

ASPECTOS SEDIMENTARES DO RIO PARAGUAI NO PERÍMETRO URBANO DE CÁCERES - MT

Bárbara Ferraz BUHLER ¹ & Célia Alves de SOUZA ²

(1) Programa de Pós-graduação de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Mato Grosso, UENMAT. Avenida São João, s/nº – Bairro Cavalhada. CEP 78200-0000. Cáceres, MT. Endereço eletrônico: azurea04@hotmail.com

(2) Departamento de Geografia e Programa de Pós-graduação de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Mato Grosso, UENMAT. Avenida São João, s/nº – Bairro Cavalhada. CEP 78200-0000. Cáceres, MT. Endereço eletrônico: celialvesgeo@globocom

- Introdução
- Material e Métodos
 - Procedimentos Metodológicos
 - Coleta das Amostras de Sedimento de Fundo e Suspensão
 - Análise Granulométrica do Sedimento de Fundo
 - Análise do Sedimento em Suspensão
 - Caracterização dos Pontos Monitorados
 - Dados Sobre Vazão e Precipitação
 - Análise dos Dados
- Resultados e Discussão
 - Elementos Ambientais
 - Caracterização dos Pontos Através da Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida
 - Variáveis Hidrodinâmicas
 - Composição Granulométrica e Transporte de Sedimentos no Fundo do Canal e em Suspensão
 - Carga em Suspensão
 - Carga do Leito (Sedimento de Fundo)
- Considerações Finais
- Referências Bibliográficas

RESUMO – Os processos sedimentares ocorrem naturalmente em ambientes fluviais, embora sua dinâmica possa ser alterada por ações humanas. O presente trabalho investigou o volume e o tipo de sedimento encontrado no perímetro urbano do rio Paraguai em Cáceres - MT. A metodologia incluiu duas etapas: a primeira de aplicação de um protocolo de avaliação rápida para caracterização da área de estudo e a segunda, de coleta do sedimento de fundo e suspensão do rio Paraguai em pontos previamente estabelecidos e caracterizados. Para análise do sedimento de fundo foi utilizado o método da pipeta e para determinação das frações de areia, o peneiramento. A carga suspensa foi analisada por gravimetria. De acordo com a pontuação do protocolo, na estiagem, quatro pontos foram classificados como alterados e dois como naturais; na cheia, um permaneceu como alterado e os demais como naturais. O mais alto valor de carga em suspensão foi encontrado no período chuvoso na Baía do Malheiros - ponto em que há maior superfície exposta devido à urbanização. Também na Baía do Malheiros a areia grossa foi encontrada em grande quantidade, indicando uma possível entrada de sedimentos grossos por fontes externas. Nos outros pontos a areia fina foi o sedimento predominantemente registrado.

Palavras-chave: rio Paraguai, baías, sedimento de fundo, areia grossa, Cáceres - MT.

ABSTRACT – *B.F. Buhler & C.A. de Souza - Paraguay River sedimentary aspects in Cáceres - MT urban area.* The sedimentary processes occur naturally in rivers, although its dynamics can be altered by human actions. The present study investigated the volume and sediment type found in the Paraguay River urban area in Cáceres - MT. The methodology includes two stages: first, we were used rapid assessment protocol application for the characterization of the study area, and second, bottom and suspended sediment collection in points previously established and characterized of the Paraguay River. For analysis of bottom sediment was used the pipette method, and to determine the sand fractions, the screenings. The suspended load was analyzed gravimetrically. According to the protocol score, during the dry season, four points were classified as altered and two as natural, in high water, one remained as amended and the others like natural conditions. The highest load value was found in suspension in the rainy season in the Malheiros Bay - the point where there is a greater exposed surface due to urbanization. Also in the Malheiros Bay the coarse sand was found in large numbers, indicating a possible entry of coarse sediments from external sources. In other parts, the fine sand sediment was predominantly recorded.

Keywords: Paraguay River, bays, bottom sediment, sand, Cáceres - MT.

INTRODUÇÃO

Os rios são agentes de erosão, transporte e deposição, removendo água e sedimentos da superfície para os oceanos. Nestes trabalhos, os rios desenvolvem uma grande variedade de formas de canais; os tipos

de canais, por sua vez, correspondem ao arranjo espacial que o leito assume ao longo do corpo hídrico (Christofolletti, 1981).

Embora os processos sedimentares ocorram naturalmente, as atividades antrópicas contribuem para modificar a descarga e a carga sólida dos sistemas aquáticos, causando-lhes modificações que dificultam o escoamento, inundam áreas próximas aos canais de drenagem e alteram os parâmetros físico-químicos e biológicos da água (Souza et al., 2008). Essas consequências estendem-se, normalmente, por toda a bacia hidrográfica e estão ligadas ao mau uso da terra, remoção da vegetação, emprego de práticas agrícolas indevidas, construção de prédios e urbanização (Cunha, 2008).

