



Contemporânea

Contemporary Journal
3(12): 28203-28218, 2023
ISSN: 2447-0961

Artigo

MAPAS E PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS USANDO DADOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAIBUNA

MAPS AND MORPHOMETRIC PARAMETERS USING DATA FROM THE PARAIBUNA HYDROGRAPHIC BASIN

DOI: 10.56083/RCV3N12-174

Recebimento do original: 10/11/2023

Aceitação para publicação: 13/12/2023

Marcos Cicarini Hott

Doutor em Engenharia Florestal

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: marcos.hott@embrapa.br

Ricardo Guimarães Andrade

Doutor em Agronomia

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: ricardo.andrade@embrapa.br

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Mestre em Ciência da Computação

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: walter.magalhaes@embrapa.br

Pérsio Sandir D'Oliveira

Doutor em Agronomia

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: persio.oliveira@embrapa.br

Letícia D'Agosto Miguel Fonseca

Doutora em Ciência do Sistema Terrestre

Instituição: Imagem – Soluções de Inteligência Geográfica

Endereço: R. Itajaí, 80, Altos do Esplanada, São José dos Campos – SP, CEP: 12246-856

E-mail: leticiafonseca.geo@gmail.com

28203



Márcio Malafaia Filho

Doutor em Ciência do Sistema Terrestre

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Endereço: Av. dos Astronautas, 1758, Jardim da Granja, São José dos Campos – SP, CEP: 12227-010

E-mail: marciomalafaia@gmail.com

Wadson Sebastião Duarte da Rocha

Doutor em Agronomia

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: wadson.rocha@embrapa.br

RESUMO: Os parâmetros relacionados às bacias hidrográficas podem fornecer informações sobre como se dá a dinâmica hídrica, riscos ou apoia a tomada de decisão sobre dimensionamento de barragens, diagnóstico de cheias, implantação de infraestruturas ou lavouras. Este estudo teve por objetivo organizar a base de dados acerca da hidrografia e altimetria da bacia do rio Paraibuna. E, em seguida, a partir de técnicas de processamento desenvolvidas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), estimar parâmetros morfométricos e deprender-se as condições hidrogeomorfológicas para formação de canais, dinâmica fluvial, solos e aptidão das terras. A bacia possui topografia acidentada com coeficiente e índice de rugosidade que indicam textura e resistência ao escoamento superficial, compatível com áreas declivosas. Além disso, os resultados indicam potencial hidroenergético e aptidão para pecuária, silvicultura e cultivos anuais.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrografia, Recursos Hídricos, SIG, Topografia.

ABSTRACT: Parameters related to watersheds can provide information about hydrological dynamics, risks, or support decision-making on dam sizing, flood diagnosis, infrastructure or crop implementation. This study aimed to organize the database on the hydrology and altitude of the Paraibuna River basin. Then, using processing techniques developed in a Geographic Information System (GIS) environment, estimate morphometric parameters and deduce the hydrogeomorphological conditions for channel formation, fluvial dynamics, soils, and land suitability. The basin has an accidented topography with a coefficient and roughness index that indicate texture and resistance to surface runoff, compatible with sloping areas. In addition, the results indicate hydropower potential and suitability for livestock, forestry and crops.

KEYWORDS: Hydrography, Water Resources, GIS, Topography.



1. Introdução

Ao longo da história, as populações humanas sempre procuraram se instalar próximo aos recursos hídricos, e as características do relevo influenciaram a tomada de decisão, tendo em vista que hierarquicamente orienta o curso da água, a qual, por sua vez, remodela a paisagem e ocupações. Desta forma, a bacia hidrográfica se demarca pelos pontos mais elevados, pelos cumes, constituindo a cumeada que subdivide a carga hídrica advinda das chuvas, que por sua vez se reverte nas condições de sustentabilidade do uso do solo, assim como dos recursos naturais associados (TUCCI, 1997; PORTO e PORTO, 2008). Assim, a configuração morfológica da topografia orientará ou subsidiará o tipo de uso do solo, em consonância com fatores diversos como material de origem dos solos, precipitação e socioeconomia, sendo os parâmetros morfométricos importantes informações como forma de planejamento e política das ações de conservação e produção.

A bacia hidrográfica é de certa forma uma unidade básica de manejo, composta por divisores de água, nascentes, rios, córregos e exutório ou sumidouros, em alguns casos. Todavia, sempre com a noção básica da ocorrência dos componentes de divisão, cursos d'água, nascentes e pontos de foz (MMA, 2009). Devido ao crescimento contínuo da interferência humana, a bacia hidrográfica tem recebido impactos físicos negativos com modificação de cursos d'água, perda de solo, assoreamento e alterações no regime hídrico (VANACKER et al., 2005).

