

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E PLUVIOMÉTRICA DA BACIA DO RIO MANSO – MT

Nara Luisa Reis de ANDRADE ¹, Fernanda Vieira XAVIER ¹,
Édina Cristina Rodrigues de Freitas ALVES ¹, Alexandre SILVEIRA ^{1,2},
Carlos Ueslei Rodrigues de OLIVEIRA ¹

- (1) Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT. Avenida Fernando Corrêa da Costa, s/n. Bloco de Pós-Graduação em Física Ambiental. CEP 78068-000. Cuiabá, MT. Endereços eletrônicos: naraluisar@gmail.com.br; nandavx@yahoo.com.br; ecrfa08@yahoo.com.br; carues@gmail.com
- (2) Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT. Avenida Fernando Corrêa da Costa, s/n. CEP 78068-000. Cuiabá, MT. Endereço eletrônico: alexandresilveira@ufmt.br

- Introdução
- Área de Estudo
- Caracterização Morfométrica da Bacia do Rio Manso
 - Sistema de Informação Geográfica
 - Área de Drenagem
 - Forma da Bacia
 - Coefficiente de Compacidade ou Índice de Gravelius
 - Fator de Forma
 - Índice de Circularidade
 - Sistema de Drenagem (Ordem)
 - Densidade de Drenagem
 - Padrão de Drenagem
 - Declividade do Curso d'Água Principal
- Precipitação Média na Bacia do Rio Manso
 - Método Aritmético
 - Método de Thiessen
- Resultados e Discussões
 - Tipos de Rios
 - Perfil Longitudinal e Declividade do Rio Manso
 - Precipitação Média na Bacia do Rio Manso
- Considerações Finais
- Agradecimentos
- Referências Bibliográficas

RESUMO – A gestão de bacias hidrográficas é um instrumento importante para a manutenção da qualidade e quantidade das reservas hídricas de um local, e o conhecimento de características fisiográficas é indispensável à gestão de bacias. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar morfometricamente a bacia hidrográfica do rio Manso, localizada nos municípios de Chapada dos Guimarães e Rosário Oeste-MT, e verificar a precipitação média na bacia por meio de diferentes métodos. Inicialmente, o Modelo Digital de Elevação (MDE) foi interpolado a partir de informações plani-altimétricas extraídas de mapas topográficos do IBGE, na escala 1:100.000, utilizando o módulo Tin do software ArcView. Baseado no MDE, foram calculados os parâmetros morfométricos para a bacia. A área de drenagem foi de 10.793,11 km² e o perímetro, de 532,66 km. O coeficiente de compacidade foi 1,43, o fator de forma 0,21, o índice de circularidade 0,48, remetendo a uma bacia de formato alongado e a densidade de drenagem 0,46 km/km². Os valores de precipitação média anual foram de 1526 mm pela média aritmética e 1482 mm pelo método de Thiessen. A forma alongada da bacia indica que a precipitação sobre ela cai de maneira pouco concentrada, sendo portanto pouco susceptível à enchentes/inundações.

Palavras-chave: morfometria, bacia hidrográfica, precipitação.

ABSTRACT – *N.L.R. de Andrade, F.V. Xavier, E.C.R. de F. Alves, A. Silveira, C.U.R. de Oliveira - Morphometric and pluviometric characterization of the Manso river watershed – MT.* Watershed management is an important tool for the maintenance of water resource quality and quantity, and the knowledge of physiographic characteristics is basic to the watershed management. The objective of the present paper is to conduct a morphometric characterization of the Manso River watershed, located inside the municipalities of Chapada dos Guimarães and Rosário Oeste Cities, in the Mato Grosso State, as well as to estimate the basin's mean precipitation with different methods. Initially, a Digital Elevation Model (DEM) was interpolated from plani-altimetric informations extracted from the IBGE topographic map, in the scale of 1:100.000, using the Tin module of the ArcView GIS-software. Based on the DEM, morphometric parameters of the basin were calculated. The drainage area was found to be 10,793.11 km² and the watershed perimeter about 532.66 km. The compactness coefficient was 1.43, the shape factor 0.21 and the circularity index 0.48, characterizing a watershed with an elongated shape. The drainage density was found to be 0.46 km/km². The annual mean rainfall was determined to be 1526 mm using the arithmetic mean method and 1482 mm applying the Thiessen method. The elongated shape of drainage-basin means that the rainfall on the watershed is concentrated in different points, and it is therefore unlikely to have flood. The elongated form of the watershed indicates that the precipitation falls little concentrated, and is and it is therefore unlikely to suffer floods.

Keywords: morphometry, drainage-basin, precipitation.

INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais de maior importância, sendo imprescindível para garantir a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico e social da população, além de ser componente da paisagem e do meio ambiente.

Com o intuito de solucionar questões relativas à escassez e à qualidade dos recursos hídricos é que a sua gestão vem sendo desenvolvida em todo o mundo, desde 1960. No plano internacional, a água potável passou a integrar a pauta de importações de países tão diferentes quanto Israel, Chipre, Singapura, Kuwait, Arábia Saudita, a Ilha de Malta e os Emirados Árabes do Golfo, determinando também a expansão de sistemas de dessalinização da água do mar, do reuso da água e da exploração dos aquíferos em várias nações da Terra. É, pois, fundamental pensar-se estrategicamente a respeito desta riqueza, em como gerenciá-la e estabelecer políticas de conservação do recurso, visto que fatalmente a água doce do mundo será um bem escasso. No Brasil, nos últimos anos, foram estruturadas instituições, promulgadas leis e decretos, implementados diversos instrumentos e princípios que fortaleceram a administração das águas brasileiras. Atualmente a gestão de recursos hídricos conta com uma legislação destinada a torná-la participativa, compartilhada e descentralizada onde os representantes de diversos segmentos sociais usuários de água são os atores desse processo.

No Brasil, de acordo com a Lei Federal 9.433/97, a bacia hidrográfica é a unidade de implementação de gestão de recursos hídricos. De acordo com Silveira (2001), bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, o exutório, sendo composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem

formada por cursos d'água que confluem até resultar em um leito único no exutório.

Um dos instrumentos para gestão de bacias hidrográficas é o manejo, pois este compõe uma técnica que prioriza a sustentabilidade hídrica da bacia utilizando-se da ação integrada entre governos (federal, estadual e municipal), sociedade civil e a comunidade técnico-científica.

