

# Fatores morfométricos como condicionantes da ocorrência de enchentes na bacia do córrego Serafim, sub-bacia do rio Paraibuna, Juiz de Fora, MG

*Morphometric factors as conditioning variables in the occurrence of floods in the Serafim Stream basin, subbasin of the Paraibuna River, Juiz de Fora, MG*

Raquel Callegario Zacchi\*

Maola Monique de Faria\*\*

Elaine Santiago Ferreira\*\*\*

## Resumo

A bacia hidrográfica deve ser considerada uma unidade de planejamento, pois permite monitorar as atividades desenvolvidas em seu interior com vistas à preservação dos recursos naturais, já que favorece o acompanhamento das alterações naturais introduzidas pelo homem tangentes ao uso e ocupação do solo. O presente estudo tem por objetivo caracterizar a bacia hidrográfica do córrego Serafim, sub-bacia do rio Paraibuna, localizado em Juiz de Fora – MG, quanto aos seus aspectos morfométricos. Para tal delimitou-se a área da bacia que está inserida na Carta do IBGE folha Juiz de Fora SF - 23 - X - D - IV – 1, de escala 1:50.000. A bacia em questão possui área de 39,8 km<sup>2</sup>, ordem de drenagem igual a cinco e orientação a nordeste. O padrão de drenagem foi classificado como dendrítico, o que indica média capacidade de drenagem. Mediante a correlação entre os fatores morfométricos, pode-se afirmar que a bacia possui mediana susceptibilidade a enchentes.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica. Fatores morfométricos. Córrego Serafim (MG)

## Abstract

As they encourage the monitoring of natural changes introduced by man such as soil use and occupation, basins should be considered as planning units because they allow for the monitoring of their activities in order to preserve natural resources. This study aims to characterize the watershed of the Serafim Stream, subbasin of the

\* Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, *campus* Campos-Centro – Campos dos Goytacazes, RJ - Brasil. Doutoranda em Sociologia Política (UENF), Mestre em Políticas Sociais (UENF), Bacharel e Licenciada em Geografia (UFV). E-mail: rzacchi@ifed.br.

\*\* Doutoranda em Solos e Nutrição de Plantas (UFV), Mestre em Solos e Nutrição de Plantas (UFV), Licenciada e Bacharel em Geografia (UFV) – Viçosa, MG - Brasil. E-mail: maolageo@gmail.com.

\*\*\* Licenciada e Bacharel em Geografia (UFV) – Viçosa, MG - Brasil. E-mail: elainegeo05@yahoo.com.

Paraibuna River, located in Juiz de Fora, MG, regarding its morphometric features. To do this, it was necessary to limit the basin area inserted in the map by IBGE (Juiz de Fora SF - 23 - X - D - IV - 1, scale 1:50,000). The basin has an area of 39.8 km<sup>2</sup>, drainage order equal to five and guidance to the northeast. The drainage pattern has been classified as dendritic, indicating average drainage capacity. Through the correlation between the morphometric factors, it can be stated that the basin has a median susceptibility to flooding.

**Key words:** Watershed. Morphometric factors. Serafim Stream, MG.

### **Introdução**

A bacia hidrográfica pode ser definida como uma área delimitada pelos divisores de água que drena as águas de chuva por ravinas, canais e tributários para um curso d'água principal, cuja vazão efluente converge para uma única saída (BOTELHO; SILVA, 2004).

Segundo Tonello e Dias (p. 01, 2005), “a bacia hidrográfica deve ser considerada como uma unidade de planejamento quando se deseja a preservação dos recursos hídricos, já que as atividades desenvolvidas em seu interior têm influência sobre a quantidade e qualidade da água”.

Também, de acordo com esses autores, a bacia constitui-se na mais adequada unidade de planejamento para uso dos recursos naturais, pois tem seus limites imutáveis dentro do horizonte de planejamento humano, o que favorece o acompanhamento das alterações naturais introduzidas pelo homem no que se refere ao uso e ocupação do solo.

Dessa maneira, o manejo de bacias hidrográficas é um processo que permite formular um conjunto integrado de ações sobre o meio ambiente, a estrutura social, econômica, institucional e legal a fim de promover a conservação e utilização sustentável dos recursos naturais e desenvolvimento sustentável (TONELLO; DIAS, 2005).

