

Avaliação de métodos de delimitação automática de sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Manso-MT a partir de MDE

Anny Keli Aparecida Alves Cândido¹

Jeater Waldemar Maciel Correa Santos²

¹Av. Alemanha, quadra 15, casa 13, Jardim Europa, Cep. 78735-806
Rondonópolis – MT, Brasil, anny.keli@hotmail.com.

²Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Universitário de Rondonópolis
Instituto de Ciências Humanas e Sociais / Departamento de Geografia
MT-270, Km 06 - Bairro Sagrada Família CEP 78735-910, jeater@ufmt.br.

Abstract. Monitoring of watersheds is one of the main ways of studying the wanted and unwanted changes that occur in water resources (RENNÓ, 2004), it is such that watersheds are under protection of Federal Law nº 9.433/97 as a basic unit for their management. So, the aim of this research is to limit automatically starting from an MDE the sub-basins of second and fourth-order rivers in the watershed of the Manso River in MT and compare the representativeness of the rates that characterize the dynamics of their hydrological functioning to each order. The extraction and organization of the drainage network, as well as the limitation of the sub-basins were carried out through the use of an SIG based on a TOPODATA digital elevation model (VALERIANO, 2008). The most relevant results show 44 sub-basins for second-order rivers and 11 for fourth-order ones and, on the whole, these sub-basins present low density of drainage and low frequency of rivers, rates that favor infiltration in normal conditions of precipitation. It possesses a tendency to extended form and it is little susceptible to floods in normal conditions of precipitation. Some of the basin hydrological functioning rates (such as T, Dd, kC, Kf) displayed results significantly distinct among the fourth and second-order sub-basins. Thus, the conclusion indicates that the level of fragmentation of the watershed area of Rio Manso influenced significantly their hydrological functioning.

Keywords: Manso River Basin, Sub-basins, Digital Elevation Model (DEM), Bacia do Rio Manso, sub-bacias, Modelo de Elevação Digital

1. Introdução

Bacia hidrográfica é definida por Lima (1996) como um espaço que compreende toda a área de captação natural da água da chuva que proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários, onde o limite superior é o divisor de águas e o inferior é a saída da bacia chamada confluência.

A delimitação em nível de sub-bacias facilita a compreensão das peculiaridades das regiões de estudo do ponto de vista de monitoramento, garantindo melhor visualização da realidade territorial, o que contribui para a definição de parâmetros com vistas à ampliação da rede amostral. Gomes e Lobão (2009) ressaltam que a importância da delimitação de bacias hidrográficas recai principalmente na questão do direcionamento do estudo proposto e, ainda, de sua escala de trabalho, necessitando muitas vezes de adaptações no que se refere aos critérios de delimitação definidos na literatura.

Alves Sobrinho et al (2010) utilizaram delimitação automática de bacias hidrográficas por meio de processamento de dados do SRTM em ambiente SIG devido ao custo e o benefício proporcionado. Os autores ressaltam ainda que tal método estabelece padronização do traçado e posterior minimização de conflitos quanto à fixação da unidade elementar de gestão dos recursos hídricos.

Segundo Rennó (2004) o monitoramento das bacias hidrográficas é uma das principais maneiras de estudar as mudanças desejáveis e indesejáveis que ocorrem com os recursos hídricos. O autor diz ainda que para ajudar a entender o impacto das mudanças no uso e cobertura da terra e prever alterações futuras nos ecossistemas está sendo cada vez mais utilizado o modelo hidrológico, que é uma representação matemática do fluxo de água e seus constituintes sobre a superfície terrestre.

Lima (1996) resalta que para compreender as inter-relações existentes entre esses fatores de forma e os processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica, torna-se necessário expressar as características da bacia em termos quantitativos.

Segundo Oliveira e Santos (2009) grande parte da bacia do rio Manso é ocupada por lavouras e pastagens deixando o solo mais vulnerável aos processos erosivos, tal índice também foi confirmado na carta de perdas de solos produzida por Cândido e Santos (2009), que aponta grau de erosão muito alto (acima de 200 T. há⁻¹ano⁻¹) nos relevos residuais e nas escarpas no contato do planalto com a depressão nessa bacia.

Assim, devido a esse quadro de fragilidade ambiental verificado pelas pesquisas já realizadas na bacia do Manso, considera-se necessário a realização de estudos que objetivem métodos de análises morfométricas de bacias hidrográficas de modo a contribuir para o entendimento da dinâmica do funcionamento hidrológico da mesma.