Hott e Furtado (2005) analisaram parâmetros geomorfométricos de microbacias no município de Campinas (SP), possibilitando, assim, a



separação entre elas, a formação de clusters e descrição a respeito da adaptabilidade de atividades agropecuárias às diferentes microbacias analisadas. Aspectos orográficos, declividade, drenagem, movimentação topográfica e hidrografia permitem a derivação de índices morfométricos que indicam a capacidade de suporte de culturas agrícolas do ponto de vista hidrogeomorfológico.

Em razão da complexidade topográfica, extensão, importância e localização da bacia do rio Paraibuna, vislumbrou-se oportuna a estimativa de parâmetros morfométricos com o intuito de sintetizar as condições hidrogeomorfológicas através das informações sobre drenagem e relevo. Assim, objetivou-se organizar a base de dados acerca da hidrografia, modelo digital de elevação e drenagem, para, a partir do SIG e aplicação desenvolvida para processamento automático, estima os parâmetros de: comprimento da rede de drenagem, área e perímetro da bacia, número de segmentos de rios, densidade de drenagem, frequência de rios, razão de textura, extensão de percurso superficial, coeficiente de manutenção, menor e maior altitude, amplitude altimétrica, razão de relevo, razão de relevo relativo, índice de rugosidade, declividade média e coeficiente de rugosidade.

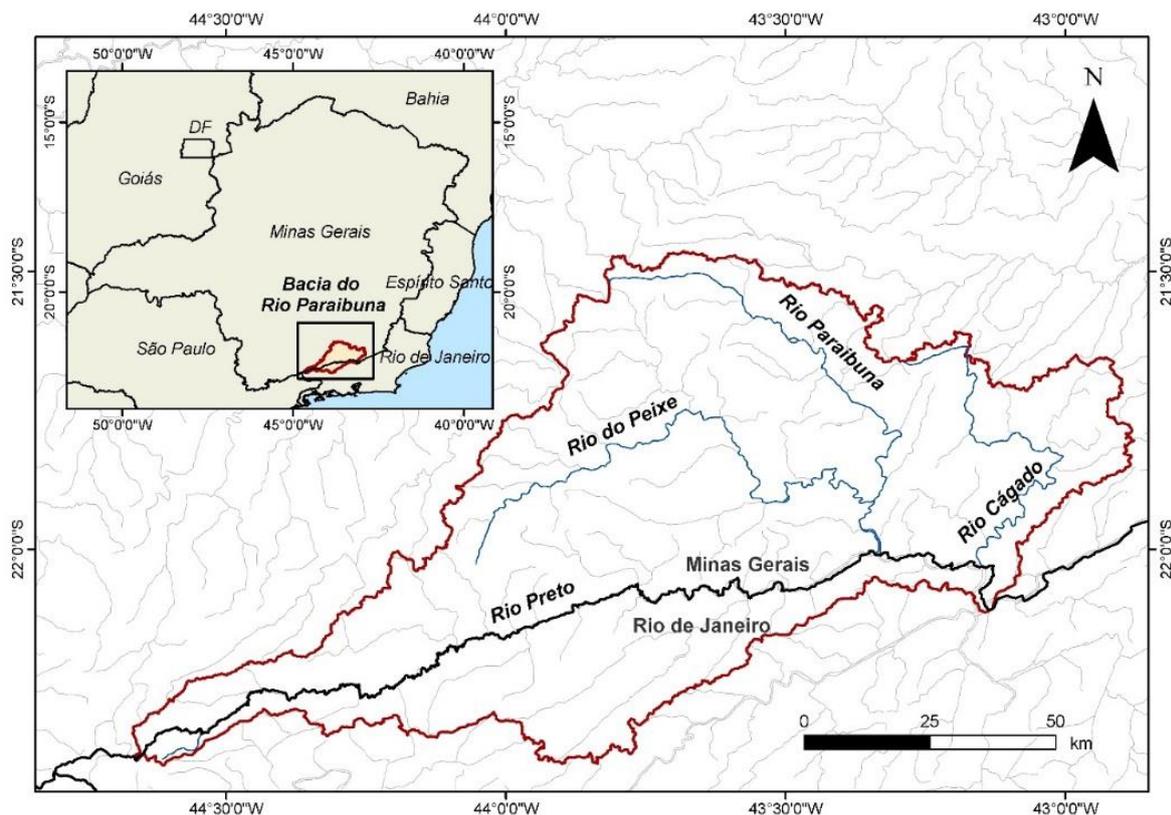
De importância ecológica, econômica e social a bacia do rio Paraibuna (Figura 1) se distribui por municípios dos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, inserindo-se no contexto do uso das terras em ambos Estados (Figura 2), tanto das cadeias produtivas agropecuárias como também na produção de água e agente importante da paisagem na preservação ambiental em áreas de morros e montanhas na bacia do rio Paraíba do Sul.

