

# ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÁXIMA, MÉDIA E OUTORGÁVEL DE DUAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS COSTEIRAS NO MUNICÍPIO DE MANGARATIBA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL

Leonardo Duarte Batista da Silva<sup>1</sup>, Alexandre Lioi Nascentes<sup>2</sup>, Jonathas Batista Gonçalves Silva<sup>2</sup>, Rhégia Brandão da Silva<sup>3</sup>, Ana Carolina Cruz de Azevedo<sup>3</sup>

## ABSTRACT

The basin as a planning unit for integrated environmental management is the basis of the new Brazilian model of water management. Thus, preservation of natural resources and their monitoring are fundamental tools for the rational use of water resources in a watershed. The morphometric study is particularly important in environmental sciences, as in Brazil, the density of fluviometric stations is low and most of them are found in large bodies of water, so the morphometric characteristics are important to transfer data from one basin to another monitored qualitatively similar data are lacking or where it is not possible the installation of hydrometric stations. This study aims to determine the morphometric characteristics (area, perimeter, compactness coefficient, rate shaping, drainage density, order number, etc.) of river basins and large butterflies located city of Mangaratiba.

**PALAVRAS CHAVE:** bacia hidrográfica, recursos hídricos

## INTRODUÇÃO

Segundo (SILVA, 2003), a utilização desordenada e o mau gerenciamento dos recursos hídricos geram prejuízos de tal magnitude que, atualmente, problemas sociais e ambientais de grande relevância advêm de aspectos relativos tanto à disponibilidade quanto à qualidade da água. De 1950 a 2000 a quantidade de água disponível por habitante diminuiu de 20.600 para 5.100 m<sup>3</sup> na África; de 9.600 para 3.300 m<sup>3</sup> na Ásia; de 105.000 para 28.200 m<sup>3</sup> na América Latina; de 5.900 para 4.100 m<sup>3</sup> na Europa; e de 37.200 para 17.500 m<sup>3</sup> na América do Norte (WERTHEIN, 2002).

Desde o século passado o Brasil, como outros países, vem enfrentando o dilema de compatibilizar o seu processo de desenvolvimento com a preservação do meio ambiente. A água, por ser um bem de uso difuso e público, serve como um bom exemplo desse impasse, à medida que a diversidade de segmentos de usuários que necessitam desta faz com que sua adequada gestão seja fundamental a fim de evitar conflitos entres os mesmos. Neste caso, a mediação do Estado torna-se necessária, devendo esta ser feita por meio de políticas que assegurem a distribuição equitativa da água. A Lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil, tem constituído em uma excelente experiência que está sendo vivenciada no país a fim de otimizar o uso da água, bem como na adoção de medidas voltadas à sua conservação (SILVA et al, 1999).

Para o adequado planejamento dos recursos hídricos é necessário que se disponha de instrumentos que permitam a quantificação de disponibilidade destes e, assim, possam constituir fundamento para sua adequada gestão. Nesse sentido, os modelos hidrológicos constituem mecanismos de suporte essenciais para a concretização desta meta. De acordo com GOLDENFUM e TUCCI. (1996), a demanda da sociedade por modelos que permitam uma melhor previsão hidrológica aumenta quando da notificação de inundações e dos prejuízos relacionados a estas. O desenvolvimento de melhores modelos, entretanto, requer um esforço contínuo da pesquisa e da comunidade acadêmica, sendo que estes modelos necessitam de informações consistentes sobre precipitação, escoamento, topografia, solo, entre outras.

O uso de modelos hidrológicos tem sido bastante difundido e suas aplicações em projetos hidrológicos ou hidráulicos (por exemplo, como ferramentas para projetar obras contra inundação) têm apresentado resultados animadores. Contudo, nos últimos anos, a maior importância dada aos

---

<sup>1</sup>Professor Adjunto do Departamento de Engenharia do Instituto de Tecnologia da UFRRJ [irriga@ufrj.br](mailto:irriga@ufrj.br) <sup>2</sup>Professor Assistente do Departamento de Engenharia do Instituto de Tecnologia da UFRRJ <sup>3</sup>Discente do curso de Agronomia da UFRRJ

problemas ambientais têm resultado na demanda de modelos hidrológicos mais versáteis, que com base em princípios físicos sejam capazes de representar os processos hidrológicos com variabilidade espacial (PRUSKI et al 2003). Os modelos são ferramentas de análise importantes porque eles podem ser usados para entender processos hidrológicos, analisar o desempenho de práticas de manejo, bem como avaliar os riscos e benefícios advindos de diferentes tipos de uso do solo (PRUSKI et al 2003).