A ocupação humana presente ao longo do rio Paraguai - um dos principais rios de planície do Brasil - constitui um exemplo desta realidade. Suas margens nas nascentes e em afluentes localizados em áreas de planalto têm sido desmatadas para intensificação da agricultura mecanizada, trazendo problemas como o assoreamento e a entrada de poluentes junto aos corpos d'água (Casarin & Santos, 2005). Na região de planície, o aumento de embarcações no canal fluvial, seja pelo turismo ecológico, seja pelo transporte de carga, também está contribuindo para a erosão das margens nos cursos d'água (WWF, 1999; Souza et al., 2008).

Trabalhos enfocando os efeitos das atividades humanas sobre a hidrossedimentologia de rios e córregos foram realizados em diferentes regiões do Brasil. Entre eles, citam-se os de Tucci & Collischonn

(1998) ao discutir o efeito do desenvolvimento urbano sobre a carga sólida dos cursos d'água; Brigante et al. (2003) e Dornfeld et al. (2004) em caracterização física e química do sedimento do rio Mogi Guaçu e do Reservatório de Salto Grande, ambos em São Paulo; Brito et al. (2009) ao relacionar o grau de preservação da mata ciliar e o transporte dos sedimentos fluviais no rio Urumajó no Pará. Em Mato Grosso, especialmente no rio Paraguai, destacam-se os trabalhos realizados por Souza (2004), Silva et al. (2007, 2008) e Justiniano (2010).

Embora tenham sido realizadas tais pesquisas, no perímetro urbano de Cáceres os aspectos sedimentares do rio Paraguai ainda não foram investigados. Em boa parte deste trecho a cobertura vegetal marginal foi removida para o levantamento de edificações e constata-se ainda presença de solos expostos e ausência de controle de erosões em construções civis urbanas. Não há infra-estrutura para o armazenamento dos sedimentos oriundos das vias pavimentadas impermeáveis; na área de drenagem, o fluxo de embarcações é intenso. Em função disso, é provável que a carga de fundo e suspensão do referido manancial esteja sofrendo alterações. Dessa maneira, o conhecimento sobre a composição granulométrica e o transporte dos sedimentos no rio Paraguai - no trecho em questão -, poderá contribuir para sugerir medidas de seu uso e conservação.

Considerando o exposto, o presente estudo teve o objetivo de verificar o volume e o tipo de sedimento presente no rio Paraguai, no trecho situado entre a Baía do Iate e a região do Sadao, no perímetro urbano de Cáceres (MT).

MATERIAL E MÉTODOS

A área de pesquisa corresponde ao segmento do rio Paraguai próximo à cidade de Cáceres entre as coordenadas geográficas de 16°02'00" a 16° 08'00" de latitude Sul e 57°40'00" a 57°44'00" de longitude Oeste (Figura 1).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Coleta das Amostras de Sedimento de Fundo e Suspensão

A seleção dos pontos para coleta das amostras de sedimento (Tabela 1) foi baseada nos critérios assinalados abaixo:

- Uso do espaço pela população local (dentro e fora da bacia de drenagem);
- Representatividade da extensão urbana do rio no município de Cáceres;
- Condições de acesso em período seco e chuvoso.

Os pontos "P1" e "P2" estão localizados em "baías", cuja ligação com o rio Paraguai (canal principal) é permanente. Os pontos "P3", "P4", "P5" e "P6" estão localizados no canal principal do rio Paraguai.

As amostras de sedimento de fundo e suspensão foram coletadas em dois períodos (estíagem - setembro/2009 e cheia - fevereiro/2010), nos seis pontos pré-determinados (em cada ponto, uma amostra). Para a coleta do material de fundo foi utilizada a draga "modelo de Van Veen" (pegador de mandíbulas). O material acumulado no interior da draga foi recolhido e acondicionado em sacolas plásticas transparentes, com a devida etiquetagem. Posteriormente, as amostras foram destinadas ao processo de secagem ao ar.

Para a coleta da carga em suspensão foram utilizadas garrafas plásticas de 1L. Primeiramente, as