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica consiste na caracterização de parâmetros fisiográficos, que são indicadores físicos da bacia. Esta caracterização tem grande aplicação como indicadores para previsão do grau de vulnerabilidade da bacia a fenômenos como enchentes, inundações e erodibilidade, dentre outros (Villela & Mattos, 1975; Cardoso et al., 2006). Aliada ao conhecimento de componentes da dinâmica de funcionamento do ciclo hidrológico, permite avaliar o potencial hídrico de uma região, sendo, portanto instrumentos fundamentais para o manejo de bacias hidrográficas, processo que permite formular um conjunto integrado de ações sobre o meio ambiente, a estrutura social, econômica, institucional e legal de uma bacia, a fim de promover a conservação e utilização sustentável dos recursos naturais, principalmente os recursos hídricos, e o desenvolvimento sustentável (Tonello, 2005).

Neste sentido o presente trabalho torna-se uma ferramenta preliminar para a gestão de recursos hídricos no estado de Mato Grosso, onde se caracterizou morfometricamente a bacia do rio Manso, a partir de alguns parâmetros tais como: área de drenagem, padrão de drenagem, coeficiente de compactidade (K_c), fator de forma (K_p), índice de circularidade (I_c), declividade, ordem da bacia e densidade de drenagem. Foi calculada também a precipitação média da bacia, utilizando diferentes métodos de forma a auxiliar em ações a serem implementadas na bacia em estudo.

ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Rio Manso abrange as áreas de diversos municípios, sendo a população estimada da área da bacia em torno de 35.619 habitantes (IBGE, 2001). A Figura 1 mostra as limitações geográficas da bacia em estudo.

O uso e ocupação do solo na bacia podem ser observados na Figura 2. Destacam-se áreas de formação savânica, e as alterações antrópicas ficam evidentes nas áreas significativas de uso agropecuário em médias e grandes propriedades com predomínio de pastagem, de uso agropecuário em médias e grandes propriedades com predomínio de culturas anuais e de uso antrópico de unidades de conservação.

O rio Manso é um dos principais afluentes do rio Cuiabá, sendo responsável por uma área de drenagem de 10.793,109 km², o que representa aproximadamente 2% da bacia hidrográfica formadora do Pantanal, a bacia do rio Paraguai (SONDOTÉCNICA, 1987). Nasce na Serra Azul e percorre um vale sinuoso e encaixado, recebendo tributários em ambas as margens. Tem sentido L – O, tomando o rumo sudoeste quando atinge planos de falhas, seguindo em direção ao rio Cuiabá, cortando perpendicularmente as estruturas geológicas. Seu principal afluente, pela margem esquerda, é o rio Casca.

O rio Manso é um rio meândrico com pouca

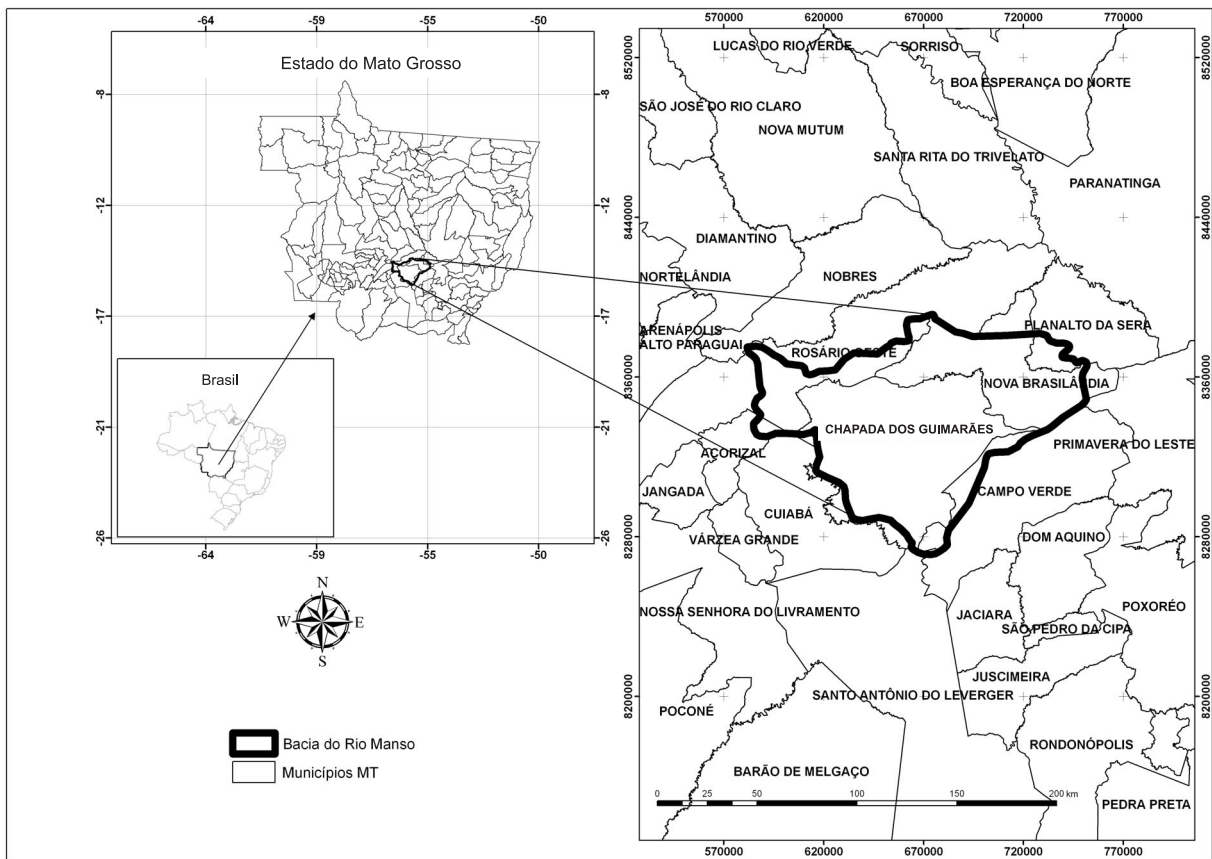


FIGURA 1. Área de estudo: bacia do rio Manso, MT.