A bacia do rio Paraibuna possui cerca de 8.594 km², aproximadamente, 57% correspondem à área agrícola, principalmente dedicada à produção leiteira, e 32% à área de florestas, sendo que 10% equivalem ao solo exposto, com degradação e afloramento rochoso (FONSECA, 2011). Como importante bacia hidrográfica na produção agropecuária, demanda-se a



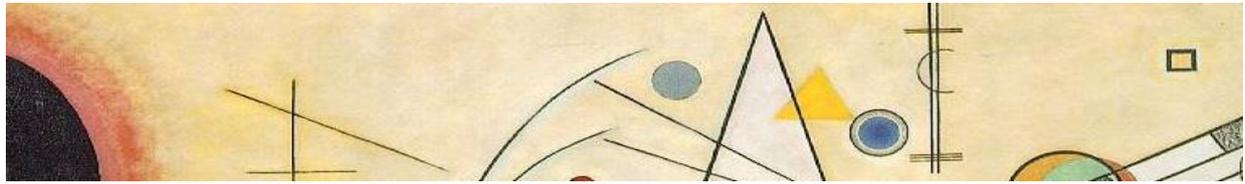
estimativa de parâmetros de drenagem e relevo para a execução de uma análise sinótica para compreensão do status do uso das terras frente às possibilidades de conversão na utilização do espaço diante da conformação topográfica e hídrica.

Figura 1 - Bacia do rio Paraibuna



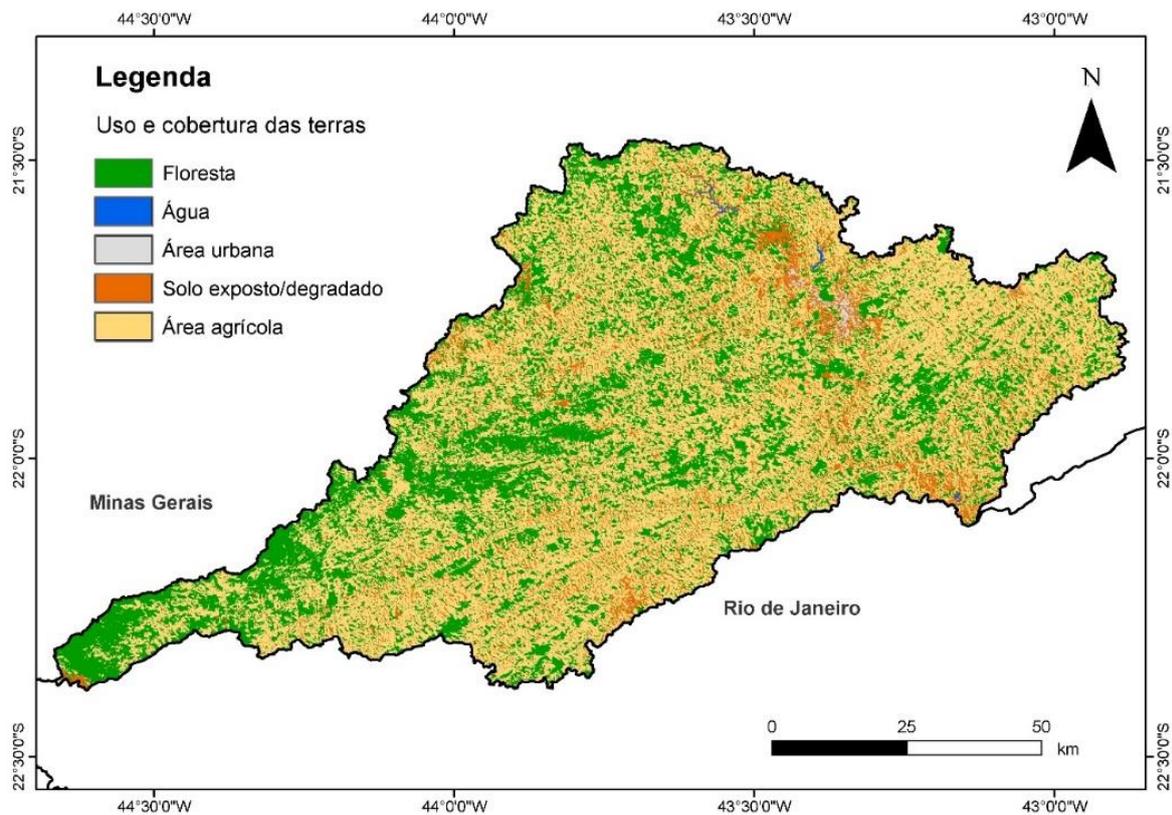
Elaboração: os autores.