2. Objetivo

O objetivo desse trabalho foi delimitar automaticamente as sub-bacias dos rios de segunda e quarta ordem da bacia hidrográfica do rio Manso-MT a partir de um MDE e verificar se os valores dos índices que caracterizam a dinâmica do funcionamento hidrológico da bacia apresentam resultados distintos para os dois métodos de delimitação de sub-bacias.

3. Material e Métodos

A bacia hidrográfica do rio Manso possui uma área de aproximadamente 11.000 Km² e está localizada entre as coordenadas geográficas 14°32'00" e 15°40'00"S e 56°15'00" e 54°35'00"W, abrangendo áreas dos territórios de sete municípios: Acorizal, Campo Verde, Chapada dos Guimarães, Cuiabá, Nova Brasilândia, Planalto da Serra e Rosário Oeste

(Figura 1). O rio Manso é um dos principais formadores do rio Cuiabá que por sua vez é afluente da margem esquerda do rio Paraguai, e desta forma participa de modo significativo do sistema hidrológico que da origem as águas da bacia do Alto Paraguai/Pantanal.

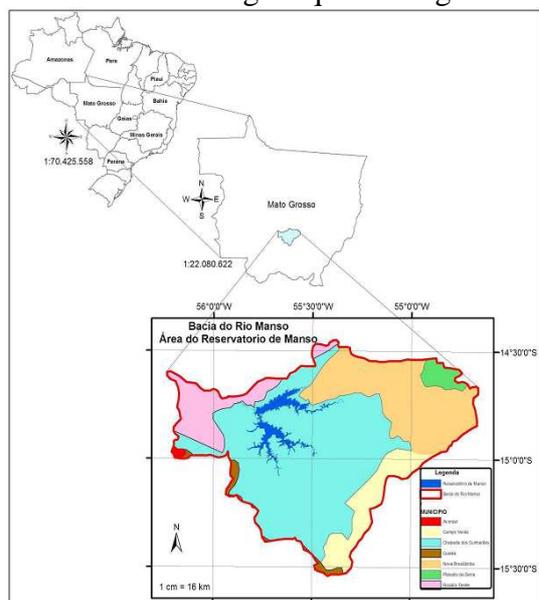


Figura 01 – Localização do Reservatório de Manso-MT

para gerar os “mapas de direção e acumulação de fluxo” foi necessário primeiro converter o MDE para o formato GRID. O próximo passo foi eliminar todas as depressões indevidamente geradas ao converter o MDE para GRID, pois de acordo com Vieira et al. (2005), estas depressões impedem ou desviam o escoamento superficial o que acarretaria em uma delimitação errônea das bacias de contribuição.

Com o MDE no formato GRID e as depressões corrigidas, foi possível gerar os mapas contendo as direções de fluxo e o fluxo acumulado, através do módulo de análise hidrológica do SIG ArcGis. O mapa de fluxo acumulado foi classificado e as drenagens acima de 3000 foram extraídas. O valor 3000 é um limite arbitrário adotado nesse estudo que se refere ao número mínimo de células do terreno necessárias para gerar células de drenagem.

Posteriormente as redes de drenagens foram ordenadas pelo método de Strahler (1952) a fim de possibilitar a individualização dos canais ou segmentos de rios existentes, pois segundo Hott e Furtado (2005) as confluências de afluentes e tributários podem criar segmentos indesejáveis. O próximo passo foi converter a rede de drenagem para o formato vetorial.

O método empregado para delimitação automática do limite da bacia do Manso e suas sub-bacias foi de acordo com a ordem da hierarquia fluvial com base na proposta de classificação de Strahler (1952). Optou-se por gerar sub-bacias nos rios de segunda ordem e dos rios de quarta ordem ou superiores visando atender estudos que requerem avaliação espacial ampla e/ou minuciosa.

Para realização desse procedimento foram utilizados o mapa de direção de fluxo e o de fluxo acumulado e pontos que foram gerados no final de cada curso d’água de Segunda ordem. Esses pontos foram gerados automaticamente através da ferramenta “*feature vertices to points*” do SIG ArcGis.

Em seguida foi delimitada a Bacia do Manso juntamente com suas subdivisões através do Menu “*Hydrology*” na ferramenta “*Watershed*” e para as sub-bacias de quarta ordem repetiu-se o mesmo procedimento.