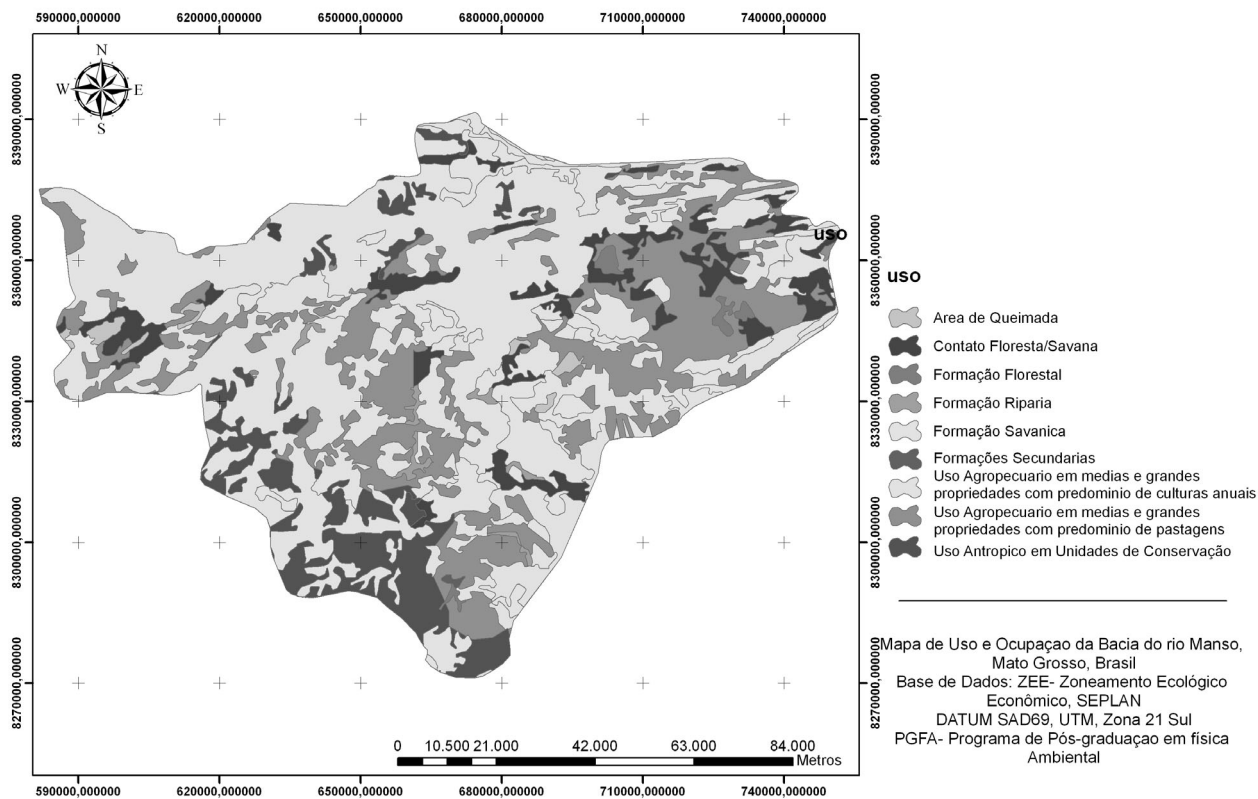


FIGURA 2. Uso e ocupação do solo na bacia do rio Manso, MT.

correnteza, entre sua confluência com o rio Palmeiras e o Casca. À jusante da foz do rio Casca, o rio Manso adquire características de rio de planície, aumentando a largura e reduzindo a declividade, permanecendo assim até a confluência com o rio Cuiabazinho, formando o rio Cuiabá o qual segue para o Pantanal.

A área em estudo pode ser dividida em três unidades geomorfológicas, a saber: o Planalto Central de Mato Grosso, a Província Serrana e a Baixada Cuiabana, classificados em função de sua elevação, como representado na Figura 3.

O Planalto Central de Mato Grosso é representado pela Chapada dos Guimarães, situado nas cotas 500 m a 600 m, e é constituída de planalto arenoso e laterítico, desenvolvido sobre rochas sedimentares Paleo – mesozóicas, apresentando padrão predominantemente pinado com cursos longos e escassos (CAEEB, 1981).

Com relação à Província Serrana esta é constituída de um sistema contínuo de serras paralelas, com relevo muito acidentado (cotas entre 250 m a 700 m), situado nas partes norte e nordeste da área em estudo, configurando-se por dobramentos e falhamentos das camadas sedimentares, separadas por vales estreitos e muito amplos. A drenagem é abundante e geralmente em treliça (CAEEB, 1981).

Ainda segundo a CAEEB (1981), a Baixada Cuiabana apresenta topografia típica de superfícies suavemente arredondadas forma a região baixa, com cotas médias em torno de 250 m, onde ressalta cristas monoclinais mais ou menos contínuas e extensas constituídas de quartzitos do grupo Cuiabá. Os rios ocupam vales estreitos e bem encaixados. A drenagem é de padrão dendrítico – retangular.

A vegetação da área de estudo é caracterizada por três tipos principais: a floresta tropical, o cerrado e a mata de galeria.

Situada ao norte, correspondendo ao prolongamento da floresta amazônica, a floresta tropical ocorre em regiões baixas e ao longo de córregos e rios. Geralmente são constituídas de árvores de grande porte (15 m) com copas não muito densas e raízes pouco profundas. Constituindo-se de uma vegetação típica local, o cerrado domina as partes elevadas e consequentemente os divisores de água. São formados por árvores de pequeno porte com caules retorcidos e o solo é coberto por gramíneas ralas. Ao longo dos cursos de água, encontram-se as matas de galeria (Chiletto, 2005).

A região em estudo está submetida ao domínio de Climas Equatoriais e Tropicais Quentes, com pequena