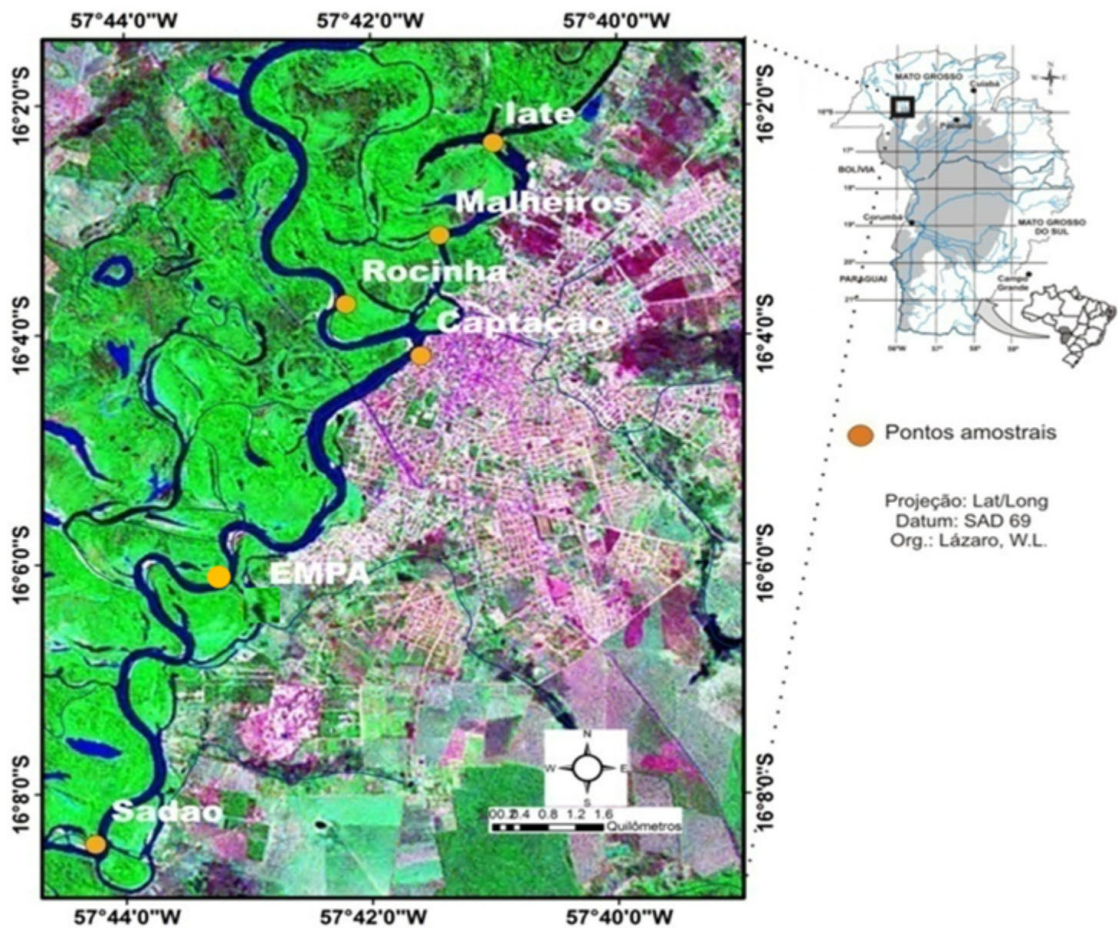


FIGURA 1. Segmento do rio Paraguaí/perímetro urbano de Cáceres (pontos amostrais).

TABELA 1. Pontos do rio Paraguaí (perímetro urbano de Cáceres – MT) em que as amostras de sedimento foram coletadas para análise.

Ponto	Coordenadas Geográficas	Uso da Area Pela População Local
Baía do late (P1)	16° 02' 09" 57° 41' 01"	Uso recreativo e residencial; área de navegação (pequenas embarcações).
Baía do Malheiros (P2)	16° 03' 08" 57° 41' 34"	Área de navegação (pequenas embarcações); uso recreativo; ponto de pesca para alguns usuários; confluência com o Córrego Sangradouro; ponto de lançamento de dejetos domésticos.
Rocinha (P3)	16° 03' 44" 57° 42' 84"	Ponto localizado à montante da cidade de Cáceres, próximo a Rodovia BR 174; barranco utilizado por pescadores e praias utilizadas por banhistas.
Ponto de Captação (P4)	16° 04' 11" 57° 41' 69"	Local de captação de água para abastecimento público; uso comercial e residencial do entorno; área de navegação.
EMPA (P5)	16° 05' 88" 57° 42' 65"	Uso recreativo; uso residencial; ponto localizado à jusante da saída de efluentes do frigorífico; próximo à confluência do rio Paraguaí com o Córrego do Renato.
Região do Sadao (P6)	16° 07' 86" 57° 43' 75"	Uso recreativo e residencial; ponto de lançamento de efluentes do curtume.

garrafas foram enxaguadas duas vezes com a água do próprio rio. Em seguida, foram mergulhadas a 20 cm da coluna d'água para o recolhimento do material. O armazenamento posterior, até o início das análises (máximo de 24 horas após coleta), foi efetuado em caixa de isopor com gelo.

Análise Granulométrica do Sedimento de Fundo

Para determinação do percentual de areia, silte e argila no sedimento de fundo foi utilizado o método da pipeta, conforme EMBRAPA (1997).

