



CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE FAÉ, CEARÁ, BRASIL

Samara Alves de Souza¹, Francisco Dirceu Duarte Arraes², Mairton Gomes da Silva³, Maria Janaína Carneiro de Mendonça¹, Wedman de Lavor Vieira¹

¹Graduanda em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE Campus Iguatu. e-mail: sawarah10@gmail.com, janaina_tid@yahoo.com.br, wedmanifce@hotmail.com

²Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Eng. Sistemas Agrícolas – ESALQ/USP. e-mail: dirceuarraes@gmail.com

³Tecnólogo em Irrigação em irrigação e Drenagem, IFCE Campus Iguatu. e-mail: mairtong@hotmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi determinar e avaliar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica que contribui para o abastecimento do açude Faé, localizado no município de Quixelô, na bacia do Alto Jaguaribe no Estado do Ceará, Brasil. A metodologia baseou-se no uso dos dados de altitudes obtidos a partir da missão SRTM e Softwares especializados, nesse estudo o Idrisi, sendo possível calcular os diversos índices morfométricos. A área de drenagem encontrada foi de 309,00 Km² e o Perímetro, de 87,86 Km. A bacia hidrográfica do rio Faé não possui forma circular, possuindo, portanto, uma tendência de forma alongada, coeficiente de compacidade de 1,40, Fator de forma 0,28 e Índice de circularidade de 0,50. A densidade de Drenagem obtida para a bacia foi de 0,90 Km/Km². Esta bacia possui capacidade suficiente de armazenar água sem haver perda por percolação ou drenagem devido a sua forma.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, morfométrica e hidrologia.

1. INTRODUÇÃO

Bacias hidrográficas são definidas como áreas nas quais a água drena para um único ponto de saída. Todos os corpos d'água que nascem nas cabeceiras de uma bacia fluem para a seção de controle ou exutório da bacia. Portanto, consiste de uma área na qual ocorre o escoamento (drenagem) da água, a partir de limites geográficos conhecidos como divisores de água com direcionamento do fluxo para a seção de controle (CHRISTOFOLETTI, 1980; VILLELA & MATTOS, 1975). Nas aplicações da equação do balanço hídrico em que o volume de controle é a bacia hidrográfica, o volume da água precipitada corresponde à quantidade de entrada, enquanto que a saída é a soma do volume de água escoado pela seção exutória com os volumes correspondentes às perdas intermediárias decorrentes da evaporação e transpiração.

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é uma função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros), as características climáticas de uma bacia hidrográfica e do tipo de cobertura vegetal (LIMA, 1976). Deste modo, as características físicas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando dentre outras: a infiltração, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e o sub-superficial (TONELLO, 2005).

Segundo Antonelli e Thomaz (2007), a combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais. Destaca-se também sua importância nos estudos sobre vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas.

Com este trabalho objetivou-se determinar e avaliar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica que contribui para abastecer o açude Faé, localizado no município de Quixelô, na bacia do Alto Jaguaribe no Estado do Ceará, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da área de estudo



O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Riacho do Faé, localizado no município de Quixelô- CE, que contribui para o açude Faé também localizado no mesmo município. A bacia hidrográfica do Riacho do Faé, situa-se nas coordenadas E: 475.922 e N: 9.319.162 (Figura 1).

A precipitação média histórica do município fica em torno de 806,5 mm, segundo dados da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia, e Recursos Hídricos), coletados no posto Quixelô (numero do posto).

Para realização desse estudo, utilizaram-se dados SRTM com resolução espacial de 92 metros, copiados da rede mundial de computadores diretamente do endereço <http://srtm.usgs.gov/data/obtainingdata.html>. O sobrevôo da SRTM ocorreu no período de 11 a 22 de fevereiro de 2000, durante o qual foram percorridas 16 órbitas por dia, num total de 176 órbitas (VALERIANO, 2004).