Posteriormente utilizando recursos do SIG foram calculados alguns parâmetros físicos tais como: área, perímetro, comprimento das redes de drenagens, número de segmentos dos

O modelo digital de elevação (MDE) utilizado para a extração automática das redes de drenagens da bacia do rio Manso foi obtido no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e é fruto de um projeto chamado TOPODATA (As cartas utilizadas referente à área da bacia do Rio Manso foram: 14_555ZN.tif, 14_57_ZN.tif, 15_555ZN.tif, 15_57ZN.tif) no qual dados da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) referentes ao Brasil foram refinadas de ~90m para ~30m através de interpolação por Krigagem (VALERIANO, 2008), e está disponível no endereço: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>.

Para a extração das redes de drenagem o MDE TOPODATA passou por diversos tratamentos realizado com o SIG ArcGis. Assim,

rios para todas as sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Manso, e tais dados foram à base para diversos cálculos para determinar alguns parâmetros físicos (**Tabela 1**).

Tabela 1. Características morfométricas avaliadas nas sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Manso

<i>Característica morfométrica</i>	<i>Descrição</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Fonte</i>
Dd - Densidade de drenagem	Relação entre o comprimento da rede de drenagem (Cr) e a área da bacia (A)	$Dd = Cr / A$ (Km/km ²)	Horton (1945)
F - Frequência de rios	Relação entre o número de segmentos de rios (Nt) e a área da bacia (A)	$F = Nt / A$ (N°/km ²)	Horton (1945)
T - Razão de textura	Relação entre o número de segmentos de rios (Nt) e o perímetro da bacia (P)	$T = Nt / P$ (N°/km)	França(1968); Smith (1950)
Kf - Fator de forma	Relação entre a área da bacia (A) e o comprimento do eixo da bacia (L).	$Kf = A / L^2$ (m ² /m)	Horton (1945)
Kc - Coeficiente de compacidade	Relação entre o perímetro P da bacia e a área da bacia A.	$Kc = 0,28(P/\sqrt{A})$ (m/m ²)	Lima (1969)

Legenda: A – área; P – perímetro; Dd – densidade de drenagem; F – frequência de rios; T – razão de textura; Kf – fator forma; Kc – coeficiente de compacidade;

4. Resultados e Discussão

A bacia hidrográfica do Rio Manso possui 10.785,1 km² de área e 687,7 km de perímetro, 2099 segmentos de rios, formando uma rede de drenagem de 4806,7 km e o seu rio principal possui uma extensão de 258 km.

Conforme se pode observar na **Figura 2**, A hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do rio Manso é de ordem 6 e o padrão de drenagem predominante nessa bacia é do tipo dendrítico como também foi verificado por Andrade (2008). Esse tipo de drenagem é bem ramificado e se assemelha a uma árvore, e desenvolve-se em terrenos com predomínio de rochas mais resistentes.



Figura 2. Distribuição da hierarquia da rede de drenagem na área da bacia do rio Manso.

De acordo com Pinheiro (2003) a hierarquização de uma bacia fornece indícios do grau de desenvolvimento de um determinado sistema de drenagem, e quanto maior a hierarquia da rede de drenagem, maior a complexidade hidrológica, ou seja, maior extensão dos canais, melhores são as condições de receber consideráveis volumes dos fluxos superficiais.

A delimitação das sub-bacias de acordo com a hierarquia de Strahler (1952) resultou em 44 sub-bacias de segunda ordem (**Figura 3**) e 11 sub-bacias de quarta ordem (**Figura 4**), procedimento realizado para analisar se ocorre grandes diferenças entre os índices de funcionamento hidrológico calculados para as duas propostas de definição de sub-bacias, e avaliar até que ponto é necessário subdividi-las.

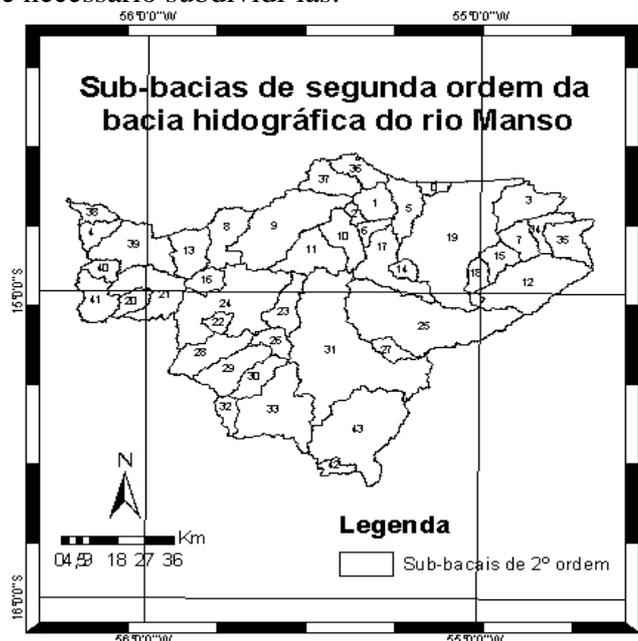


Figura 3. Sub-bacias dos rios de segunda ordem da bacia hidrográfica do Rio Manso