Este trabalho tem por objetivo determinar as características morfométricas (área, perímetro, coeficiente de compactidade, índice de conformação, densidade de drenagem, número de ordem, entre outras) das bacias hidrográficas dos rios grandes e das borboletas situadas município de Mangaratiba.

## METODOLOGIA

A área de estudo se localiza na Reserva Rio das Pedras localiza-se a 15 (quinze) quilômetros da cidade de Mangaratiba, Estado do Rio de Janeiro, junto à rodovia (BR 101) que interliga o bairro denominado Praia Grande com a sede do município. A sede do município dista 110 km do Rio de Janeiro. O principal acesso é a BR 101 (Rio – Santos).

A Reserva Rio das Pedras possui uma área de 1.306,49 hectares, cobertas por mata atlântica e ecossistemas costeiros.

A área de estudo apresenta dois cursos d'água principais, o rio borboleta e o rio grande que drenam a área da reserva florestal Rio das Pedras. Existem duas represas localizadas nestes mananciais, os quais têm a função de regularização da vazão para atendimento intermitente da demanda dos usos. A Bacia de contribuição é uma área geográfica na qual a água de chuva precipitada escoar pela superfície do solo e atinge uma seção considerada. A caracterização física desta área deve incluir alguns parâmetros ou aspectos morfométricos tais como índices de forma, área de drenagem, declividades, comprimentos de cursos d'água, densidade de drenagem, etc.

A Figura 1 mostra a bacia de contribuição da represa 1, localizada no rio das borboletas. Esta represa tem função de regularização para o uso exclusivo de abastecimento água para o Club Med Rio das Pedras.

É importante ressaltar que, a área onde está localizada esta represa, bem com a sua jusante não é parte efetiva da reserva.

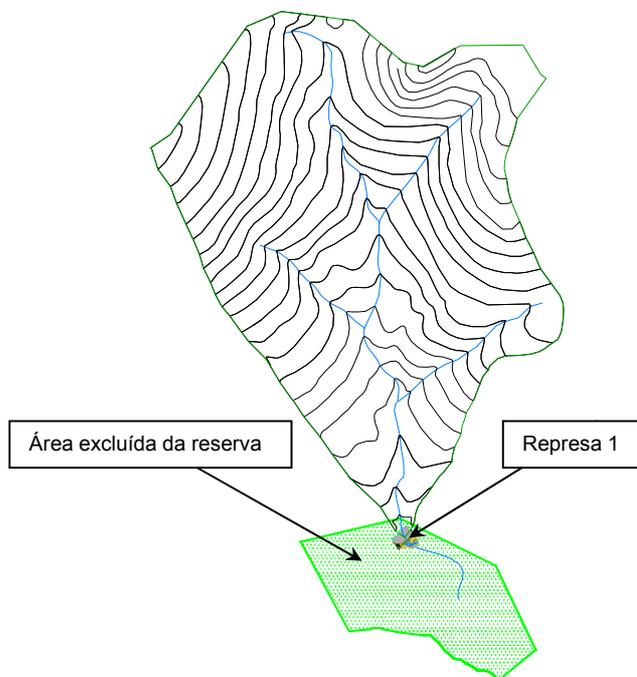


Figura 1 – Bacia de contribuição da represa 1.

A Figura 2 mostra a bacia de contribuição da represa 2, localizada no rio grande, sendo o rio das borboletas seu principal afluente. Nota-se que a área de contribuição desta represa, contempla também área de contribuição da represa 1, já que ela está à montante da represa 2. Nesta represa é captada água para o sistema de refrigeração do Club Med Rio das Pedras. Vale ressaltar que também a área onde está localizada esta represa, bem com a sua jusante não é parte efetiva da reserva.