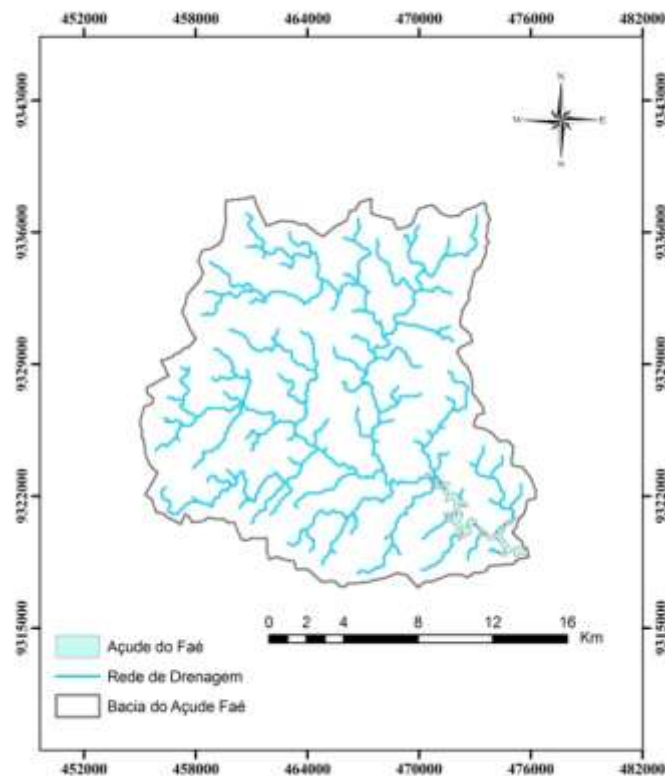


Figura 1 - Mapa com a localização da bacia do açude Faé, Quixelô - CE

2.2. Morfometria da Bacia Hidrográfica

De posse da delimitação da área da bacia, obtiveram-se diferentes características físicas, como: área da bacia (A), perímetro (P), coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic), declividade média do canal principal (S1), altitude, densidade de drenagem (Dd), Extensão Média de Escoamento Superficial (I), Sinuosidade do Curso de Água (Sin), e ordem dos cursos d'água. Utilizou-se o software IDRISE, todo o procedimento foi realizado no Laboratório de Geoprocessamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), campus Iguatu.

2.3. Coeficiente de Compacidade ou Índice de Compacidade: O coeficiente de compacidade (Kc) relaciona a forma da bacia com a de um círculo, constituindo a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área igual à da bacia. O Kc foi determinado baseado na seguinte equação:



$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad [\text{Eq. 1}]$$

em que: Kc o coeficiente de compacidade, P o perímetro (m) e A área de drenagem (m²).

2.4. Fator de Forma ou Índice de Conformação: Fator de forma (Kf) é a relação entre a área da bacia e o quadrado do comprimento axial da bacia, medido ao longo do curso de água, da desembocadura ou seção de referência à cabeceira mais distante, no divisor de águas. O fator de forma foi determinado, utilizando-se a seguinte equação:

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad [\text{Eq. 2}]$$

em que: Kf é o fator de forma e L o comprimento do eixo da bacia (m).

2.5. Índice de Circularidade: 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. Para isso, utilizou-se a seguinte equação:

$$Ic = 12,57 \frac{A}{P^2} \quad [\text{Eq. 3}]$$

em que: IC é o índice de circularidade e P o perímetro (m).

2.6. Densidade de Drenagem: A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. O cálculo da densidade de drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). O índice foi determinado utilizando a equação:

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{A} \quad [\text{Eq. 4}]$$

em que: Dd é a densidade de drenagem (km km⁻²); Li comprimento total de todos os canais (km) e n é o número de cursos d'água na bacia.

2.7. Extensão Média de Escoamento Superficial: Representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis independentes mais importantes, que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

$$I = \frac{A}{4L} \quad [\text{Eq. 5}]$$

Em que: I Extensão Média de Escoamento Superficial e L o comprimento do rio principal (km).

2.8. Sinuosidade do Curso de Água: A sinuosidade de um determinado curso d'água pode ser mensurada mediante a relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento do talvegue, sendo fator controlador da velocidade do escoamento.

$$Sin = \frac{L}{L_t} \quad [\text{Eq. 6}]$$

em que: L é o comprimento do rio principal e Lt é o comprimento de um talvegue.