Figura 4. Sub-bacias dos rios de quarta ordem da bacia hidrográfica do Rio Manso

De acordo com Villela e Mattos (1975) apud Andrade (2008), o índice de densidade de drenagem pode variar de 0,5 Km/Km² em bacias pobres em drenagem a 3,5 km/km² ou mais em bacias bem drenadas. Em geral as sub-bacias do rio Manso (tanto de 2ª como de 4ª ordem) possuem baixa densidade de drenagem (Dd) com índices variando de 0,41 a 0,48 km/km² nas sub-bacias de segunda ordem (**Tabela 2**) e de 0,31 a 0,52 km/km² nas de quarta ordem (**Tabela 3**) e baixa

freqüência de rios (F), por este motivo, em condições naturais tais características favorecem a infiltração.

Tabela 2. Morfometria das sub-bacias de segunda ordem da bacia hidrográfica do rio Manso

Sub-bacias de 2ª ordem	Parâmetros						
	A - km ²	P - km	Dd - km/km ²	F - n°/Km ²	T- n°/km	Kf - m/m ²	Kc - m/m ²
0	39,1	33,3	0,35	0,20	0,24	0,01	1,48
1	136,2	54,9	0,43	0,15	0,39	0,01	1,31
2	32,6	32,4	0,42	0,21	0,22	0,04	1,58
3	233,8	84,8	0,43	0,20	0,54	0,01	1,55
4	89,0	52,5	0,32	0,13	0,23	0,02	1,55
5	176,1	79,5	0,43	0,20	0,44	0,01	1,67
6	54,7	45,2	0,31	0,11	0,13	0,04	1,71
7	116,7	54,5	0,40	0,21	0,44	0,04	1,41
8	220,8	93,3	0,45	0,18	0,43	0,02	1,75
9	559,3	138,0	0,52	0,20	0,82	0,01	1,63
10	174,5	74,9	0,44	0,17	0,39	0,02	1,58
11	248,3	89,6	0,46	0,22	0,61	0,02	1,59
12	462,1	118,2	0,44	0,18	0,71	0,01	1,53
13	185,4	71,7	0,39	0,18	0,47	0,04	1,47
14	51,4	32,0	0,46	0,19	0,31	0,16	1,25
15	102,8	54,9	0,46	0,18	0,35	0,07	1,51
16	86,3	43,2	0,47	0,24	0,49	0,09	1,30
17	275,3	116,0	0,47	0,17	0,41	0,02	1,95
18	89,4	54,8	0,49	0,18	0,29	0,06	1,62
19	986,1	193,7	0,43	0,18	0,92	0,01	1,72
20	77,0	44,5	0,48	0,19	0,34	0,08	1,42
21	293,5	114,3	0,48	0,20	0,52	0,04	1,86
22	48,6	33,6	0,52	0,16	0,24	0,23	1,35
23	158,7	78,4	0,49	0,23	0,46	0,04	1,74
24	622,5	184,7	0,43	0,22	0,73	0,01	2,07
25	848,7	184,5	0,41	0,19	0,89	0,01	1,77
26	90,9	52,2	0,37	0,17	0,29	0,16	1,53
27	69,6	49,1	0,50	0,16	0,22	0,10	1,64
28	225,9	88,7	0,46	0,21	0,53	0,03	1,65
29	215,6	79,2	0,47	0,13	0,37	0,05	1,51
30	130,2	63,2	0,42	0,16	0,33	0,06	1,54
31	1198,0	260,3	0,44	0,20	0,90	0,01	2,10
32	71,6	44,1	0,42	0,24	0,39	0,16	1,45
33	490,8	133,3	0,43	0,20	0,75	0,03	1,68
34	90,7	71,1	0,46	0,20	0,25	0,12	2,08
35	177,6	76,1	0,47	0,17	0,39	0,11	1,59
36	120,8	64,9	0,39	0,22	0,40	0,09	1,65
37	163,5	70,3	0,45	0,19	0,44	0,10	1,53
38	74,9	54,5	0,48	0,16	0,22	0,16	1,76
39	334,5	114,9	0,45	0,19	0,56	0,06	1,75
40	69,7	42,4	0,46	0,14	0,24	0,25	1,42
41	176,5	79,7	0,42	0,22	0,49	0,10	1,67
42	47,6	42,6	0,38	0,08	0,09	0,31	1,72
43	666,1	148,1	0,42	0,20	0,88	0,03	1,60

