goiânia. Artigos... Goiânia: UFG, 2006.

OLIVEIRA, S. N.; JÚNIOR, O. A. C.; SILVA, T. M.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F.; SILVA, N. C. Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando modelo digital de elevação hidrológicamente corrigido. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 8, n. 1, p. 3-

PIRES, J. S. R. et al. A utilização do conceito bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A., CAMARGO, A. F. M. (Ed.). *Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações*. Ilhéus, BA: Editus, 2002. p. 17-35.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 43–60, 2008. DOI 10.1590/S0103-40142008000200004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 10 nov. 2023.

RODRIGUES, Flavia Mazzer; PISSARA, Teresa Cristina Tarlé; CAMPOS, Sérgio. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego da fazenda glória, Município de Taquaritinga, SP. **Irriga**, v. 13, n. 3, p. 310-322, 2008.

SANTOS, A. R. Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa-MG. f.125 Doutorado (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo em bacias hidrográficas do município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 110-126, 2011. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.490>

SANTOS, Agenor Micaeli dos et al. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 195-211, 2012.

SCHUMM, S. A. Meanderwavelength of aluvial rivers. *Science*, v. 157, 1956.

SILVA NETO, A. F. et al. Aplicação de geotecnologias para caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Gramame-PB. *Revista Princípios Divulgação Tecnológica do IFPB*, João Pessoa-PB, n. 20, p. 31-37, 2012.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

SOARES, L. S. et al. C. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 31, n. 1, p. 82-100, 2016.

SOARES, M. R. G. de J.; SOUZA, J. L. M. de. ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO EM SÃO JOSÉ DOS PINHAIS (PR). **GEOGRAFIA (Londrina)**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 019–036, 2013. DOI: 10.5433/2447-1747.2012v21n1p019. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/8982>. Acesso

em: 21 out. 2023.

SODRÉ, R. V. R.; JÚNIOR, O. A. C.; MACHADO, W. P.; OLIVEIRA, S. N.; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO, A. P. F.; MARTINS, E. S. Classificação de bacias de drenagem do Alto Jequitai (Minas Gerais) a partir da análise de principais componentes e análise de grupos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*

STEVAUX, J.C.; LATRUBESSE, E.M. *Geomorfologia Fluvial*. 1 ed. São Paulo, 2017.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions of the American Geophysical Union*, v.38, p.913-920, 1957.

TEIXEIRA, A. et. al. Qual a melhor definição de SIG. *Revista FATOR GIS*, n.11, 1995.

TEODORO, Valter Luiz Iost et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

TONELLO, Kelly Cristina et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões-MG. **Revista Árvore**, v. 30, p. 849-857, 2006.

TUCCI, C.E.M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2. Ed. São Paulo: EDUSP, 1997

VILELLA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia Aplicada*. 1. ed. São Paulo: McGraw - Hill. 1975. 245p.

VISSMAN, J. W.; HARBAUGT, T. E. e KNAPP. J. W. *Introduction to Hydrology*. New York: Intext educational, 1972. 415 p.

YASSUDA, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. *Rev. Adm. Púb.*, v.27, n.2, p.5-18, 1993.