O manejo integrado de bacias hidrográficas consiste em um conjunto de técnicas aplicadas no âmbito da bacia hidrográfica que tem por objetivo regularizar a vazão dos cursos hídricos, a produção econômica e a proteção ambiental, garantindo a preservação da biodiversidade. Neste sentido, dentre os objetivos do manejo de bacias hidrográficas, pode-se citar a possibilidade de compatibilizar a produção econômica e a preservação ambiental tendo como indicador os recursos hídricos da bacia.

Para realizar o manejo de uma bacia hidrográfica é necessário planejar as ações a serem executadas. Inicialmente é preciso fazer a escolha da bacia, de acordo com os critérios compatíveis com os interesses sobre a área. Após a escolha da bacia é necessário traçar os objetivos do manejo para, em seguida, realizar o diagnóstico físico (morfometria

e fisiografia da bacia considerando os vários elementos do meio físico, tais como geologia, solo, geomorfologia e clima), o diagnóstico biológico (faunístico e florístico) e o diagnóstico socioeconômico (uso e usuários da água). Em seguida é proposta a análise do diagnóstico para escolha das possíveis técnicas a serem empregadas para o manejo, sempre monitorando os vários aspectos diagnosticados, com posterior apresentação de um cronograma e orçamento da implantação das técnicas a serem implementadas.

Em estudo realizado na bacia do rio Turvo (GO), Castro & Carvalho (2009) concluíram que as técnicas de análise morfométrica das bacias hidrográficas são eficientes, visto que elas permitem a análise da potencialidade e capacidade de escoamento, propriedades essenciais para a definição da potencialidade hídrica que, por sua vez, contribui para o planejamento e o manejo dos recursos existentes na bacia.

Em estudo semelhante ao ora apresentado, Briski et al. (2009) apontaram que estudos acerca dos aspectos morfométricos da bacia hidrográfica são de suma importância atualmente, ao considerar a dinâmica presente na interligação dos sistemas hidrológicos com o sistema ambiental e social. Os autores ainda ressaltam que esse tipo de estudo é escasso e razão da limitação de disponibilidade de materiais que sirvam de base de dados para os mesmos por parte dos órgãos públicos e até mesmo pelo meio científico.

Para o presente estudo foi escolhida a bacia do córrego Serafim, sub-bacia do rio Paraíba, localizado em Juiz de Fora, Minas Gerais. O rio Paraíba corta nove cidades dos estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro, a saber, Antônio Carlos, Santos Dumont, Ewbanck da Câmara, Matias Barbosa, Simão Pereira, Belmiro Braga, Santana do Deserto, Chiador e Juiz de Fora, com 70% do seu curso localizado nesta última cidade. Porém, 37 municípios estão localizados na bacia do rio Paraíba, tanto no estado de Minas Gerais como no do Rio de Janeiro. No quadro 1 é possível verificar a área da bacia presente em cada um desses dois estados.

**Quadro 1:** Bacia do rio Paraíba e sua área nos estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro

<b>Bacia do Rio Paraíba</b>	
Estado	Área em km <sup>2</sup>
Minas Gerais	6.86
Rio de Janeiro	1.69
<b>Total</b>	<b>8.55</b>

Fonte: LABHID/COPPE/UFRJ, 2002 e BRASIL, MMA; MINAS GERAIS, SEMAD; IGAM; UFJF, 1998 apud Orlando e Leal (p. 94, 2006)

## **A importância do rio Paraibuna e seu contexto**

O rio Paraibuna, maior afluente em volume de água do Paraíba do Sul, com vazão média de 179 m<sup>3</sup>/s, tem sua nascente localizada na Serra da Mantiqueira, em Minas Gerais, a 1.200 m de altitude e deságua no rio Paraíba do Sul a 250 m de altitude.

A importância do rio Paraibuna para a região e, especialmente para Juiz de Fora, inicia-se junto à corrida do ouro em Minas Gerais. Assim, nesse período, ele foi rota comercial, econômica e estratégica, sendo também um lugar de tocaias e assaltos às pessoas que trabalhavam no transporte de metais preciosos que saíam da região. Em seu trajeto, ao longo da história de ocupação, surgiram ranchos, hospedarias e postos de fiscalização das riquezas e em seu entorno surgiram também os primeiros povoamentos como o de Santo Antônio do Paraibuna (Juiz de Fora), Borda do Campo (Barbacena) e João Gomes (Santos Dumont). Através das sesmarias, que eram terras doadas pelo governo imperial a nobres e súditos que prestavam serviços à coroa, foi estimulada a fixação de famílias nessa área.