2.9. Declividade média do canal principal: A declividade do álveo pode ser obtida de diferentes modos. Para rios que apresentam um perfil longitudinal razoavelmente uniforme, a declividade entre



extremos, S_1 , é uma boa estimativa da sua declividade. A declividade entre extremos é obtida dividindo-se diferença entre as cotas máxima (cabeceira) e mínima (foz) do perfil pelo comprimento do rio:

$$S_1 = \frac{Z_{cabeceira} - Z_{foz}}{L} \quad [\text{Eq. 7}]$$

em que: S_1 é a declividade média dos canais, m/m; $Z_{cabeceira}$ é a altitude na cabeceira, m; Z_{foz} é a altitude na foz, m.

Existem, ainda, outras medidas mais representativas da declividade de um rio. Uma possibilidade é o método da declividade S_{10-85} , pelo qual a declividade é obtida a partir das altitudes a 10% e 85% do comprimento do rio, comprimento este medido a partir da sua foz. Para a avaliação das altitudes, os dois pontos são marcados no mapa topográfico e suas cotas são determinadas por interpolação a partir das curvas de nível disponíveis. Avaliadas as duas altitudes, a diferença é dividida por 75% do comprimento do rio principal:

$$S_{10-85} = \frac{Z_{85\%} - Z_{10\%}}{0,75L} \quad [\text{Eq. 8}]$$

em que: S_{10-85} é a declividade média do canal, m/km; $Z_{10\%}$ é a altitude a 10% do comprimento do curso principal, partindo da nascente, m; $Z_{85\%}$ é o comprimento do curso principal, partindo da nascente, m; : cota a 90% do comprimento do curso principal, partindo da nascente, m.

2.10. Declividade e Altitude: Para confecção da curva de distribuição das declividades, o mapa de classes de altitudes, foi transformado em um mapa de declividade em m/m. Posteriormente foram quantificadas, formando uma base descritiva das declividades da Bacia em seguimentos de área. Com esses dados foi plotada a curva da distribuição das declividades na Bacia. Outra curva construída capaz de descrever características do relevo foi a curva hiposométrica da bacia, que é representação gráfica do relevo médio da mesma. Representa a variação da elevação dos vários terrenos da bacia.

A declividade do terreno é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância que os separa. As classes de declividade geradas neste tema foram reclassificadas em seis intervalos distintos sugeridos pela Embrapa (1979). O software foi utilizado foi o IDRISI-Andes para a geração do mapa de declividade e da altitude.

2.11. Ordem dos canais: A ordem dos cursos d'água pode ser determinada seguindo os critérios introduzidos por Horton (1945) e Strahler (1957). Utilizou-se neste trabalho a classificação apresentada por Strahler, em que os canais sem tributários são designados de primeira ordem. Os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente (SILVEIRA, 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de drenagem encontrada na bacia do açude Faé foi de 309 Km² e seu perímetro de 87,86 Km (Tabela 1). De acordo com a Tabela 1, pode-se afirmar que a bacia hidrográfica do rio Faé mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, excluindo-se eventos de intensidades anormais, pelo fato de o coeficiente de compacidade apresentar o valor afastado da unidade (1,3994) e, quanto ao seu fator de forma, exibir um baixo valor (0,2837). Assim, há uma indicação de que a bacia não possui forma circular, possuindo, portanto, uma tendência de forma alongada. Tal fato pode ainda ser comprovado pelo índice de circularidade, possuindo um valor de 0,5031. Em bacias com forma circular, há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal.



Tabela 1- Características físicas da bacia hidrográfica do rio Faé

Características Físicas	Valor
Área de drenagem (Km ²)	309,00
Perímetro (Km)	87,86
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,40
Fator de Forma (Kf)	0,28
Índice de circularidade (Ic)	0,50
Densidade de drenagem (Km/ Km ²)	0,90
Ordem da bacia	4,00
Sinuosidade do curso d'água	1,68
Declividade canal principal (m/Km)	4,12

A densidade de drenagem encontrada na bacia hidrográfica do rio Faé foi de 0,9035 Km Km². De acordo com Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 Km Km² em bacias com drenagem pobre e em bacias bem drenada o valor igual ou maior que 3,5 Km Km². Indicando, assim, que a bacia em estudo possui baixa capacidade de drenagem.