A razão de Textura (T) representa o grau de entalhamento e dissecação da superfície da bacia, e de acordo com Smith (1950) ela pode ser classificada como fina ($T > 6,2$), média ($2,5 < T < 6,2$) e grosseira ($T < 2,5$). De acordo com essa classificação as sub-bacias do Manso estão inseridas na classe grosseira com índices nas sub-bacias de quarta ordem (**Tabela 3**) variando de 0,47 n°/km na Caiana a 1,17 n°/km na sub-bacia Quilombo e em relação às subdivisões de segunda ordem (**Tabela 2**) esse índice varia de 0,09 n°/km na sub-bacia 42 a 0,92 n°/km na sub-bacia 19.

Tabela 3. Morfometria das sub-bacias de quarta ordem da bacia hidrográfica do rio Manso

Sub-bacias de 4ª ordem	Parâmetros						
	A - km ²	P - km	Dd - km/km ²	F - n°/Km ²	T- n°/km	Kf - m/m ²	Kc - m/m ²
Baixo Manso	1086,5	264,1	0,45	0,19	0,79	0,23	2,24
Médio Manso	1509,0	355,3	0,48	0,19	0,82	0,25	2,56
Palmeira	607,8	149,1	0,44	0,20	0,83	0,28	1,69
Finca Faca	846,9	163,8	0,44	0,18	0,93	0,33	1,57
Cavalos	836,6	184,1	0,44	0,18	0,84	0,32	1,78
Cabras	237,0	83,0	0,43	0,21	0,61	0,38	1,51
Mutum	375,7	98,7	0,46	0,19	0,73	0,50	1,42
Caiana	292,3	110,5	0,42	0,18	0,47	0,32	1,81
Sub-Casca	2230,5	415	0,43	0,20	1,05	0,24	2,46
Quilombo	1337,7	231,3	0,44	0,20	1,17	0,30	1,77
Roncador	1421,3	243,4	0,41	0,19	1,12	0,32	1,80

De acordo com Villela e Mattos (1975) uma bacia com fator forma (Kf) baixo é menos sujeita as enchentes que outra de mesmo tamanho, mas com o Kf maior. Outro índice que varia com a forma da bacia é o coeficiente de compacidade, quanto mais irregular for a bacia maior será o coeficiente de compacidade. O valor mínimo desse coeficiente é a unidade que corresponde a uma bacia circular e valores acima de 1 refere-se a bacias mais alongadas (VILLELA E MATTOS, 1975).

As sub-bacias do rio Manso são pouco susceptíveis a enchentes em condições normais de precipitação pelo fato dos baixos valores apresentados pelo fator forma (Kf), e pelos valores do coeficiente de compacidade (Kc) estar afastados da unidade. Nas sub-bacias de quarta ordem o Kc variou de 2,56 m/m² na sub-bacia Médio Manso à 1,42 m/m² na sub-bacia Mutum (**Tabela 3**) e nas de segunda ordem Kc varia de 1,25 m/m² na sub-bacia 14 a 2,10 m/m² na sub-bacia 31 (**Tabela 2**).

Por outro lado os índices analisados oscilaram muito entre as sub-bacias de quarta ordem em relação às de segunda ordem quando avaliados nas suas áreas correspondentes. Por exemplo, a sub-bacia Quilombo que possui índice Dd = 0,44, nas sub-bacias de segunda ordem (23, 26, 28, 29, 30, 32, 33) que estão localizadas nesse mesmo espaço, tal índice varia de 0,37 km/km² a 0,49 km/km² nas sub-bacias 26 e 23 respectivamente.

De maneira geral as sub-bacias do rio Manso tanto de segunda ordem quanto de quarta ordem apresentam baixa densidade de drenagem e baixa frequência de rios, índices estes que favorecem a infiltração em condições normais de precipitação. A mesma possui uma tendência à forma alongada e é pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação devido aos baixos valores do fator forma (Kf) e o coeficiente de compacidade (Kc) estar afastados da unidade.