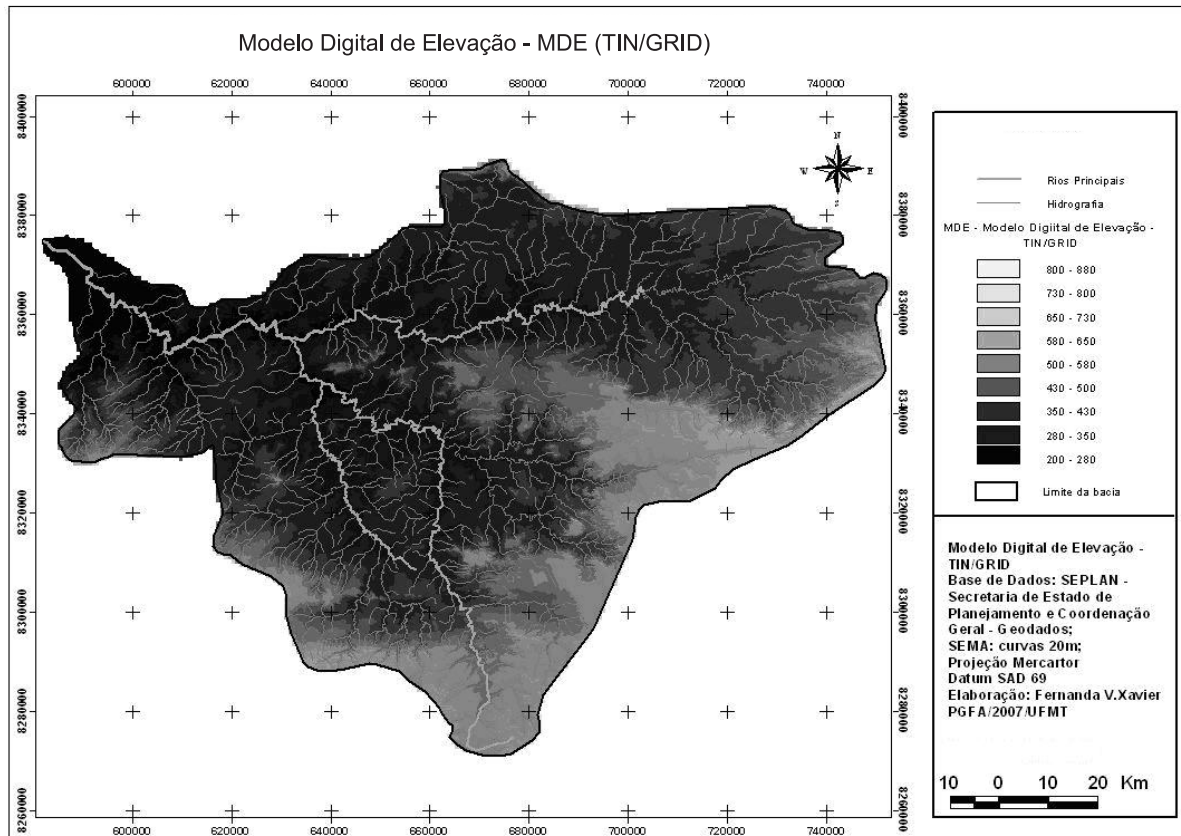


FIGURA 3. Representação morfométrica da área de estudo – MDE/TIN.

variação térmica sazonal anual (IBGE, 1989), sendo uma das principais propriedades climáticas desta realidade o fato de estar situada numa área de transição entre Climas Tropicais Continentais, revestido de Cerrado, e os Climas Equatoriais Continentais, recobertos com Floresta Amazônica. Da mesma maneira, a localização Continental distante entre 1400 e 2000 km do Oceano Atlântico, lhe confere padrões climáticos sazonais com alternância entre uma estação úmida (de novembro a abril) e uma estação seca (de maio a setembro).

A variação média anual é de 21°C a 26°C, a média anual das máximas varia entre 28°C e 34°C e a média anual das mínimas varia de 16°C a 22°C, sendo a região em geral condicionada a ocorrência de altas temperaturas (SEPLAN, 2007).

De um modo geral, o rio Manso possui águas mais profundas, quentes e alcalinas, de maior condutividade, altas concentrações de nutrientes, e maior diversidade de grupos fitoplanctônicos, enquanto o rio Casca tem águas mais ácidas e com alto teor de material em suspensão (SONDOTÉCNICA, 1987).

A bacia hidrográfica em estudo possui um reservatório próximo ao Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, que, fechado em novembro de 1999, apresentou um rápido enchimento (novembro de 1999 a fevereiro de 2000), inundando, além do trecho do rio Manso, à montante da barragem, as porções inferiores dos rios Casca, Palmeiras e Quilombo, totalizando uma área inundada de 427 km² na cota máxima. O reservatório em questão é integrante da usina de Aproveitamento Múltiplo de Manso – APM Manso, cuja finalidade principal é a geração de energia hidrelétrica, e está em operação desde janeiro de 2002.

Uma outra função que vem sendo desempenhada desde então pela APM Manso é de regularização da vazão à jusante da barragem. Desde a sua implantação, não houve grandes picos de cheia e seca, o que interfere no “pulso de inundação”, a principal força direcionadora responsável pela existência, produtividade e interações da biota em sistemas rio – planície de inundação, como é o caso do Pantanal Matogrossense. As conseqüências desta intervenção nas características da hidrografia local têm aspectos ainda desconhecidos.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO MANSO

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Para o presente trabalho foram utilizadas ferramentas do software de sistema de informações geográficas (SIG) ArcView produzido pela *ESRI - Environmental Systems Research Institute*, para desenvolvimento de alguns mapas de relevante importância tais como: mapa de localização da área de estudo; mapa do limite da bacia em questão e sua hidrografia; mapa das curvas de nível e mapa do Modelo Digital de Elevação/TIN (MDE).

A base cartográfica utilizada para a compilação dos dados e elaboração dos mapas foi retirada de bancos de dados dos seguintes órgãos: SEPLAN – Secretaria de Estado e Planejamento e Coordenação Geral, que realizou o Zoneamento Sócio Econômico Ecológico do Estado de Mato Grosso (ZEE), com abrangência para todo o Estado, com base na escala de 1:250.000; 1:1.000.000, e 1:1.500.000; SEMA – Secretaria do Meio Ambiente; ANA – Agência Nacional de Águas e UTM - Universal Transversa de Mercator, zona 21, latitude (hemisfério) sul.

Na seqüência é apresentada a metodologia utilizada para a elaboração dos mapas temáticos:

- *Área (limite) da bacia*: foi elaborada seguindo a delimitação mais usual e correta, que é a de topos de curvas de nível, ou seja, os divisores de águas. A partir daí constituiu-se o limite da área de estudo.

- *Hidrografia e cursos principais*: a partir do limite já existente, foi sobreposta a hidrografia de todo o estado do Mato Grosso junto ao limite. Foi feita a *clipagem* (corte) das cartas para trabalhar somente com a hidrografia dentro da área de estudo.
- *Curvas de nível*: o mesmo procedimento de clipagem foi adotado para a realização deste mapa. A partir das curvas foi possível obter dados importantes sobre a altitude do terreno.
- *MDE – Modelo Digital de Elevação*: este modelo foi elaborado sobrepondo-se a carta limite, as curvas e aplicando-se o modelo TIN, que é o modelo de cores para a definição das altitudes do terreno.

A partir da delimitação da área, do perímetro e de dados planialtimétricos da bacia, obtidos a partir do SIG, foi possível determinar diferentes características físicas, descritas a seguir.

ÁREA DE DRENAGEM

A área de drenagem de uma bacia é um importante elemento a ser considerado em estudos hidrológicos. Corresponde à medida em projeção horizontal, considerando toda a área localizada entre os divisores de água.

Para o cálculo da área de drenagem da bacia em estudo foi elaborado um mapa com escala 1/850.000. A área foi expressa em km².

FORMA DA BACIA

Para a determinação da forma da bacia hidrográfica, foram considerados os seguintes coeficientes:

Coefficiente de Compacidade ou Índice de Gravelius

O coeficiente de compacidade (K_c) 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, e foi determinado pela seguinte equação:

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

em que P é o perímetro da bacia (km), A é a área da bacia (km²) e K_c é o coeficiente de compacidade da bacia (adimensional).