Métodos automáticos com o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem a geração de estimativas padronizadas e de forma ágil. Independentemente da plataforma geográfica utilizada a automatização de estimativas possibilitam formas de comparação entre bacias, sub ou microbacias. A bacia em questão apresenta aspectos heterogêneos em razão de sua forma complexa e variabilidade na densidade de drenagem e topografia, observáveis em cartografia digital por meio dos



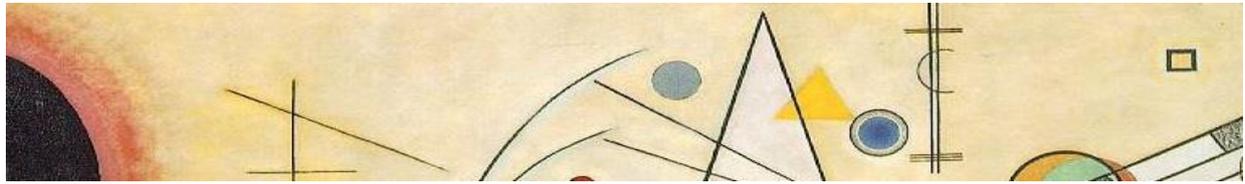
planos de informação. Entretanto, optou-se na utilização da base de dados para a bacia delimitada em níveis políticos para fins de padronização em relação a outras fontes a respeito da bacia do rio Paraibuna. Apesar da escala cartográfica influenciar nos valores dos parâmetros morfométricos adota-se, neste ensaio, a escala tradicional compatível com imagens do satélite Landsat, 1:150.000, para a expressão dos resultados.

Figura 2 - Uso das terras



Fonte: Fonseca, 2011.

Os dados resultantes das estimativas evidenciam a conformação, encaixe e dinâmica hidrogeomorfológica, aspectos da movimentação do relevo, permeabilidade do solo, aptidão ao uso das terras e susceptibilidade à erosão. Toma-se como ponto central a análise das condições de cultivo com base nos fatores estudados, cujos parâmetros poderiam retratar um



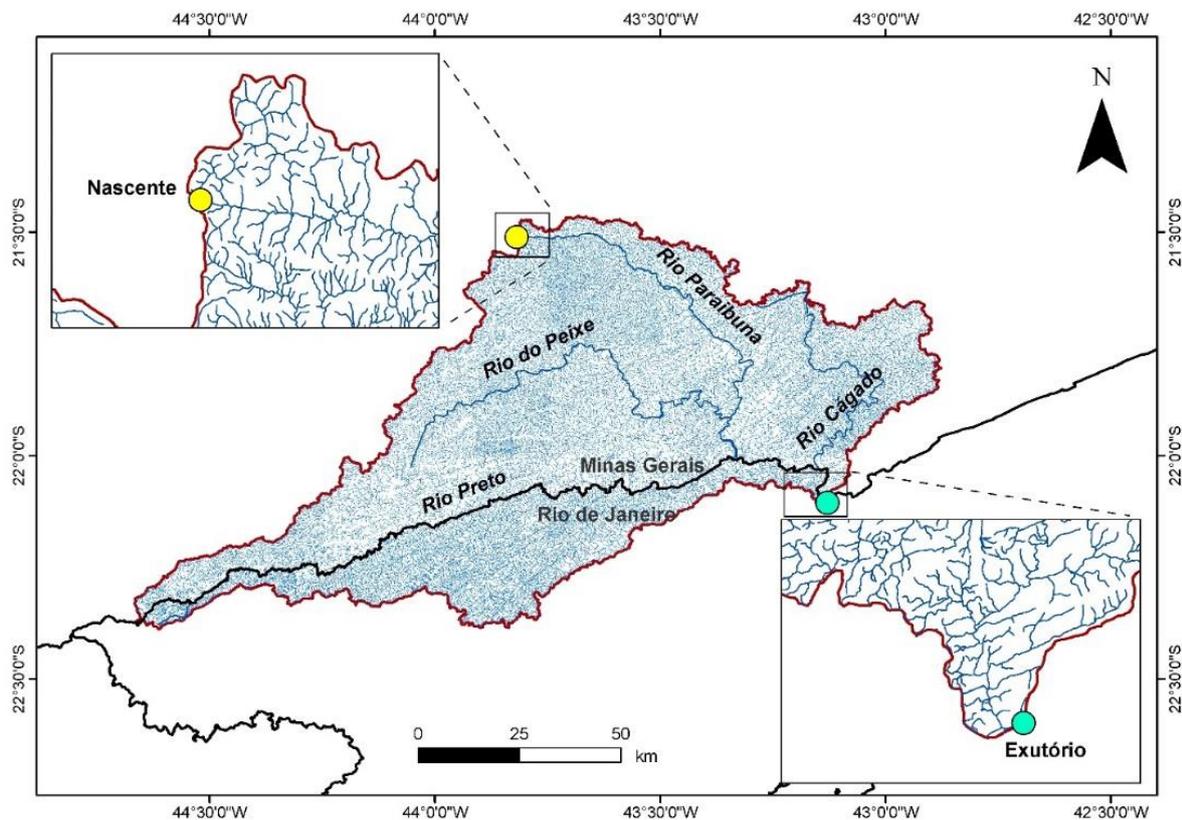
cenário de aptidão ou adaptabilidade de determinadas atividades agropecuárias em função da estrutura do relevo, energia e potencial de deflúvio, a partir da análise do relatório tabular gerado pelo algoritmo desenvolvido em AML (ArcInfo Macro Language) do ArcGIS. O algoritmo converte formatos de dados, vetores/matrizes, processa e refina rasters, extraíndo atributos de interesse para as estimativas. Este algoritmo pode ser facilmente convertido em outras plataformas tais como IDL (Interactive Data Language) do Envi, EML (Erdas Macro Language), Python e Model Builder do ArcGIS.