O sistema de drenagem da bacia em estudo possui ramificação de quarta ordem, o que significa uma razoável ramificação para escala do mapa utilizado. Tendo em vista que, nesse trabalho não foi considerado a escala do mapa para a geração da rede de drenagem e sim o valor de fluxo acúmulo for maior ou igual ao valor mínimo determinado, recebem valores que identificam a passagem de um curso de água (Threshold) que a partir da grade de acúmulo de água, determina-se o valor mínimo de acúmulo para se originar um curso de água. Segundo Mendes e Cirilo (2001), este valor mínimo do Threshold depende da MNT, bem como dos objetivos do trabalho. Usou-se um valor de 100 para o "threshold". Porém, de acordo com Costa (2008), a determinação da acumulação de fluxo (threshold) é utilizada por vários autores como um valor atribuído sem um argumento comprovado, simplesmente com uma revisão de literatura que, geralmente, não considera uma base cartográfica oficial, podendo ocasionar erros na caracterização de mal dimensionamento hidrológico.

A bacia do Faé apresentou um valor do índice de sinuosidade de 1,68. Este índice expressa a relação entre o comprimento verdadeiro do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois extremos do canal principal. Valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo. Já os valores superiores a 2,0 sugere m canais tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é influenciado pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (LANA et al., 2001). Portanto, o canal principal da bacia em estudo pode ser classificado com intermediário para esse índice.

A distribuição das declividades ao longo da Bacia do açude (Figura 2), sendo que nessa área em questão, pode ser observado que as declividades de maior valor se concentram em uma pequena área. No restante da bacia a declividades tem baixo valor. Estas informações são preciosas para aferir sobre a velocidade de escoamento, consequentemente definir melhor o manejo da área em função da erosão. A bacia em estudo apresentou um valor médio de declividade de 0,045 m m⁻¹.

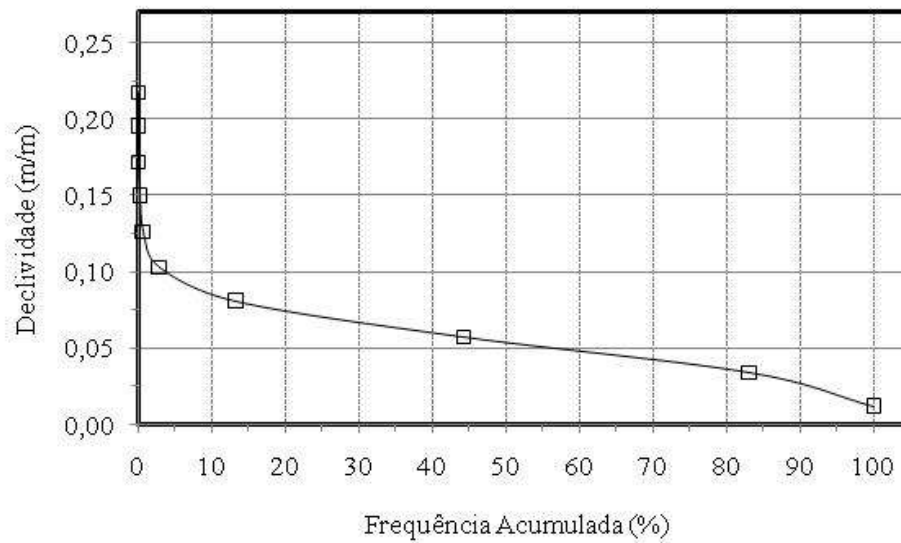


Figura 2 - Curva de distribuição de declividades

Através da análise da curva hipsométrica indica que as maiores altitudes da bacia se concentram em uma pequena área (Figura 3). A bacia do açude Faé apresentou um valor médio de altitude aproximadamente de 302 m. A variação da altitude e a elevação média da bacia são importantes pela influência que exerce, sobre a precipitação, sobre as perdas d'água por evaporação e transpiração e consequentemente, sobre o deflúvio médio.