Fator de Forma

Fator de forma (K_f) é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Para sua obtenção, o comprimento mais longo é medido desde a desembocadura até à cabeceira mais distante da bacia. A largura média L_m foi obtida dividindo-se a área A pelo comprimento da bacia L :

$$L_m = \frac{A}{L}$$

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

sendo L_m a largura média da bacia (m ou km), L o comprimento da bacia, comprimento do rio mais longo (m ou km), A a área da bacia (m² ou km²) e K_f o fator de forma (adimensional).

O fator de forma constitui um índice da maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia. Uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita as enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma.

Índice de Circularidade

Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade (I_c) tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e

diminui à medida que a forma torna alongada. Müller (1953) menciona que o índice de circularidade representa a relação existente entre o perímetro da bacia e a área que possui. Para determinação do I_c utilizou-se a seguinte equação:

$$I_c = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$$

onde I_c é o índice de circularidade (adimensional), A é a área de drenagem (m²) e P o perímetro (m).

SISTEMA DE DRENAGEM (ORDEM)

A caracterização do sistema de drenagem, ou determinação da ordem da bacia indica o grau de ramificação ou bifurcação dentro da bacia. A ordem dos cursos d'água foi determinada de acordo com os critérios introduzidos Strahler (1957).

DENSIDADE DE DRENAGEM

Para o cálculo da densidade de drenagem foi utilizada a equação (Costa & Lança, 2001):

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

sendo D_d a densidade de drenagem (km/km²), L_t o comprimento total de todos os canais (km) e A a área de drenagem (km²).

PADRÃO DE DRENAGEM

Os padrões de drenagem dizem respeito ao arranjo dos cursos de água, o que é influenciado pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela geomorfologia da região e pelas diferenças de declive. Para identificar o padrão de drenagem da bacia foi utilizada a metodologia adotada por Costa & Lança (2001).

DECLIVIDADE DO CURSO D'ÁGUA PRINCIPAL

O perfil longitudinal do rio principal foi obtido através de mapas topográficos com curvas de nível. A declividade ou inclinação, entre os dois pontos extremos do talvegue principal (nascente e foz), foi calculada pelos métodos da média aritmética, da média harmônica e da compensação de área.

PRECIPITAÇÃO MÉDIA NA BACIA DO RIO MANSO

A quantidade de chuva (P) é medida pela altura da água precipitada e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável, sendo medida em pontos previamente escolhidos, denominados estações, utilizando pluviômetros ou pluviógrafos.

Quando há disponibilidade de uma série histórica de medidas de precipitação, é possível determinar a precipitação média de uma bacia e utilizar essa informação no balanço hídrico, conhecimento básico para a adequada gestão dos recursos hídricos.

Para calcular a precipitação média de uma superfície qualquer, é necessário utilizar as observações dos postos dentro dessa superfície e na suas vizinhanças

(Tucci, 2004). Para a bacia do rio Manso, foram utilizadas séries temporais de dados de oito postos pluviométricos, descritos na Tabela 1.

TABELA 1. Descrição dos postos pluviométricos.

Posto pluviométrico	Código	Coordenadas	Nome	Rio	Período de observação/Operador	n*
P1	01455008	-14°50'38" S; -55°51'18" O	Fazenda Raizama - Coimbra	Manso	(01/01/81 a 02/09/06) Desativado	145
P2	01455002	-14°53' S; -55°52' O	Coimbra - Porto de cima	Manso	(01/10/68 a 01/01/82) Furnas	166
P3	01555008	-15°13'58" S; -55°44'28" O	Fazenda Estiva PR3	Manso	(01/01/81 a 09/01/06) Furnas	240
P4	01555007	-15°21'56" S; -55°26'13" O	Usina Casca III PR2	Casca	(01/01/82 a 01/09/06) CPRM	252
P5	01555000	-15°24'28" S; -55°17'48" O	Ponte Alta	Manso	(01/01/67 a 01/01/01) Desativado	330
P6	01455006	-14°55' S; -55°49' O	Fazenda S. José dos Campos EI	Manso	(01/10/68a 01/01/82) Furnas	168
P7	01455004	-14°48'40" S; -55°16'35" O	Fazenda Corrente Verde	Manso	(01/08/70 a 01/12/01) Desativado	204
P8	01455007	-14°53' S; -55°19" O	Fazenda Corrente Verde PR4	Manso	(01/01/82 a 01/12/98)	252

*n = número de meses da série histórica de precipitações.

Fonte: Agência Nacional das águas – ANA <www.ana.gov.br>. Consultado em 28/06/2007.

Trabalhando as séries históricas em ambiente Excell® foram obtidos valores médios anuais de cada posto. Com estes dados, foi possível determinar a precipitação média da bacia, por meio de dois diferentes métodos: método aritmético e método de Thiessen.

MÉTODO ARITMÉTICO

Nesse método admite-se que todos os pluviômetros têm o mesmo peso. A precipitação média é então computada através da média aritmética dos valores obtidos:

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

onde: P_m é a precipitação média na área (mm), P_i é a precipitação média no i ésimo posto pluviométrico e n é o número total de postos pluviométricos.

MÉTODO DE THIESSEN

O método de Thiessen considera a não uniformidade da distribuição espacial dos postos, mas não leva em conta o relevo da bacia (Tucci, 2004). A metodologia consiste no seguinte: a) ligar os postos por trechos retilíneos; b) traçar linhas perpendiculares aos trechos retilíneos passando pela mediatriz da linha que liga os dois postos; c) prolongar as linhas perpen-

diculares até encontrar outra linha. O denominado polígono de Thiessen é formado pela interseção das linhas, correspondendo à área de influência de cada posto. O método dos Polígonos de Thiessen permite determinar áreas de influência de um determinado posto pluviométrico. Considera-se que no interior dessas áreas a altura pluviométrica é a mesma do respectivo posto, e desconsidera-se a área do polígono fora da bacia.

O método fornece bons resultados em terrenos levemente acidentados, quando a localização e exposição dos pluviômetros são semelhantes e as distâncias entre os mesmos não são muito grandes.

A precipitação média pelo método de Thiessen foi ser calculada pela expressão:

$$P_m = \frac{\sum A_i P_i}{A}$$

onde: P_m é a precipitação média na bacia (mm), P_i é a precipitação no posto i (mm), A_i é a área de influência do posto e A é a área total da bacia.

Na aplicação do método de Thiessen, para determinação da área de influência de cada posto pluviométrico, foram traçados os polígonos de Thiessen, em ambiente SIG (Arc View®), e considerou-se apenas a área de influência dos mesmos dentro da bacia em questão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resumo das características físicas calculadas para a bacia rio do Manso/MT é apresentado na Tabela 2.