Com o crescimento populacional, via imigração, e com o processo de industrialização que se consolida em Juiz de Fora, o rio Paraibuna destacou-se pelo seu potencial hídrico, capaz tanto de abastecer a demanda gerada pela população em crescimento, como de fornecer energia hidrelétrica para as indústrias em expansão. Até hoje 12,5% do abastecimento energético de Juiz de Fora é mantido pelas usinas do rio Paraibuna, conhecidas como Joasal, Paciência e Marmelos.

Neste sentido, a cidade de Juiz de Fora ao longo de fins do século XIX e início do século XX passou por franco crescimento, pouco atento para a importância do rio Paraibuna, considerado um impasse à materialização de determinados interesses de agentes sociais no espaço urbano da cidade. Assim, de acordo com esses interesses, foram feitos vários aterros em seu curso, que modificaram a sua calha e diminuíram a sua vazão, principalmente na época das chuvas.

Foi entre os anos de 1906 e 1940 que a população conheceu o que de fato havia feito ao rio, quando várias enchentes tomaram conta das partes mais baixas da cidade, atingindo as regiões de Costa Carvalho, Largo do Riachuelo, Mariano Procópio, Avenidas Getúlio Vargas, Rio Branco, Francisco Bernardino e Praças João Penido e Antônio Carlos, chegando ao nível de mais de 2 metros de altura.

Depois desses eventos periódicos de enchentes, em 1940, a cidade de Juiz de Fora passou a fazer parte do programa especial de defesa contra enchentes e recuperações de vales, do governo federal. Assim, uma das estratégias para amenizar os problemas decorrentes das enchentes frequentes no município foi a modificação do curso do rio no perímetro urbano feito pelo Departamento Nacional de Obra e Saneamento (DNOS), por meio da dragagem, desmonte de rochas, escavações, aterros, proteção das margens, reconstrução e alargamento de pontes, desvio da rodovia União Indústria e

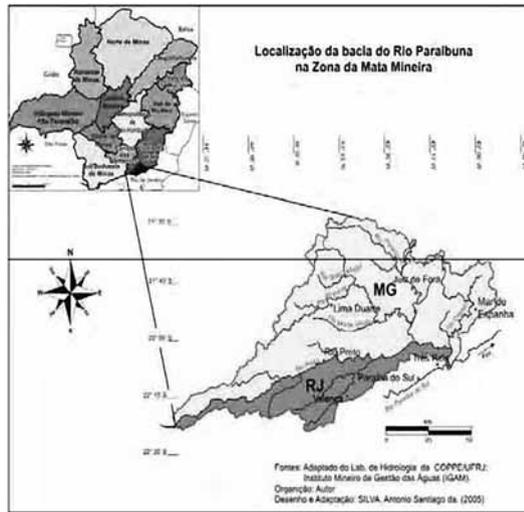
desapropriações ao longo de suas margens. Esse trabalho visou aumentar a declividade na zona urbana, expandindo sua capacidade de vazão de 120 para 340 m<sup>3</sup> por segundo. Assim, essas obras foram realizadas na área central da cidade, e, após ultrapassá-la, o rio segue seu curso normal.

Dentre as cidades que banha, Juiz de Fora é a maior e, conseqüentemente, é a grande responsável por sua poluição. De acordo com a Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora – MG (Cesama), as principais fontes poluidoras são os efluentes industriais, o esgoto doméstico e os resíduos dos postos de combustíveis.

Além disso, são detectados em suas águas vários produtos químicos e derivados como corantes, soda cáustica, cloro, sódio, mercúrio, fósforo, detergentes, fixadores, óleos, graxas, entre outros. Os agrotóxicos provenientes das áreas rurais agrícolas também contribuem para a poluição do rio. A insuficiência dos controles de emissão ou da infraestrutura para tratamento desses efluentes compromete a qualidade das águas para qualquer finalidade, especialmente para o abastecimento doméstico.

Outro processo impactante de grande importância na bacia do rio Paraíba é o assoreamento do seu curso principal e de seus principais afluentes, provocado por processos erosivos verificados em várias áreas de Juiz de Fora, causado pela retirada da cobertura vegetal natural existente, bem como por práticas agrícolas nas áreas rurais do município e ao longo do rio sem os cuidados técnicos necessários com o manejo adequado dos solos. Assim, o assoreamento é um dos grandes responsáveis pelas enchentes causadas ao longo do curso do rio Paraíba.