Para o fracionamento da areia em grossa, média e fina, foi utilizado o método de peneiramento (Suguió, 1973). As peneiras utilizadas no peneiramento apresentavam malha quadrada com as seguintes medidas: 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 600 µm, 300 µm, 75 µm. A areia retida nas peneiras de 4,75 mm e 2,36 mm foi considerada grossa; aquela que passou pela peneira de 2,36 mm, mas ficou retida nas peneiras de 1,18 mm e 600 µm foi considerada média e por fim, a areia retida nas peneiras de 300 µm a 75 µm foi classificada como fina. Essa escala foi adaptada da American Society for Testing and Materials (ASTM).

Todas as análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Geomorfologia Fluvial da Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus de Cáceres.

Análise do Sedimento em Suspensão

O material suspenso foi analisado por gravimetria no Laboratório “Analítica” (Cadastro SEMA/MT nº306/2009, VISA/MT nº5779 e CRQ/MT nº164/2009), situado na cidade de Cuiabá (MT).

Caracterização dos Pontos Monitorados

A caracterização dos pontos monitorados foi realizada através de observação com preenchimento simultâneo do “Protocolo de Avaliação das Condições Ecológicas e da Diversidade de Hábitats em Trechos

de Bacias Hidrográficas” (Callisto et al., 2002).

Segundo Rodrigues e Castro (2008), os protocolos de avaliação são instrumentos complementares utilizados no monitoramento de bacias hidrográficas. Sua aplicação consiste da observação de parâmetros (evidências de alterações antrópicas, presença de erosão e atividades próximas às margens, extensão de mata ciliar, tipo de fundo, etc.) aos quais são atribuídos pontos. Ao final da aplicação do protocolo é feita uma somatória da pontuação a qual reflete as condições ecológicas do trecho estudado (0 a 40 pontos – impactado, 41 a 60 pontos – alterado, 61 a 100 pontos – natural ou próximo as condições naturais) (França et al., 2006).

A aplicação do protocolo em cada um dos pontos foi realizada pelo mesmo observador e contemplou os dois períodos, estiagem e cheia.

As informações sobre o trecho em estudo foram complementadas por revisão bibliográfica.

Dados sobre Vazão e Precipitação

As informações sobre precipitação foram obtidas junto à Estação Pluviométrica do IFMT – Cáceres e os dados de altura do rio junto à Capitania dos Portos – Agência Fluvial de Cáceres. Os dados sobre a vazão do rio Paraguai foram levantados através de pesquisa bibliográfica e documental.

Análise dos Dados

A caracterização dos trechos foi consolidada num relatório descritivo, de acordo com a pontuação do protocolo de avaliação rápida.

Os dados sobre sedimentos foram sistematizados em tabelas e gráficos de variação espaço-temporal. Foram estabelecidas relações entre os tipos de sedimentos encontrados, as atividades desenvolvidas no entorno do curso d'água, o clima regional (precipitações) e as características naturais do manancial (vazão).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trecho em estudo contempla o canal principal e alguns canais secundários (baías) do rio Paraguai. Neste segmento, o padrão do rio é meandrante mantendo um processo intenso de erosão nas margens côncavas e deposição nas margens convexas e na planície de inundação. O corredor fluvial sofre influências dos fatores naturais e do seu uso direto (navegação e alteração da calha) e indireto (ocupação das margens devido ao processo de expansão da cidade de Cáceres).

Dessa forma, para compreender a dinâmica dos sedimentos e prever futuras mudanças (assoreamento no leito) é necessário conhecer os aspectos gerais do

ambiente (geologia, geomorfologia, solo, vegetação e uso do solo) e as atividades desenvolvidas dentro e fora da bacia de drenagem, considerando que estes elementos relacionam-se entre si, criando um grau de interdependência.

ELEMENTOS AMBIENTAIS

Segundo dados levantados por Souza (2004), o rio Paraguai, no trecho em estudo, possui sedimentos característicos da Formação Pantanal (Quartenário), constituídos basicamente por intercalações mais grossas (areia, silte, argilo-arenosa e areia-conglo-

merática). Esses sedimentos são removidos com facilidade, principalmente no período das cheias, acumulando-se em outros segmentos da planície e do canal, contribuindo para mudanças no sistema fluvial.

No mesmo segmento, são identificadas variedades de formas geomorfológicas, as quais podem ser denominadas positivas e negativas. As formas negativas são representadas por lagoas, baías, braços e furados. Quanto às formas positivas destacam-se os depósitos de barra em pontal, diques marginais e ilhas fluviais. No período das cheias ocorre conexão do rio com as lagoas e baías, enquanto na estiagem as lagoas e baías são independentes. A baixa declividade topográfica do corredor fluvial, mantendo apenas pequenos desníveis entre o canal principal e o seu entorno, torna propícia a inundação da planície (Souza, 2004).

Em termos pedológicos, registra-se a ocorrência do Gleissolo Háptico Tb Eutrófico; os Gleissolos Hápticos Tb Eutróficos encontrados na planície de inundação, no baixo curso da bacia, são solos rasos, pouco desenvolvidos, orgânicos-minerais, com características de locais planos e abaciados, sujeitos a alagamentos constantes e periódicos, marcados por uma série de terraços e planícies fluviais, e recobertos por floresta de várzea (Jacomine et al., 1995; Souza, 2004).

CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA

As transformações sofridas pelas margens do rio Paraguai no perímetro urbano de Cáceres refletiram-se nos resultados do protocolo de avaliação rápida, especialmente, na estiagem. Neste período, o aspecto predominante nos trechos observados foi o “alterado” (Figura 2). As áreas que apresentaram menor pontuação foram Baía do Malheiros (P2) e EMPA (P5), se aproximando muito da condição “impactada”. As áreas de ocupação mais rarefeita como a “Rocinha”(P3) e a “região do Sadao”(P6) receberam classificação “natural”. A cobertura vegetal em P3 e P6 é mais densa (considerando os critérios do protocolo) se comparada àquela apresentada por P2 e P5. Em consequência disso, a quantidade de solo exposto é reduzida e os processos erosivos são menos acentuados, apresentando, em alguns casos, tendências naturais (desgaste das margens côncavas, em P3, por exemplo). Em aplicação do protocolo de avaliação rápida no ribeirão Mestre d’Armas no Distrito Federal, Padovesi-Fonseca et al. (2010) também atribuíram as baixas pontuações apresentadas por alguns trechos à retirada da vegetação marginal.

Conforme ressaltado na descrição dos elementos ambientais, a topografia é plana em todo o trecho. As vertentes na margem esquerda são um pouco mais inclinadas em P2 e P4. Em nenhum dos pontos foi

diagnosticado um excesso de cobertura vegetal no leito do rio (crescimento elevado de macrófitas ou algas).

Os pontos “P1” (Baía do Iate) e “P4” (Ponto de Captação) foram classificados como “alterados”, mas com pontuações intermediárias, mais próximas da condição “natural”. No período chuvoso, o único ponto que permaneceu como “alterado” foi P2 (Baía do Malheiros) (Figura 2). Os demais (P1, P3, P4, P5 e P6) foram considerados “naturais”. Na cheia, a elevação do nível fluviométrico proporcionou a inundação da planície e a cobertura das margens. Dessa forma, a erosão marginal tornou-se menos evidente e a quantidade de solo/substrato exposta diminuiu; outras alterações na calha do rio (muros de arrimo ou canalizações) também ficaram cobertas pela água. Esses fatores devem ter contribuído para que os trechos aparentassem melhores condições de preservação no período de águas altas (cheia).

O único ponto em que foi percebido um odor em relação ao sedimento foi P2, fato possivelmente relacionado à entrada de esgoto advindo do córrego Sangradouro.

França et al. (2006) também utilizaram o protocolo de avaliação rápida para caracterizar alguns trechos do rio das Velhas em Minas Gerais, mas ao contrário do que foi observado pelo presente estudo, os autores não constataram diferenças nos resultados do protocolo quando compararam os períodos seco e chuvoso.

VARIÁVEIS HIDRODINÂMICAS

As variações na pluviosidade e no nível da água do rio Paraguai (Figura 3) indicam que as maiores concentrações de chuva ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro de 2009, bem como em janeiro e fevereiro de 2010. Para o presente estudo, o período de águas altas (cheia) correspondeu ao período de maior precipitação (fevereiro de 2010). A estiagem (águas baixas) abrangeu os meses de agosto, setembro e outubro de 2009, quando o rio apresentou sua altura mais reduzida.

Estudos realizados por Souza (2004) concluíram que a vazão média mensal do rio Paraguai estimada para 27 anos (1968-1995), na estação fluviométrica de Cáceres, variou de 249 m³/s a 1019 m³/s. Os maiores valores foram registrados nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro.

Silva et al. (2007) analisaram dados de uma série histórica de 6 anos (2000 - 2005) e também verificaram que as vazões mais elevadas no rio Paraguai, região de Cáceres, ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro e março (em média 1.100 m³/s); as menores medidas ficaram para os meses de julho a setembro (em média 200 m³/s). Dessa forma, pode-se admitir que no período de águas altas as vazões no rio Paraguai, em Cáceres,