TABELA 2. Características físicas da bacia hidrográfica do rio Manso, MT.

Características Físicas	Resultados
Área de drenagem (km ²)	10.793,11
Perímetro (km)	532,66
Comprimento do eixo da bacia (km)	227,00
Comprimento do rio principal (km)	270,59
Comprimento total dos corpos d'água (km)	4.946,87
Padrão de drenagem	Dentrítico
Coefficiente de compacidade (K _c)	1,43
Fator de forma (K _f)	0,21
Índice de circularidade (I _c)	0,48
Declividade máxima do rio principal (m/km)	1,59
Declividade média do rio principal (m/km)	1,15
Declividade equivalente constante do rio principal	0,98
Ordem da bacia	6
Densidade de drenagem (km/km ²)	0,46

Verifica-se que a área de drenagem encontrada na bacia foi de 10.793,109 km² e seu perímetro, de 532,66 km.

De acordo com os resultados morfométricos, pode-se afirmar que a bacia hidrográfica do rio Manso/MT 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 (1,43) e, quanto ao seu fator de forma, exibir um valor baixo (0,21).

Assim, há uma indicação de que a bacia não possui forma circular, possuindo, portanto, uma tendência a forma alongada. Tal fato pode ainda ser comprovado pelo índice de circularidade, igual a 0,48. Valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada favorecendo o processo de escoamento (Muller, 1953 & Schumm, 1956). 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 (cheias rápidas), o que não ocorre em bacias alongadas.

A densidade de drenagem encontrada na bacia hidrográfica do rio Manso/MT foi de 0,46 km/km². De acordo com Villela & Mattos (1975) segundo Cardoso

et al. (2006), esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas, indicando, assim, que a bacia em estudo possui baixa capacidade de drenagem.

A densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia, pois esses valores ajudam substancialmente o planejamento do manejo da bacia hidrográfica. O sistema de drenagem da bacia em estudo, de acordo com a hierarquia de Strahler, possui ramificação de sexta ordem.

TIPOS DE RIOS

A bacia do rio Manso possui 733 cursos d'água. Deste total, 77,6% são de ordem um, ou seja, nascentes, e, desses, aproximadamente 39% são intermitentes, de acordo com a base de dados hidrográficos do SEPLAN (2007). Devido ao fato da bacia possuir duas estações bem definidas (seca e úmida), há redução significativa da contribuição das nascentes no período de estiagem uma vez que há menor número de rios tributários neste período, o que pode ocasionar grandes diferenças sazonais das vazões resultantes.

PERFIL LONGITUDINAL E DECLIVIDADE DO RIO MANSO

A partir de dados de altitude de 15 pontos do rio principal (rio Manso), representados na Figura 4, obteve-se o perfil longitudinal representado na Figura 5.

As declividades equivalentes do leito principal estimada pelos métodos da média aritmética, compensação de área e média harmônica foram de, respectivamente, 1,59 m/km, 0,9 m/km e 1,15 m/km. Observa-se que o rio tem dois trechos típicos, cada um deles relativamente homogêneo dentro de si. O primeiro, mais plano, vai da cota 180 m à cota 380 m, com um percurso total de 233,26 km. A declividade equivalente neste trecho é 0,83 m/km. O segundo trecho, mais inclinado, vai da cota 380 m à cota 610 m, percorrendo uma distância de 37,3 km. A declividade equivalente neste segundo trecho é de 6,16 m/km. Os dados de declividade indicam que, ao longo do rio principal, são observadas características de planície por quase toda sua extensão, apresentando o rio Manso características de planalto apenas nas proximidades da nascente.

Comparando com outros rios da região, como por exemplo, Araguaia, Xingu e Guaporé com valores de declividade de 0,5 m/km ou ainda com rios pantaneiros, cuja declividade varia entre 0,03 e 0,015 m/km, pode-se considerar a declividade equivalente do rio Manso elevada, o que resulta em menores tempos de concentração.