2. Materiais e Métodos

Foram utilizados dados hidrográficos (Figura 3) e de superfície altimétrica (Figura 4) da bacia do rio Paraibuna, em projeção Albers e Datum SIRGAS2000, para a geração dos parâmetros morfométricos, divididos em classe de drenagem e de relevo, conforme metodologia e aplicação desenvolvida no SIG (HOTT e FURTADO, 2005).



Figura 3 - Dados de hidrografia

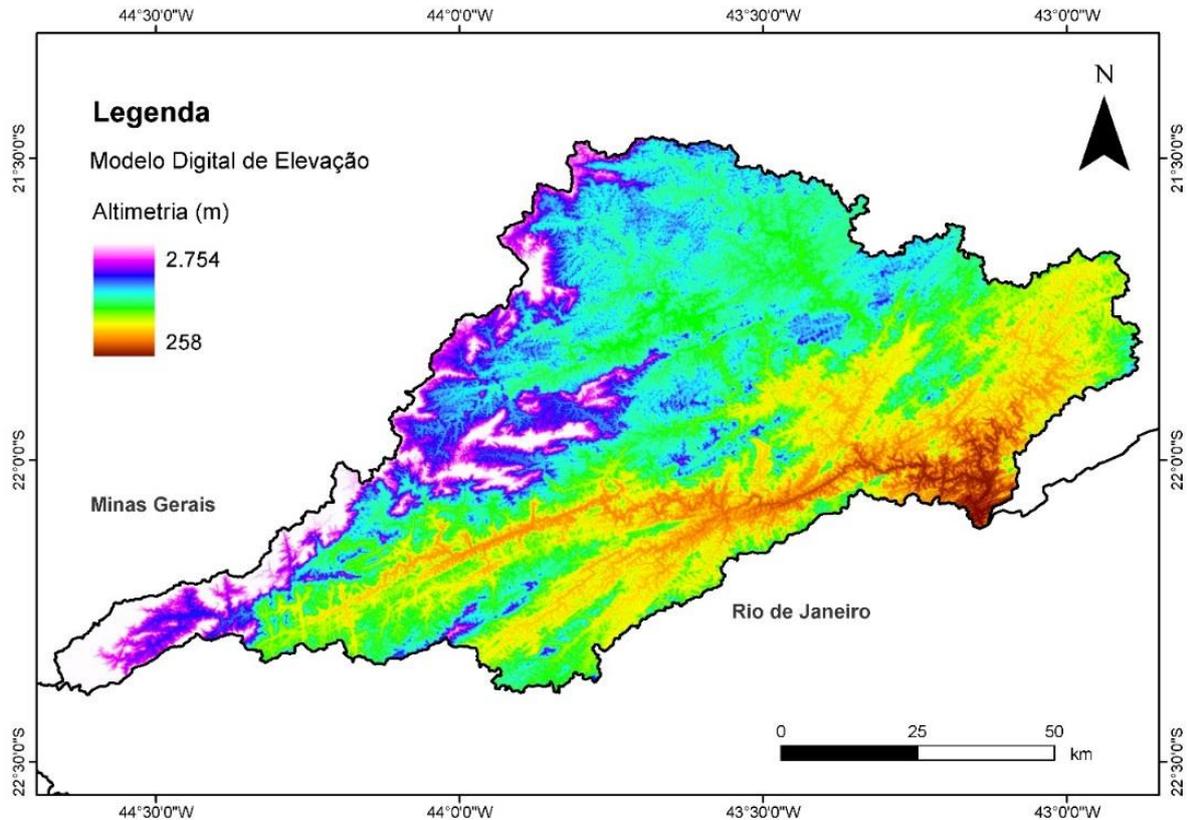


Elaboração: os autores.

A análise realizada é compatível com a escala 1:150.000, entretanto, foi utilizada hidrografia mapeada 1:50.000 (GeoInfo, 2023) e modelo digital de elevação (MDE) SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com pixel de 90 m, refinado para 30 m com o uso de krigagem, também equivalente à escala 1:150.000, e consistido a partir do SRTM 30 m, o qual não foi utilizado nas estimativas devido a demanda de correção quanto à microrelevos e sumidouros espúrios.



Figura 4 - Modelo Digital de Elevação



Elaboração: os autores.