Tendo em vista todos esses aspectos mencionados, o primeiro passo para entender a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento e propor seu planejamento integrado, no intuito de compatibilizar a produção econômica e a preservação ambiental, é conhecê-la em todos as suas particularidades. Neste sentido, é necessário elaborar um diagnóstico preliminar que permita identificar suas características morfométricas, fisiográficas, biológicas e socioeconômicas com objetivo de integrá-los em uma análise. Desta maneira, este trabalho revela sua importância considerando que se propõe a caracterizar a bacia do córrego Serafim, sub-bacia do rio Paraíba, localizada no município de Juiz de Fora – MG (Figura 1), uma iniciativa para conhecimento adequado da área para que, em trabalhos futuros, seja possível propor as técnicas adequadas para o manejo integrado dessa bacia.



**Figura 1:** Localização da bacia do rio Paraíba na Zona da Mata Mineira  
 Fonte: Orlando e Leal (2006)

## Materiais e métodos

Os procedimentos metodológicos pautaram-se na delimitação da área da bacia que está inserida na Carta do IBGE folha Juiz de Fora SF - 23 - X - D - IV - 1, de escala 1:50.000. Para isso, utilizou-se papel vegetal com a marcação dos topos de morros, do curso d'água principal e de tributários, delimitando a área da bacia. Para a obtenção dos dados para o cálculo dos índices morfométricos, utilizaram-se três instrumentos: um curvímeter ASI analógico - para medição de distância entre dois pontos -, um planímetro - para medição de áreas em figuras planas - e uma calculadora científica para aferir os resultados. Foram calculados os seguintes índices morfométricos, propostos por Christofletti (1981): fator de forma, índice de circularidade, razão de alongação, índice de compacidade, ordem (STRALER, 1957), densidade de drenagem, padrão de drenagem, razão de bifurcação, amplitude altimétrica, declividade geral e média, altitude média e orientação.

## Resultados e discussão

Antes de proceder aos cálculos morfométricos da bacia hidrográfica, foi necessário calcular alguns dados que serviram de base para os demais parâmetros, dentre eles o comprimento total dos canais = 98,5 km, o comprimento do eixo da bacia (L) = 8,25 km e o comprimento do canal principal da bacia = 9,75 km.

A Tabela 1 sintetiza os índices morfométricos calculados para a bacia hidrográfica do córrego Serafim.

**Tabela 1:** Índices morfométricos da bacia do córrego Serafim, Juiz de Fora, MG

Índices morfométricos	Resultados
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	39, 8
Fator de forma (F)	0, 58
Índice de circularidade (IC)	0, 50
Razão de alongação (RE)	0, 86
Índice de compacidade (CC)	1, 41
Densidade de drenagem (km/ km <sup>2</sup> )	2, 47
Razão de bifurcação (Rb)	1, 96
Amplitude altimétrica (m)	209
Declividade geral (m)	0, 03
Declividade média (%)	23, 83
Altitude média (m)	769
Coefficiente de rugosidade (CR)	58, 98

O valor encontrado para a área da bacia do córrego Serafim foi de 39,8 km<sup>2</sup>. Ela é considerável e demonstra a importância de se realizarem mais estudos na área, já que ela contribui para a constituição da rede de drenagem de um importante rio da Zona da Mata Mineira.

Ao analisarmos o fator de forma em conjunto com o índice de compacidade, torna-se possível afirmar que a bacia apresenta-se medianamente susceptível a enchentes. Bacias com coeficiente de compacidade valor igual a um correspondem a bacias de forma circular e, com valor superior a um, bacia de forma alongada. A bacia em questão apresenta forma alongada.

O conhecimento do valor da densidade de drenagem, que corresponde à razão entre o comprimento total dos canais de escoamento pela área da bacia hidrográfica, possibilita um melhor planejamento do uso e manejo de seu território. Villela e Mattos (1975) afirmam que a densidade de drenagem pode variar entre 0,5 km/km<sup>2</sup> a 3,5 km/km<sup>2</sup> ou mais. O primeiro valor é apresentado por bacias com drenagem pobre e o segundo por aquelas com boa drenagem.

Neste sentido, a bacia hidrográfica do córrego Serafim apresentou uma densidade de drenagem igual a 2,47 km/km<sup>2</sup>. Dessa forma, a bacia em análise possui média capacidade de drenagem. Já a bacia do rio Turvo Sujo (MG) apresentou densidade de drenagem igual a 4,6 km/km<sup>2</sup>, o que a faz ter uma elevada capacidade de drenagem (SANTOS, 2001).