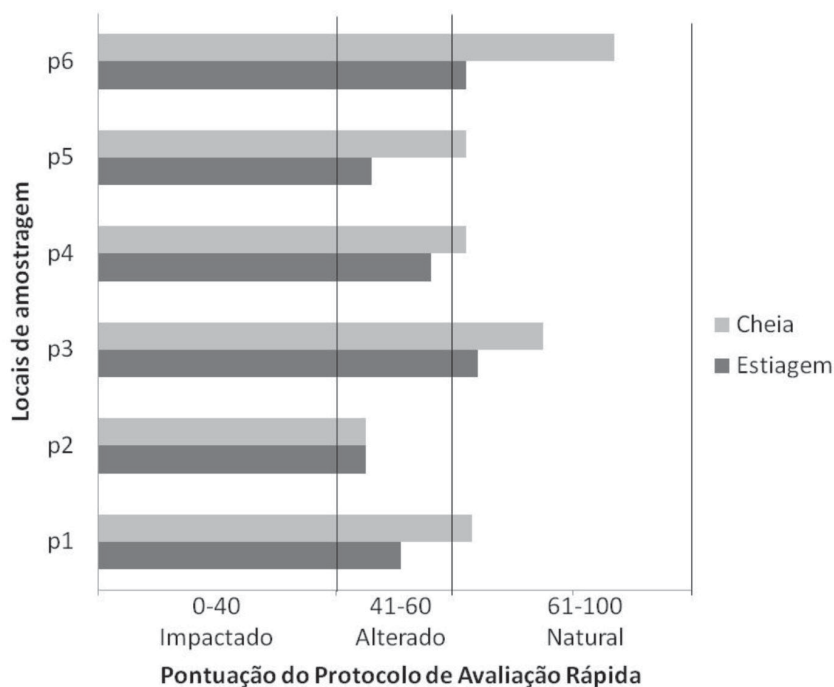


FIGURA 2. Pontuação do protocolo de avaliação rápida aplicado ao trecho do rio Paragui situado entre a Baía do Iate e a Região do Sadao.

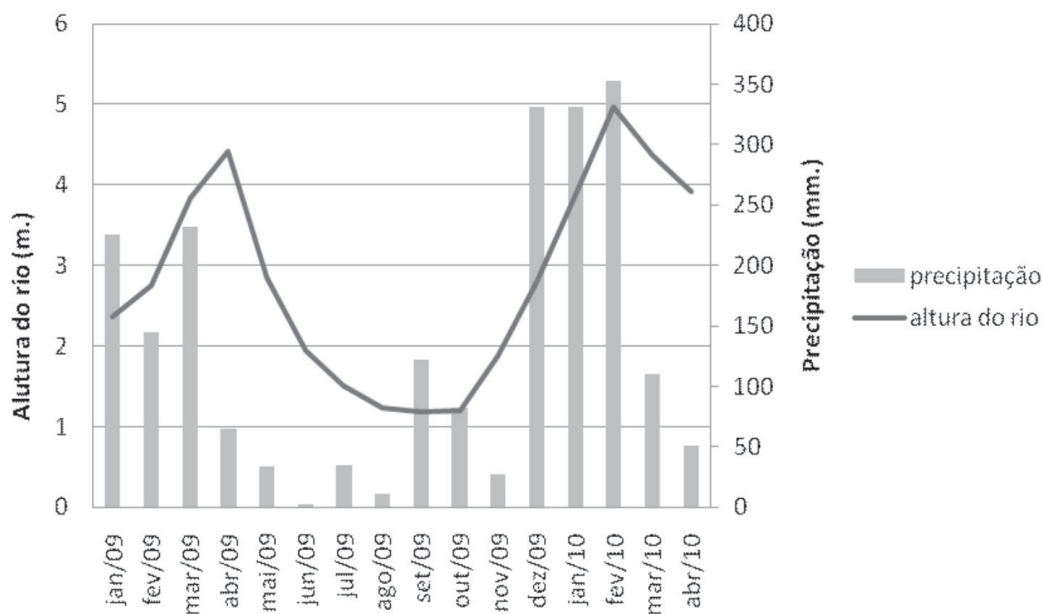


FIGURA 3. Precipitação e Nível do rio Paragui (Cáceres - MT).
Fonte: Estação Fluviométrica de Cáceres (IFMT) e Agência Fluvial de Cáceres .

assumem patamares mais elevados, ocorrendo o inverso na estiagem.

De acordo com Suguio & Bigarella (1990), o regime fluvial (variação do nível das águas) e o módulo fluvial ou vazão (volume de água medido em metros cúbicos por segundo) são fatores que influenciam diretamente a descarga sólida em cursos d'água.

A quantidade e a distribuição das precipitações alteram a vazão dos mananciais, promovendo, em muitos casos, elevação da velocidade do fluxo e da turbulência. Essas variáveis criam as condições energéticas necessárias para que a competência e a capacidade dos cursos hídricos sejam maiores nos períodos de cheia, de um modo geral (Christofolletti, 1981).

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NO FUNDO DO CANAL E EM SUSPENSÃO

Carga em Suspensão

As fontes dos sedimentos em suspensão transportados para o rio podem ser litogênicas, pedogênicas e antropogênicas; identificar essas fontes, de modo que o impacto do sedimento enquanto poluente seja avaliado, constitui uma importante medida de monitoramento de bacias hidrográficas (Poletto & Laurenti, 2008).

No segmento monitorado, a origem dos sedimentos é diversa: podem ter sido transportados de trechos à montante; podem ter alcançado a calha por escoamento superficial; podem ser resultado de erosão marginal ou retornados a calha após período de inundação. Podem ainda ter sido remobilizados pelo movimento das embarcações, já que no trecho estudado, o tráfego desta natureza é intenso.