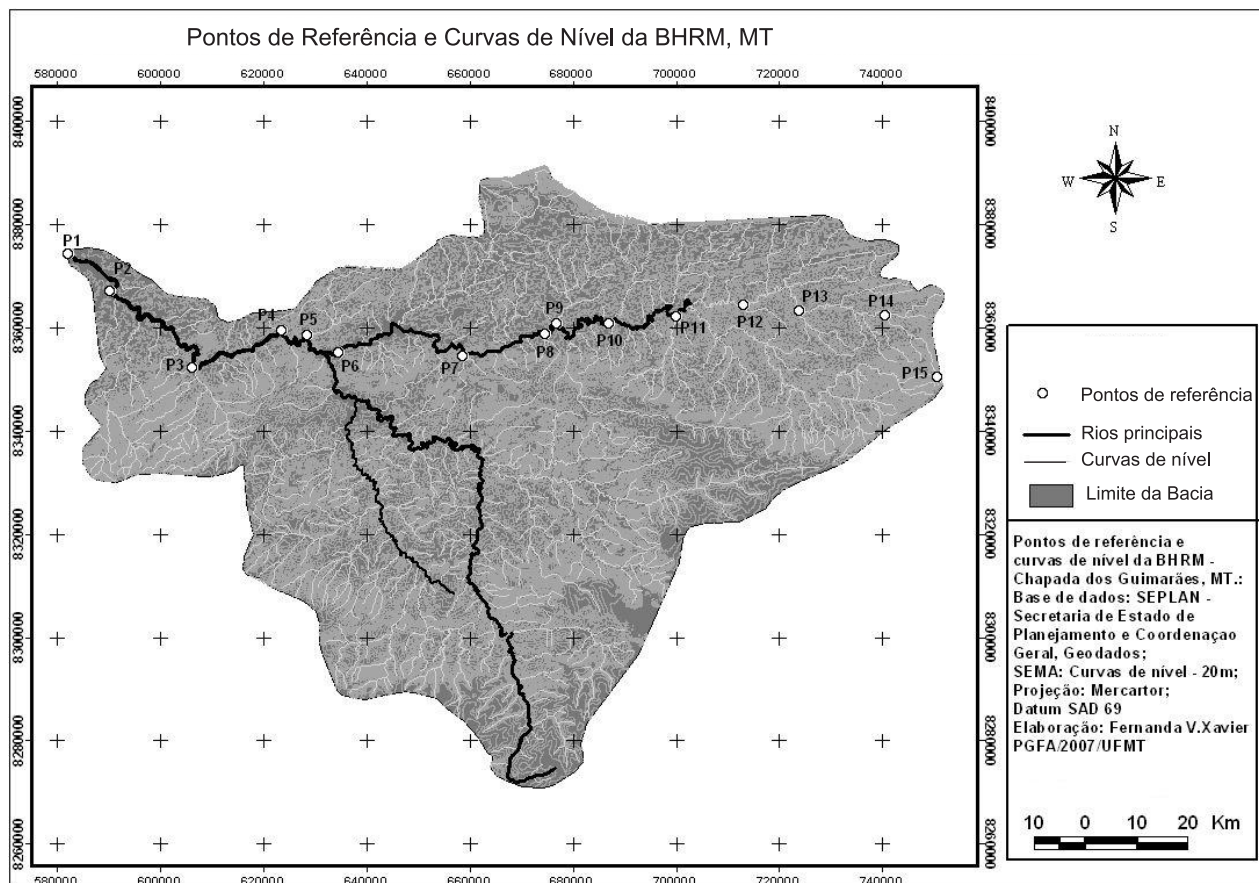


FIGURA 4. Representação das curvas de nível e de pontos de referência para obtenção de dados de altitude na bacia do rio Manso, MT.

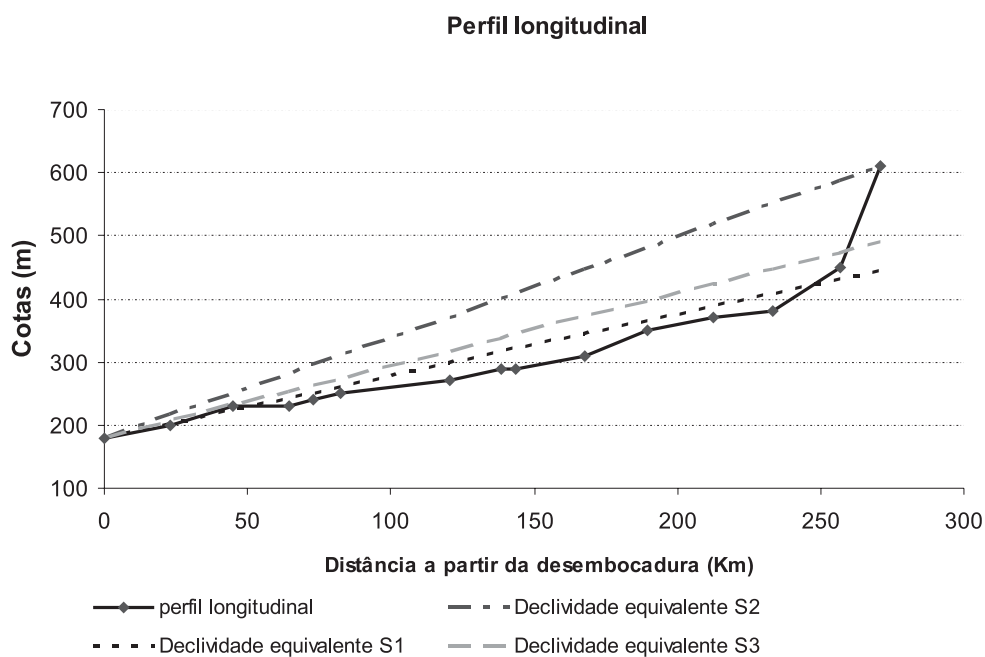


FIGURA 5. Perfil longitudinal do rio Manso e respectivas declividades: S1= declividade equivalente calculada pelo método de compensação de área; S2 = declividade equivalente pelo método da média aritmética; S3 = declividade equivalente pelo método da média harmônica.

PRECIPITAÇÃO MÉDIA NA BACIA DO RIO MANSO

Utilizando as séries pluviométricas descritas na Tabela 1, foram calculadas as precipitações médias anuais dos oito postos pluviométricos localizados na bacia, conforme Figura 6, em que estão também representadas a média aritmética da precipitação anual da bacia (1525,80 mm) e a média calculada pelo método de Thiessen (1481,88 mm).

Para o método de Thiessen, foram delimitados os polígonos de influência de cada posto pluviométrico, representados na Figura 7, e determinadas suas respectivas áreas. Na Tabela 3, estão expressos os resultados obtidos por meio deste método.

Comparando os valores da precipitação média anual obtida pelos diferentes métodos, percebe-se que, para a bacia em questão, ambos os métodos resultam em valores bem próximos, com uma diferença percentual de apenas -4% para os valores obtidos pelo método de Thiessen, em relação à média aritmética.

Analisando a série de dados, observa-se uma sazonalidade da precipitação local, onde os valores máximos (podendo chegar a valores mensais de aproximadamente 500 mm) foram encontrados entre os meses de janeiro e fevereiro, e os mínimos (podendo

chegar a 0 mm), nos meses de junho a agosto. Esta característica da precipitação da bacia, onde maior parte ocorre em um período curto, faz com que ocorram picos de vazão dos cursos d'água variando entre seca e cheia, podendo ocasionar hora enchentes e inundações, hora escassez hídrica.

Deste modo, a configuração alongada da bacia é de fundamental importância para evitar enchentes/inundações de maiores intensidades.

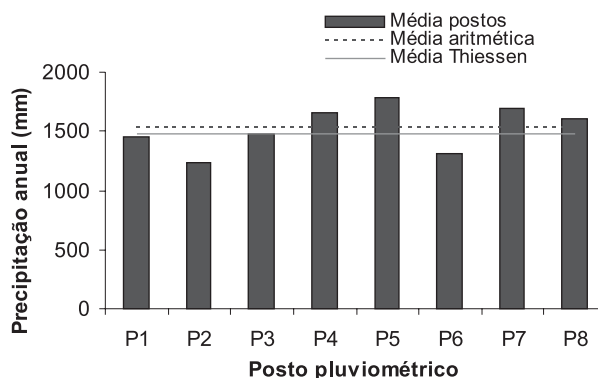


FIGURA 6. Dados pluviométricos: precipitação média da bacia do rio Manso, MT.