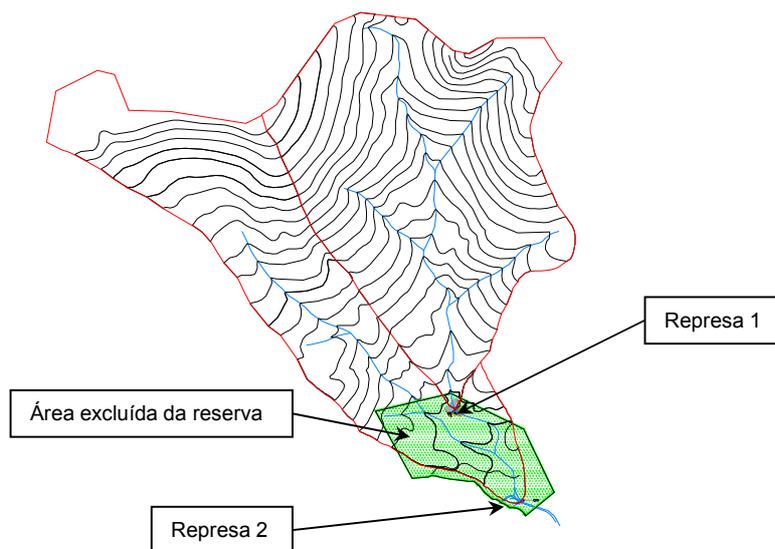


Figura 2 - Bacia de contribuição da represa 2.

A seguir faz-se a descrição de características morfométricas obtidas para as bacias de contribuição deste estudo TUCCI (2000). A área de drenagem é a área plana (projeção horizontal) incluída entre seus divisores topográficos. A área é o elemento básico para o cálculo das outras características físicas. A área de uma bacia hidrográfica é geralmente expressa em km<sup>2</sup>.

A forma da bacia influencia o escoamento superficial e, conseqüentemente, o hidrograma resultante de uma determinada chuva. Dois índices são mais usados para caracterizar a bacia: índices de compactidade e conformação.

Índice de Compactidade (KC) – é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia.

$$K_C = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots(1)$$

em que:

P = perímetro da bacia de contribuição, em km; e

A = área de drenagem, em km<sup>2</sup>.

Caso não existam fatores que interfiram, os menores valores de KC indicam maior potencialidade de produção de picos de enchentes elevados.

Índice de Conformação (Fator de forma) (I<sub>c</sub>) – é a relação entre a área da bacia e o quadrado de seu comprimento axial medido ao longo do curso d'água desde a desembocadura até a cabeceira mais distante do divisor de água.

$$I_c = \frac{A}{L^2} \dots\dots\dots(2)$$

em que:

L = comprimento axial da bacia de contribuição, em km; e

A = área de drenagem, em km<sup>2</sup>.

A rede de drenagem (R<sub>d</sub>) é o conjunto de todos os cursos d'água de uma bacia hidrográfica, sendo expressa em km.

$$R_d = \sum_{i=1}^n l_i \dots\dots\dots(3)$$

em que:

l<sub>i</sub> = comprimento dos cursos d'água, em km.

A densidade de drenagem (D<sub>d</sub>) indica eficiência da drenagem na bacia. Ela é definida como a relação entre o comprimento total dos cursos d'água e a área de drenagem e é expressa em km.km<sup>-2</sup>. A bacia tem a maior eficiência de drenagem quanto maior for essa relação.

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{A} \dots\dots\dots(4)$$

A classificação dos rios quanto à ordem reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia.

Os cursos d'água maiores possuem seus tributários que por sua vez possuem outros até que chegue aos minúsculos cursos d'água da extremidade. Geralmente, quanto maior o número de bifurcação maior serão os cursos d'água; dessa forma, pode-se classificar os cursos d'água de acordo com o número de bifurcações.

A declividade do curso d'água principal pode ser obtida pela metodologia da declividade equivalente (I<sub>eq</sub>), que é o quociente entre a diferença de suas cotas e sua extensão horizontal.

$$I_{eq} = \frac{\Delta H}{L} \dots\dots\dots(5)$$

em que:

ΔH = diferença entre as cotas do ponto mais distante e da seção considerada, em m; e

L = comprimento do talvegue principal, em m.