Em estudos de parâmetros morfométricos de bacias, a escala com a qual se realiza o processamento é fator importante na interpretação dos resultados, pois redefine a densidade de drenagem, assim como apresentação de movimentação do relevo e diferença altimétrica. Assim, optou-se pela utilização da drenagem numérica equivalente ao MDE, a qual se encaixa ao relevo e parâmetros planialtimétricos, mas com uma maior precisão na hidrografia mapeada para obtenção de uma melhor estimativa de parâmetros relacionados à hidrografia. Os parâmetros foram estimados a partir da seleção dos seguintes planos de informação, em formato shapefile: delimitação da bacia, hidrografia mapeada, MDE, drenagem numérica, nascente e foz do rio Paraibuna. Foram estimados os parâmetros conforme a Tabela 1.

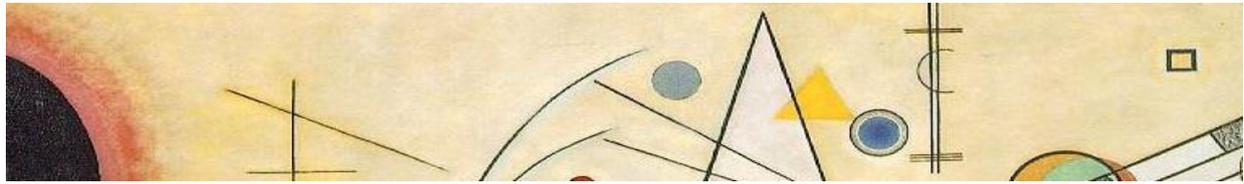


Tabela 1 - Relação de parâmetros morfométricos a serem estimados

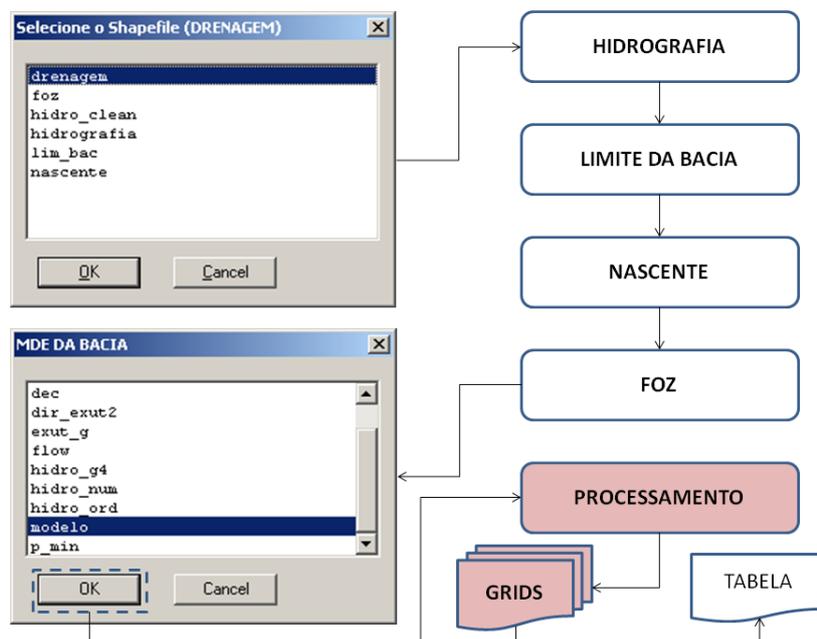
	Parâmetros	Descrição e Unidade	Fórmula
Drenagem	Comprimento da rede de drenagem (Cr)	Soma do comprimento dos segmentos de rios (km)	-
	Comprimento do rio principal (C)	Medida de comprimento do rio principal (km)	-
	Área da bacia (A)	Área total da bacia (km ²)	-
	Perímetro da bacia (P)	Perímetro total da bacia (km)	-
	Nº de segmentos de rios (Nt)	Número total de segmentos de rios (nº)	-
	Densidade de drenagem (Dd)	Relação entre Cr e A (km/km ²)	$Dd = Cr / A$
	Frequência de rios (F)	Relação entre Nt e A (nº/km ²)	$F = Nt / A$
	Razão de textura (T)	Relação entre Nt e P (nº/km)	$F = Nt / P$
	Extensão de percurso superficial (Eps)	Modelo de drenagem (km)	$Eps = 1 / (2 * Dd)$
	Coefficiente de Manutenção (Cm)	Modelo de drenagem (m ²)	$Cm = (1 / Dd) * 1.000$
Relevo	Menor Altitude (A _{mín})	Cota da foz (m)	-
	Maior Altitude (A _{máx})	Cota da maior altitude (m)	-
	Amplitude Altimétrica (H)	Diferença entre maior e menor cota (m)	$H = A_{máx} - A_{mín}$
	Razão de Relevo (Rr)	Relação entre H e C (m/m)	$Rr = H / C$
	Razão de Relevo Relativo (Rrl)	Relação entre H e P (m/m)	$Rrl = H / P$
	Índice de Rugosidade (Ir)	Produto entre H e Dd	$Ir = H * Dd$
	Declividade média (D)	Declividade média a partir da maior taxa de declive em máscara de 3x3 pixels (%)	$D = (\sum_{p=1}^n D_p) / n$
	Coefficiente de Rugosidade (CR)	Produto entre Dd e D	$CR = Dd * D$

Elaboração: os autores.