5. Conclusões

Com base nos resultados encontrados conclui-se que as sub-bacias do rio Manso apresentam baixa densidade de drenagem e baixa frequência de rios, índices estes que favorecem a infiltração em condições normais de precipitação. A mesma possui tendência à forma alongada e é pouco suscetível a enchentes, também em condições normais de precipitação.

A fragmentação da bacia em sub-bacias de segunda ordem gerou bacias com maiores índices de irregularidades do que fragmentação para sub-bacias de quarta ordem, comprovados pelo coeficiente de compacidade (Kc) acima de 1 e fator forma (Kf) baixos.

Os índices analisados oscilaram de modo significativo entre as sub-bacias segundo o nível de fragmentação adotado (quarta ou segunda ordem) quando confrontados para áreas correspondentes, revelando que para um mapeamento com maior a fragmentação do espaço da bacia altera-se de modo importante a precisão dos índices de funcionamento hidrológico que caracterizam o seu funcionamento.

Referências Bibliográficas

- Alves Sobrinho, T.; Oliveira, P. T. S.; Rodrigues, D. B. B. and Ayres, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**. [online]. 2010, vol.30, n.1, p. 46-57. ISSN 0100-6916. disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162010000100005&script=sci_arttext> acesso em 15 Ago. 2010.
- Andrade, N. L. R. et al; Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do Rio Manso – MT; **Geociências**. v. 27, n. 2, p.237-248, 2008. ISSN 0101-9082.
- Cândido A. K. A. A.; Santos J.W.M.C. Mapeamento das áreas com solos com alto potencial de erosão na área da bacia do rio Manso – MT- Brasil. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2, 2009, Corumbá-MS. **Anais...** Campinas:Embrapa; São José dos Campos:INPE, 2009. Artigo, p. 747-755. CD-ROM.
- França, G. V. Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicadas a solos da região de Piracicaba. 1968, 151p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Gomes, T. S.; Lobão, J. S. B.; Delimitação de sub-bacias a partir do uso de imagem SRTM/NASA: um estudo da Bacia do Rio Jacuípe-BA; In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 04., 2009, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 3841-3848. Disponível em:

<<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.02.13/doc/3841-3848.pdf>>. Acesso em: 20 Jul.2010.

Horton, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bull. Geol. Soc. Am.**, 56:275-370, 1945.

Hott, M. C.; Furtado, A. L. S.; Metodologia para a determinação automática de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas; **Embrapa Monitoramento por Satélite**, Documentos, 43; Campinas-SP, dez. 2005.

Lima, Walter de Paula. **Manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba:ESALQ. 1969. 242 p.

Lima, Walter de Paula; Análise física da bacia hidrográfica. In LIMA, Walter de Paula. **Introdução ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba:ESALQ, 1996. p.49-66.

Oliveira, T. D. S.; Santos; J. W. M. C.; Mapeamento da densidade dos rebanhos produzidos na bacia hidrográfica do rio Manso – MT; In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2, 2009, Corumbá-MS. **Anais...** Campinas:Embrapa; São José dos Campos:INPE, 2009. Artigo, p.935-943. CD-ROM.

Pinheiro, R. M. P. Sub-bacias hidrográficas do Alto Jaguaribe Ttauá-CE): vulnerabilidades ante a incidência de degradação / desertificação. 2003. 195 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Rennó, Camilo Daleles; Construção de um sistema de análise e simulação hidrológica: aplicação a bacias hidrográficas. 2004. 148 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

Smith, K.G. Standars for grading texture of erosional topography. **Am. J. Sci.**, 248:655-668, 1950.

Strahler, A.N. Hypsometric analysis of erosional topography. **Bull. Geol. Soc. Am.**, 63:1111-1141, 1952.

Valeriano, M. M.; Rossetti, D. F.; TOPODATA: seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados SRTM; São José dos Campos:INPE, 2008; Acesso em 05/02/2010; Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>.

Vieira, E. M.; Almeida, F. T.; Alves, M. G.; Uso do MDT e Bacias de contribuição (Watershed) na seleção de pontos para o monitoramento da contaminação agrícola; In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos:INPE, 2005. Artigo, p. 3427-3432; Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.22.05/doc/3427.pdf>>. Acesso em 15/03/2010;

Villela, S. M.; Mattos, A. Hidrologia aplicada. São Paulo:McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.