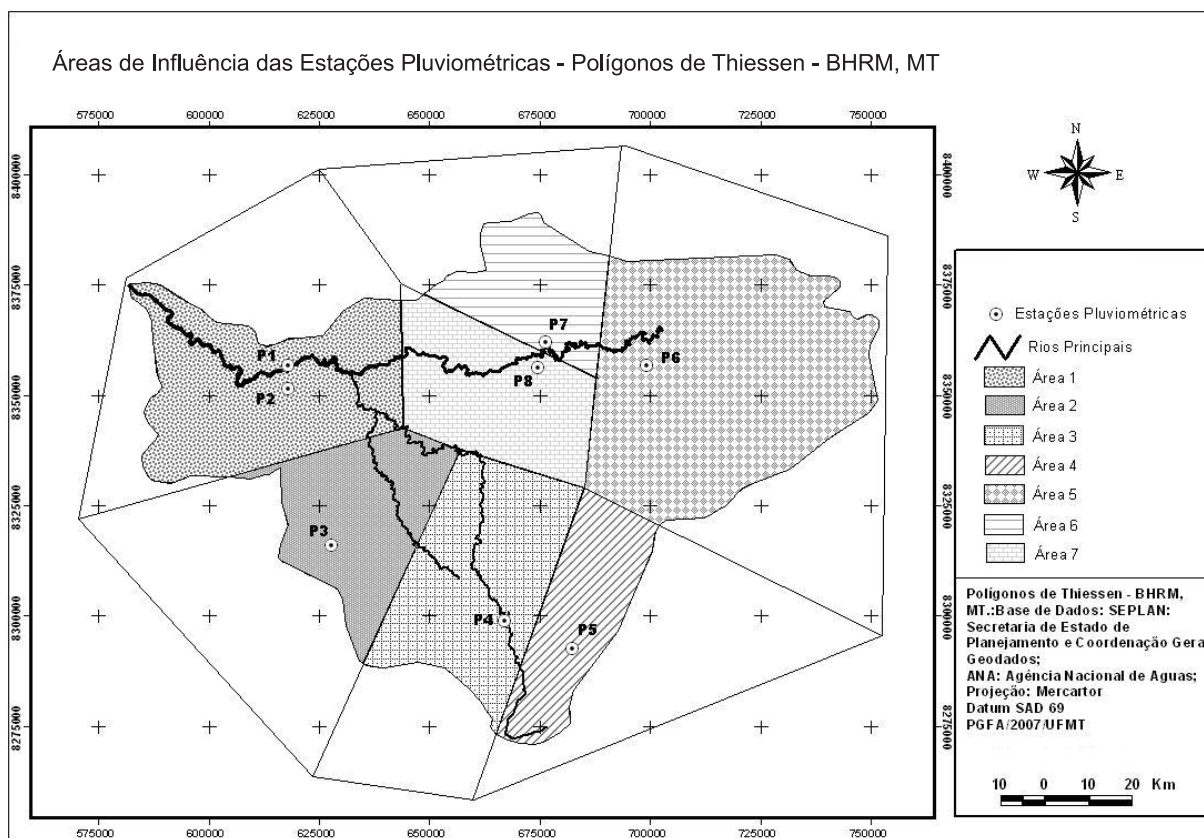


FIGURA 7. Áreas de influência dos postos pluviométricos localizados na bacia do rio Manso, MT.

TABELA 3. Precipitação média da bacia do rio Manso pelo método de Thiessen.

Método de Thiessen			
Posto pluviométrico / Área	Precipitação anual (mm)	Área (km ²)	P.A.
P1 = A1	1455,30	1889,70	2544769
P2 = A1	1238,00		
P3 = A2	1600,30	1101,83	1763257
P4 = A3	1692,00	861,84	1458223
P5 = A4	1308,04	3217,52	4208646
P6 = A5	1480,00	1407,71	2083414
P7 = A6	1651,44	1440,08	2378214
P8 = A7	1781,29	874,43	1557605
Área Total		10793,11	
Precipitação média da bacia		1481,90	

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para melhor caracterizar a bacia hidrográfica do rio Manso/MT, as características físicas encontradas devem ser consideradas no conjunto. A comparação dos resultados obtidos indica que a caracterização física da bacia hidrográfica do rio Manso/MT aponta para uma bacia de forma mais alongada, sendo comprovado pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma. Isso denota um forte controle estrutural da drenagem.

O aspecto não compacto da bacia com valor de $K_c=1,43$ indica a menor propensão a enchentes quando comparado a uma bacia circular ($K_c=1$). O fator de forma $K_f=0,21$ confirma tal fato, indicando menores chances de picos elevados de enchentes na bacia em estudo.

Quanto à ordem da bacia, a bacia hidrográfica do rio Manso é de sexta ordem, indicando que o

sistema de drenagem da bacia é de considerável ramificação.

De acordo com o perfil traçado para o álveo do rio principal e a baixa declividade equivalente encontrada (aproximadamente 1,15 m/km, pela média harmônica) indica que o rio Manso possui características de rio de planície em sua maior extensão.

A análise da precipitação anual da bacia, realizada por dois métodos distintos, apresentou valores bem semelhantes.

Os dados morfométricos e de pluviosidade, juntamente com as informações geradas no SIG, como localização da bacia, área, vegetação e o Modelo Digital de Elevação (MDE), são instrumentos valiosos para uma posterior gestão dos recursos hídricos da Bacia do Rio Manso.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Física Ambiental, à Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, pelo apoio logístico, e a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, e à FAPEMAT – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAEEB – COMPANHIA AUXILIAR DE EMPRESAS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Plano Diretor de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos da Região do Rio Cuiabá e seus Formadores**. Cuiabá: Sondotécnica S.A., 11 p., 1981.
2. CARDOSO, C.A.; DIAS, H.C.T.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.
3. CHILETTO, E.C. **Caracterização Climática da Região do Lago de Manso: Um estudo comparativo com a área urbana da Grande Cuiabá**. Cuiabá, 2005. 161 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso.

4. COSTA, T. & LANÇA, R. **Hidrologia de Superfície**. Faro, 79 p., 2001.
5. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil – Região Centro Oeste**, v. 1, 715 p., 1989.
6. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Anuário Estatístico de Mato Grosso, 2001. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado 28mai2007.
7. MULLER, C.V. A quantitative geomorphic study of drainage dasins characteristic in the Clinch Mountain area. **Technical Report**, Department of Geology, Columbia University, s/n p., 1983.
8. SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Bulletin of Geological Society of America**, n. 67, p. 597-646, 1956.
9. SEPLAN - SECRETARIA DO ESTADO DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL. Disponível em: <http://www.seplan.mt.gov.br>. Acessado 28mai2007.
10. SILVEIRA, A.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.), **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: Ed. UFRGS, p. 35-51, 2001.
11. SONDOTÉCNICA. **Emprego de Modelo Matemático de Qualidade de Água para a Avaliação do Impacto Ambiental da UHE Manso – MT**, Relatório Final, Rio de Janeiro, RJ, s/n p., 1987.
12. STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920, 1957.
13. TONELLO, K.C. **Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. Viçosa, 2005. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.
14. TUCCI, C.E.M. (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3ª ed. Porto Alegre, EFRGS, 942 p., 2004.
15. VILLELA, S.M. & MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245 p., 1975.

*Manuscrito Recebido em: 7 de fevereiro de 2008
Revisado e Aceito em: 10 de julho de 2008*