Os planos de informação mencionados foram processados com a aplicação denominada Morfometria, desenvolvida a partir da plataforma ArcINFO, a qual automatiza as etapas de conversão, processamento e expressão dos resultados de saída (Figura 5). O processamento dos planos de informação, geração de grids intermediários e extração de dados destes seguiram, em linhas gerais, o fluxograma apresentado na Figura 6.

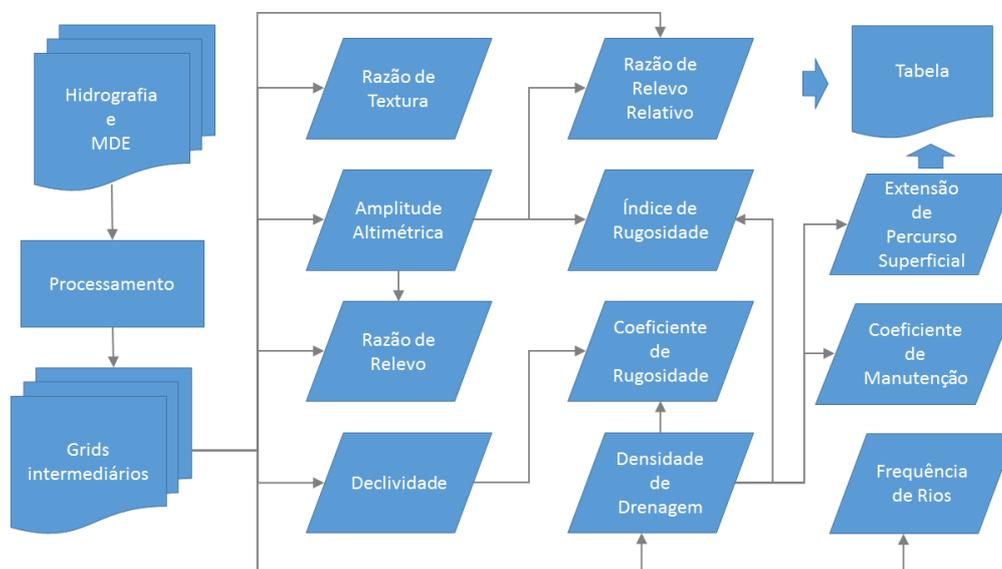


Figura 5 - Modelo de aplicação no SIG para a geração dos parâmetros



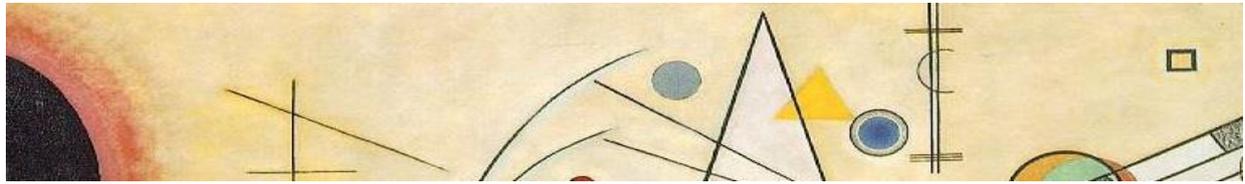
Elaboração: os autores.

Figura 6 - Fluxograma geral das operações



Elaboração: os autores.

As bases de dados em escala municipal e a estrutura de dados geográficos já instalada na plataforma GeoInfo da Embrapa Gado de Leite (GeoInfo, 2023) foram usadas para a realização das análises a partir do



download dos bancos de dados geográficos dos municípios, assim como de bacia do Paraibuna, tanto para a construção dos layouts dos mapas como para a montagem das tabelas e realização de estimativas.

3. Resultados e Discussão

Foi obtida a tabulação dos resultados (Tabela 2) da aplicação no SIG após o processamento, onde observa-se, em um primeiro momento uma grande variabilidade altimétrica ou grande movimentação do relevo em razão da amplitude altimétrica e densidade de drenagem superficial apresentados, tendo em vista que a orografia da bacia se complementa com as informações de cumeadas, vertentes e canais de escoamento existentes na superfície do relevo. Dessa forma, verifica-se uma alta densidade de drenagem, indicando um escoamento superficial desenvolvido, cujo padrão dendrítico e exorreico denota deflúvio encaixado e bem distribuído na bacia.

Com uma alta densidade de drenagem e frequência de rios, além de indicar um maior fluxo superficial denotam um maior potencial para ocorrência de processos erosivos e degradação ambiental, tendo em vista a alta declividade média estimada (RODRIGUES et al., 2008; ZANATA et al., 2011; CALIL et al., 2012) e aptidão para pecuária demonstrada pelos parâmetros obtidos. Todavia, estes parâmetros também indicam aptidão das terras para atividades agrosilvipastoris, com integração entre cultivos anuais, criação de animais e reflorestamentos, evoluindo eucaliptocultura ou heveicultura, por exemplo, assim como fruticultura, adotando-se práticas conservacionistas.