A precipitação é um parâmetro fundamental em modelos hidrológicos porque é ela que ativa os processos de escoamento e de transporte de massa em bacias hidrográficas. É assumida como espacialmente uniforme, embora as tempestades que causam o maior movimento de sedimentos e nutrientes raramente sejam uniformes (TUCCI 2000). GOLDENFUM e TUCCI. (1996) notaram que embora a variabilidade espacial da precipitação tenha um papel importante no processo de geração de escoamento superficial, assume-se que a chuva é uniforme na aplicação de modelos para prever o comportamento hidrológico de pequenas bacias.

As informações sobre as características das precipitações máximas de curta duração são de extrema importância, com aplicações em planejamentos agrícolas e em projetos hidráulicos em geral. TUCCI (2000) atenta para o fato de que, para a obtenção de valores extremos de precipitação, é necessário estabelecer a relação entre intensidade, duração e frequência.

A equação de intensidade, duração e frequência da precipitação é expressa por:

$$I = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \dots\dots\dots(6)$$

em que:

I = intensidade máxima média de precipitação, mm h<sup>-1</sup>;

K, a, b, c = parâmetros da equação de chuvas intensas da localidade de interesse;

T = período de retorno, anos; e

t = duração da precipitação, min.

Em estudos hidrológicos necessitam-se, além do conhecimento das precipitações máximas observadas nas séries históricas, da previsão das precipitações máximas que possam vir a ocorrer na localidade com determinada frequência (TUCCI, 2000). Esta previsão requer a disponibilidade de dados de chuvas intensas em número de locais cada vez maior. Para isso, é necessária a determinação das curvas de intensidade, duração e frequência da precipitação, ou a utilização de expressões que permitam a sua obtenção em locais em que haja dificuldade para o estabelecimento de tais curvas. As dificuldades que se apresentam para a obtenção das equações de chuvas intensas originam-se de limitações referentes aos dados disponíveis, seja em termos de densidade da rede de pluviógrafos, seja em relação ao pequeno período de observação disponível (SOUZA, 1993).

Segundo PRUSKI et al (2003), a determinação de tal relação exige exaustivo trabalho de tabulação, análise e interpretação de uma quantidade relativamente grande de pluviogramas. Considerando a dificuldade que representa a obtenção dos parâmetros das equações de chuvas intensas, PRUSKI et al (1997) desenvolveram um procedimento para a regionalização dos parâmetros da referida equação para amplas áreas de abrangência. Tal trabalho permitiu, posteriormente, o desenvolvimento do software PLUVIO 2.1 no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

## DESCOBERTAS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a morfometria: área, perímetro, comprimento axia (L), índice de compacidade (Kc), índice de conformação (Ic), rede de drenagem (Rd), densidade de drenagem (Dd) e declividade equivalente ( $I_{eq}$ ) das bacias de contribuição das represas 1 e 2.

Tabela 1 – Morfometria das bacias de contribuição da represas 1 e 2.

Bacia de Contrib.	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)	L (m)	Kc	Ic	Rd (m)	Dd (km.km <sup>-2</sup> )	$I_{eq}$
Represa 1	0,5517	9,732	1.729,5	1,20	0,017	3384,5	0,065	0,20
Represa 2	0,9030	15,616	2.602,9	1,45	0,013	5733,0	0,063	0,18

Tabela 2 apresenta a morfometria: área, perímetro, comprimento axia (L), índice de compacidade (Kc), índice de conformação (Ic), rede de drenagem (Rd), densidade de drenagem (Dd) e declividade equivalente ( $I_{eq}$ ) das bacias de contribuição da reserva.

Tabela 2- Morfometria da bacia de contribuição da reserva.

Bacia de Contrib.	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	L (m)	Kc	Ic	Rd (m)	Dd (km.km <sup>-2</sup> )	$I_{eq}$
B. C. da Reserva	1,3302	20,055	6.358,3	1,54	0,033	44724232,0	3,362	0,54

A equação de intensidade, duração e frequência da precipitação para a cidade de Mangaratiba-RJ, obtida pelo software PLUVIO 2.1, é expressa por:

$$I = \frac{1.101,702 \times T^{0,2423}}{(t + 48,7015)^{0,6884}} \dots\dots\dots(7)$$

A partir da equação de chuva intensa foram confeccionadas as curvas IDF (intensidade-duração-frequência) para Mangaratiba, RJ, conforme Figura 3.