Grandes variações da altitude numa bacia acarretam diferenças significativas na temperatura média, a qual por sua vez, causa variações na evapotranspiração. Mais significativas são as possíveis variações de precipitação anual com a elevação. De acordo com Castro Júnior (2001), em altitudes elevadas, a temperatura é baixa, e apenas pequena quantidade de energia é utilizada para evaporar a água, ao passo que, em altitudes baixas, quase toda a energia absorvida é usada para evaporação da água.

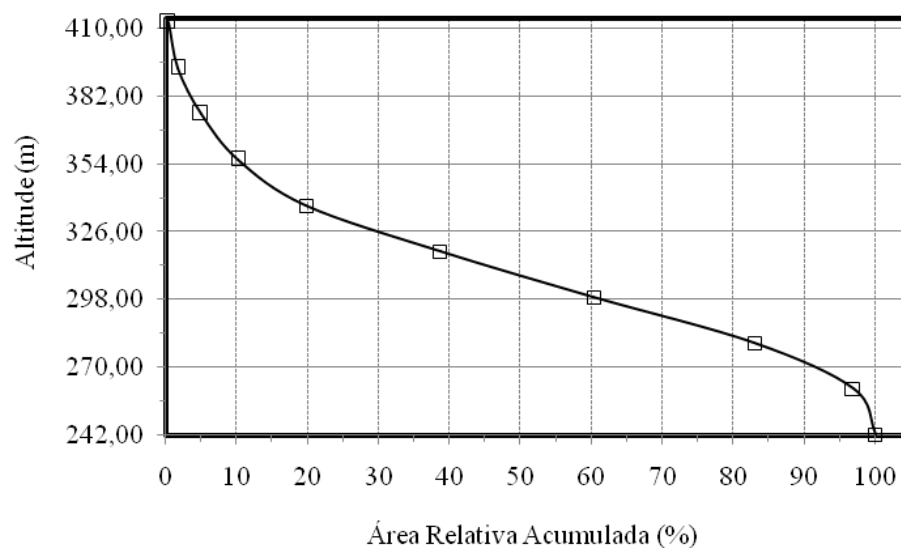


Figura 3 - Curva Hipsométrica de altitude (m)



Na Tabela 2, apresentam-se as informações quantitativas associadas à declividade do terreno da bacia. Observa-se que a maior parte do relevo predominante corresponde a classe forte ondulado, com 66,18 %. A declividade influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, sobretudo devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial, reduzindo a possibilidade da infiltração de água no solo.

Tabela 2 - Distribuição das classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Faé

Declividade (%)	Relevo	Área (Km ²)	%
0 – 3	Plano	85,14	27,2
3 – 8	Suave ondulado	207,14	66,18
8 – 20	Ondulado	20,62	6,59
20 – 45	Forte ondulado	0,0094	0,003

6. CONCLUSÕES

A bacia não possui forma circular, possuindo, portanto, uma tendência de forma alongada.

Esta bacia possui capacidade suficiente de armazenar água sem haver perda por percolação ou drenagem devido a sua forma.

AGRADECIMENTOS

O segundo autor agradece a CAPES pela concessão de bolsa de doutorado e os demais autores agradecem a FUNCAP pela bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 46-58, jun. 2007.

CASTRO JÚNIOR., E. **O papel da fauna endopedônica na estruturação física dos solos e o seu significado para a hidrologia de superfície**. 2001. 150f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blucher, 2a. edição, 1980.

COSTA, C. A. G. **Avaliação dos dados SRTM através de análise altimétrica e morfométrica de bacias hidrográficas no Semi-Árido**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2008.

HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**, v. 56, p. 807-813, 1945.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P.T.A. Análise Morfométrica da Bacia do Rio do Tanque, MG-BRASIL. **REM**. Ouro Preto-MG, 2001, Vol 54(2), p. 121-126.

LIMA, W.P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.

MENDES, C. A. B., CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, Integração e Aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001. cap. 2. p. 57-111.

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.



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

TONELLO, K. C. **Análise Hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões, MG**. 2005. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

VALERIANO, M. M.; GARCIA, G. J. **The estimate of topographical variables for soil erosion modelling through geoprocessing**. International Congress of Photogrammetry and Remote Sensing, 33. Amsterdam, 2000. International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing. Amsterdam: ISPRS, 2000, v.33, part B, p.678-685.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.