Tabela 2 - Resultados dos parâmetros morfométricos da bacia

	Parâmetros	Resultado
Drenagem	Comprimento da rede de drenagem (km)	18.159
	Comprimento do rio principal (km)	195
	Área da bacia (km ²)	8.594
	Perímetro da bacia (km)	734
	Nº de segmentos de rios (nº)	26.381
	Densidade de drenagem (km/km ²)	2,11
	Frequência de rios (nº/km ²)	3,07
	Razão de textura (nº/km)	35,94
	Extensão de percurso superficial (km)	0,24
	Coeficiente de Manutenção (m ²)	473,29
Relevo	Menor Altitude (m)	259
	Maior Altitude (m)	2.754
	Amplitude Altimétrica (m)	2.494
	Razão de Relevo	0,0128
	Razão de Relevo Relativo	0,0034
	Índice de Rugosidade	5.270
	Declividade média (%)	27,65
	Coeficiente de Rugosidade	58,43

Fonte: Autoria Própria.

Em bacias com altos valores de amplitude altimétrica, razão de relevo, razão de relevo relativo e razão de textura, observam-se uma densa rede de drenagem e hidrografia em relação ao perímetro da bacia e maior comprimento, ou distância entre nascente e foz do rio principal, com relevo forte ondulado a montanhoso. A partir desses valores de parâmetros prevê-se a necessidade de proteção do solo, o que é corroborado nesta bacia pelo percentual de ocupação por florestas, 32%, já destinadas à preservação, as quais funcionam para a produção de água e adapta-se à prestação de serviços ambientais. Também se depreende provável compactação dos solos em decorrência dos valores baixos a médios estimados de extensão de percurso superficial e coeficiente de manutenção frente aos materiais de origem graníticos e gnáissicos.

Coeficiente e índice de rugosidade ratificam a alta movimentação do relevo e confinamento de processos dinâmicos de escoamento hídrico à componentes de resistência topográfica, promovendo sinuosidade no fluxo pluviométrico e acúmulo de energia potencial. Todavia a utilização de escala



mais acurada para a hidrografia e de fluxo acumulado para drenagem equivalente ocasionam uma ligeira elevação dos parâmetros ou superestimativa para os fatores analisados. Os parâmetros estimados expressam o caráter topográfico de superfície bastante movimentada com grande densidade de drenagem, depreendendo-se deflúvio significativo no que tange à contribuição para a importante Bacia do Paraíba do Sul.

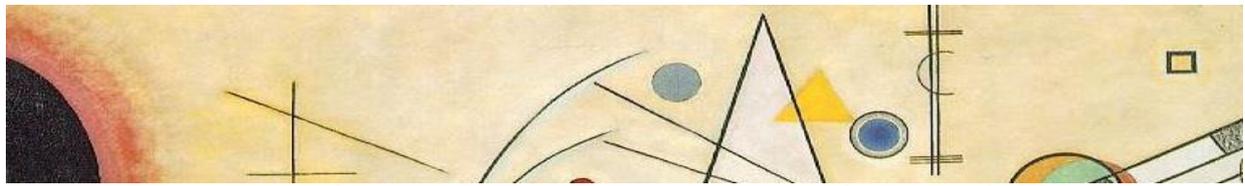
Diversos outros parâmetros podem ser incorporados à aplicação macro desenvolvida no SIG, de maneira facilitada, permitindo automatizar a avaliação geomorfométrica de bacias. A avaliação regionalizada de cada sub-bacia para os rios componentes Preto, do Peixe, Cágado torna-se relevante em razão da variabilidade altimétrica, rugosidade topográfica e formação heterogênea de canais ocasionada em cada uma, visivelmente apresentada na análise dos planos de informação. Entretanto, a obtenção de parâmetros gerais para a bacia como um todo permitem diagnosticar a condição hidrogeomorfométrica e processos subjacentes relacionados como a dinâmica fluvial, pluvial e de uso das terras.

4. Considerações Finais

A aplicação desenvolvida em ambiente de macro proporcionou agilidade e precisão na estimativa dos parâmetros morfométricos da bacia do rio Paraíba, em razão do menor uso de interface gráfica e de funções especializadas no tratamento de matrizes.

Os parâmetros concernentes à drenagem e hidrografia mapeada denotaram a complexidade da bacia, que em função da escala de análise adotada, cuja rede fluvial se mostra encaixada, densamente distribuída e com grande extensão.

A bacia possui um relevo bastante movimentado com coeficiente e índice de rugosidade que indicam textura e resistência topográfica ao



escoamento compatível com solos compactados, próprio de áreas declivosas e que, atrelado aos parâmetros de drenagem, dotam a bacia de potencial de acúmulo hídrico, hidroenergético e com aptidão físico-ambiental a atividades agrossilvipastoris, integradas ou não, notadamente silvicultura e pecuária.