A quantidade de carga sólida suspensa obtida por ponto de coleta está demonstrada na Tabela 2.

O aumento de sólidos suspensos registrado em P2 no período chuvoso deve estar associado ao escoamento superficial da área de entorno. A vegetação nativa da margem esquerda, neste ponto, foi suprimida e substituída por calçamento ou canteiros públicos. De acordo com Suguio e Bigarella (1990) “uma cobertura vegetal pouco desenvolvida ocasiona forte escoamento superficial e conseqüente denudação rápida do terreno com fornecimento de detritos para os sistemas fluviais”.

A Baía do Malheiros (P2) está localizada na confluência com o córrego Sangradouro; este córrego percorre as áreas urbanizadas de Cáceres e recebe volume expressivo de sedimentos através de escoamento superficial e restos de construções que são

lançados no canal. É possível que parte desta carga esteja chegando ao rio Paraguai, sobretudo no período chuvoso. Moreira & Basso (2009) verificaram, de modo similar, que o Arroio Dilúvio, localizado na região metropolitana de Porto Alegre sofre influência da drenagem urbana elevando consideravelmente a sua concentração de sólidos suspensos com a chegada das chuvas.

De acordo com Christofolletti (1981), uma parcela significativa da carga detrítica dos cursos d'água é obtida pela ação erosiva que as águas exercem sobre as margens e fundo do leito. Em P3, embora a cobertura vegetal seja mais densa – se comparada a P2 –, são visualizados contínuos processos erosivos na margem côncava (direita). Este fato, além do próprio escoamento superficial, talvez tenha contribuído para o aumento da concentração de material suspenso em P3 no período chuvoso, uma vez que a carga despreendida da margem é deslocada para o interior do canal.

De modo geral, as concentrações de sólidos suspensos aumentam com a elevação das vazões. Os trechos P1, P4, P5 e P6 contrariaram esta tendência.

A Baía do Iate (P1) é conectada permanentemente ao rio Paraguai. De acordo com Fantin-Cruz et al. (2008), as baías do Pantanal Matogrossense possuem reduzida profundidade, raramente ultrapassando 2 m. Da Silva & Esteves (1990) observaram que com as águas mais baixas as baías tendem a apresentar maior ressuspensão do sedimento devido à ação do vento e da movimentação de animais como peixes e jacarés; dessa forma, é possível que em P1, no período chuvoso, a elevação do nível fluviométrico tenha aumentado a profundidade e diminuído os efeitos da ressuspensão dos sedimentos, provocando, em consequência, a redução da concentração da carga sólida na coluna d'água. Essa ocorrência resultou numa

TABELA 2. Quantidade de sedimento em suspensão no rio Paraguai no trecho situado entre a Baía do Iate e Região do Sadao, Cáceres – MT.

Localização	Pontos Monitorados	Estiagem	Cheia
16° 02' 09" 57° 41' 01"	Baía do Iate (P1)	106 mg/L	57 mg/L
16° 03' 08" 57° 41' 34"	Baía do Malheiros (P2)	84 mg/L	270 mg/L
16° 03' 44" 57° 42' 84"	Rocinha (P3)	104 mg/L	221 mg/L
16° 04' 11" 57° 41' 69"	Ponto de Captação (P4)	145 mg/L	145 mg/L
16° 05' 88" 57° 42' 65"	EMPA (P5)	123 mg/L	90 mg/L
16° 07' 86" 57° 43' 75"	Região do Sadao (P6)	131 mg/L	58 mg/L

carga em suspensão menor na cheia e maior na estiagem. É importante considerar ainda que neste ponto, embora sejam registradas atividades antrópicas (construção e navegação), a cobertura vegetal da margem esquerda está relativamente bem preservada. Além disso, as vertentes apresentam pouca declividade. Esses fatores devem ter colaborado para que a entrada de sedimentos por escoamento superficial fosse menor.

O transporte e a carga de sedimentos no rio Paraguai estão vinculados à oscilação fluviométrica. Quando o nível da água sofre elevação no canal principal durante a cheia, parte dos sedimentos e da água se desloca para os canais secundários, baías e lagoas ou para as planícies marginais (Souza, 2004). Em compensação, quando o nível da água diminui, uma parte dos sedimentos retorna para o canal principal aumentando dessa forma, a sua concentração sólida (PCBAP, 1997).

Na cheia, em P5 e P6, a inundação da planície propiciou a saída e a deposição dos sedimentos para fora do canal principal. Na estiagem, quando a água voltou para dentro do canal, trouxe consigo parte dos sedimentos. Esses fatores podem explicar, em parte, as maiores concentrações de material suspenso na estiagem, nos dois pontos em discussão.