O padrão de drenagem da bacia analisada pode ser classificado como dendrítica, e expressa o comportamento hidrológico e litológico do solo da bacia hidrográfica. Ainda no que se refere à drenagem, a ordem encontrada para a bacia do córrego Serafim foi igual a cinco. Isso indica que ela é uma bacia com drenagem relativamente bem ramificada, além de apontar indícios que esta é uma área com relevo significativamente movimentado.

No que se refere à razão de bifurcação, o valor encontrado foi de 1,96, o que indica que seu território apresenta menor permeabilidade às águas das chuvas. Esse tem relação direta com o substrato geológico. Outro índice que apresenta relação com a geologia e também com a morfologia do relevo da bacia é o índice de rugosidade. No caso, ele foi igual a 58,98, o que indica que a bacia apresenta risco considerável de degradação.

A altitude média da bacia foi de 769 m e a amplitude altimétrica encontrada na área foi de 209 m, o que indica que a área possui relevo acidentado. Esse dado é importante porque variações significativas de altitude resultam em diferenças consideráveis de temperatura média, a qual acarreta variações na evapotranspiração nas diferentes áreas da bacia. Além disso, pode ocasionar variações na precipitação anual ao longo da compartimentação do relevo da área.

A declividade geral e média influencia em vários processos hidrológicos como o escoamento superficial, a umidade do solo, a infiltração de água, entre outros. Além disso, regulam o tempo de duração do escoamento superficial e da concentração da precipitação no território da bacia hidrográfica. De acordo com o quadro da Embrapa apud Cardoso et al. (2006), a área, por possuir declividade média de 23,83 m apresenta um relevo fortemente ondulado, comprovando o que já foi destacado acima.

## **Conclusões**

Lindner et al. (2007) afirmam que os índices morfométricos das bacias hidrográficas são cálculos essenciais, pois permitem, dentre outros aspectos, a prevenção

de enchentes no território da bacia hidrográfica e são também o primeiro passo para propor o manejo dessas unidades naturais.

Verificou-se que a bacia do córrego Serafim possui mediana susceptibilidade natural a enchentes e que os índices morfométricos são bons aliados para a estimativa da susceptibilidade a enchentes das bacias hidrográficas.

Assim, tendo-se conhecimento dos índices morfométricos e das características físicas e econômicas das bacias, é possível implementar planos de manejo que contribuam para a regularização da vazão da bacia, com conseqüente diminuição da incidência de enchentes.

### **Referências**

BIGARELLA, J. J. et al. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis, SC: Editora UFSC, 1996. 2 v.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, Antônio C.; GUERRA, Antônio J. T. (Orgs). Reflexões sobre a Geografia Física. Rio de Janeiro: Editora Berthand Brasil, 2004. p. 153 – 192.

BRISKI, S. J. Análise Qualiquantitativa da Bacia do Rio Barigui para Verificação de seu Estado Hidrológico e Ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., jul.2009, Viçosa, Brasil. Anais... Disponível em: <[http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo3/091.pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/091.pdf)>. Acesso em: jul. 2010.

CARDOSO, Christiany Araújo et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista Árvore, Viçosa, v. 30, n. 2, 2006.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Scientia Plena, v. 5, n. 2, 025401, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 313p.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1996. p. 337-339.

LINDNER, Elfride Anrain et al. Sensoriamento remoto aplicado à caracterização morfométrica e classificação do uso do solo na bacia rio do Peixe/SC. In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 21-26 abr. 2007, Florianópolis, Brasil, INPE. p. 3405-3412.

ORLANDO, Paulo Henrique Kingma; LEAL, Antônio Cezar. Produção do Espaço e Gestão Hídrica na Bacia do Rio Paraibuna (MG-RJ): uma análise crítica. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2006. 295 f.

SANTOS, A.R. Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, Viçosa, MG. 2001. 141f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2001.

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

SOARES, D. M. Geoprocessamento como ferramenta de análise do risco ao carreamento de sólidos para o rio Paraibuna em Juiz de Fora – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., abr. 2005, Goiânia, Brasil. Anais... p. 2375 -2382.

TOLLEDO, K. C.; DIAS, H. C. T. Análise Hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: UFV, 2005. 69f.