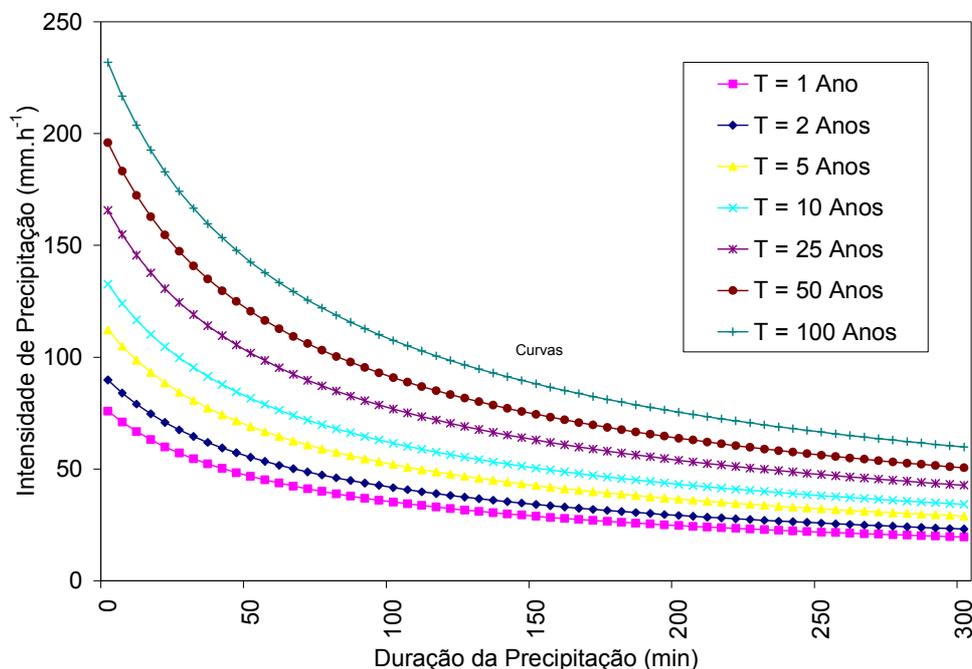


Figura 3 - Curvas IDF para Mangaratiba, RJ.

## CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, pode-se concluir que os parâmetros morfométricos obtidos serão instrumentos para a realização de um manejo adequado das bacias de contribuição estudadas.

## REFERENCIAS

- GOLDENFUM, J.A.; TUCCI, C.E.M. **Hidrologia de águas superficiais**. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1996. 128p.
- PENNA F. M. **Avaliação das disponibilidades hídricas de superfície - Bacia do Alto Rio Verde**. CPRM/Projeto Circuito das Águas: Belo Horizonte, 1995.
- PRUSKI, F.F.; CALIJURI, M.L.; BHERING, E.M.; SILVA, J.M.A. **Metodologia baseada no uso de sistemas de informações geográficas para a obtenção de equações de chuvas intensas em qualquer localidade do Estado do Paraná**. Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa, 5(3):254-265. 1997.
- PRUSKI, F.F.; BRANDÃO, V.S., SILVA, D.D. **Escoamento Superficial**. Viçosa: [s.n.], 2003. 87p.
- SILVA, D.D.; PINTO, F.R.L.P.; PRUSKI, F.F.; PINTO, F.A. **Estimativa e espacialização dos parâmetros da equação de intensidade-duração-frequência da precipitação para os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo**. Revista Engenharia Agrícola, SBEA. Joticabal, SP, 18(3):11-21, 1999.

SILVA, J.M.A **Modelo hidrológico para o cálculo do balanço hídrico e obtenção do hidrograma de escoamento superficial em bacias hidrográficas: desenvolvimento e aplicação.** UFV, Viçosa – MG. 2003, 137p.

SOUZA, S. M. T. **Deflúvios superficiais no estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: HIDROSISTEMAS, 1993. 264p.

TUCCI, C.E.M. **Escoamento superficial.** In: TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH-EDUSP, 2000. 943p.

WERTHEIN Woodruff, D. S. 2002. **Declines of biomes and biotas and the future of evolution** PNAS.98:5471–5476