Justiniano (2010) estudou a dinâmica fluvial do rio Paraguai num trecho situado a montante da cidade de Cáceres e encontrou valores de sólidos suspensos maiores no período chuvoso, em todos os pontos monitorados (seis). Os valores registrados pela autora ficaram entre 29,1 mg/L - 128 mg/L (cheia) e 2 mg/L e 28 mg/L (estiagem). Estes números são bem menores se comparados aos do presente estudo. Os fatores que podem ter contribuído para esta diferença são: a ocorrência de cobertura vegetal mais densa no trecho estudado por Justiniano (2010) ou o próprio fato dos pontos estarem

localizados a montante da área urbana de Cáceres.

Carga do Leito (Sedimento de Fundo)

A deposição nos canais fluviais ocorre, quando há diminuição na competência, o que pode ser causado pela redução em declividade do leito. A descrição dos elementos ambientais enfatizou que o segmento estudado apresenta um declive muito reduzido, apresentando várias formas deposicionais, com predominância de barras laterais que modificam consideravelmente a geometria da calha (Souza, 2004).

A fração areia (grãos maiores) foi a mais abundante do trecho (em ambos os períodos), seguida das frações silte e argila (Tabela 3). Dornfeld et al. (2004) também identificaram maiores teores de areia em seu estudo sobre o sedimento do reservatório de Salto Grande em Americana, SP.

Em P1 e P2 ocorreram os maiores percentuais de silte. Suguio & Bigarella (1990) afirmam que os sedimentos finos são conduzidos pela massa de água enquanto a turbulência for suficiente para mantê-los, caso contrário, as partículas se depositam. Os pontos de amostragem P1 e P2 são baías e apresentam menor turbulência na estiagem; este fato pode ter contribuído para a deposição das partículas de silte e argila, no período e pontos em questão.

No período chuvoso, o teor de sedimentos mais finos na carga de fundo foi diminuído em todos os pontos, exceto em P4. Essa diminuição pode ser atribuída à elevação da turbulência – característica da cheia –, que permitiu ao material de granulometria reduzida (silte e argila) ser transportado novamente em suspensão.

O escoamento superficial e o transporte de trechos a montante devem ter contribuído para o incremento

TABELA 3. Porcentagem de areia, silte e argila no rio Paraguai no trecho situado entre a Baía do Iate e a Região do Sadao, Cáceres – MT.

Períodos	Pontos Monitorados	Porcentagem (%)		
		Areia	Silte	Argila
Estiagem	P1	91,15	7,95	0,90
	P2	96,10	3,45	0,43
	P3	98,45	0,85	0,73
	P4	98,98	0,63	0,38
	P5	97,75	1,18	1,06
	P6	99,25	0,56	0,18
Cheia	P1	97,61	2,95	0,41
	P2	97,60	1,85	0,48
	P3	99,36	0,41	0,21
	P4	98,68	0,68	0,63
	P5	99,93	0	0,06
	P6	100,0	0	0

de areia no trecho monitorado no período chuvoso.

Os resultados do fracionamento da areia em grossa, média e fina (Tabela 4) apontaram que na estiagem as composições granulométricas estiveram mais bem distribuídas ao longo do eixo longitudinal do rio.

Na estiagem, P2 apresentou a maior proporção de areia grossa. Esse resultado pode estar relacionado com a grande quantidade de superfície exposta da área de entorno e com o lançamento de efluentes junto ao manancial, neste trecho. Brito et al. (2009) investigaram as características sedimentares fluviais do rio Urumajó no Pará e concluíram que nos pontos onde a vegetação foi removida, existia grande quantidade de sedimentos de granulometria maior. No período chuvoso, a quantidade de areia grossa e média em P2 e P3 foi reduzida, permanecendo quase que exclusivamente a areia fina. Isso pode ser explicado da seguinte forma: com a chegada das chuvas e o conseqüente aumento das vazões, as partículas de diâmetro maior foram deslocadas, restando apenas aquelas de granulometria mais fina. Esta ocorrência reforça o que foi discutido

anteriormente em relação às variáveis hidrodinâmicas, ou seja, a competência de transporte dos rios tende a aumentar com a elevação dos débitos (Suguio, 1990; Christofolletti, 1981). Brigante et al. (2003), em seu estudo sobre o rio Mogi Guaçu no estado de São Paulo encontrou relação similar entre o aumento das vazões e o transporte de sedimentos mais grossos.

O segundo ponto a registrar presença de areia grossa foi P3, embora em proporções bem menores se comparado a P2. É possível que essa areia de granulometria maior - grossa e média em P3 - e média nos pontos seguintes, P1, P4, P5 e P6 esteja sendo transportada dos trechos a montante. Estudos realizados por Leandro (2010) constataram que em segmentos situados acima de P3, próximos à foz do rio Cabaçal, a areia grossa e média ocorrem em elevada quantidade.

A competência do rio em transportar sedimentos maiores (areia) é atestada pelo elevado teor deste material (em especial a areia fina) encontrado em todos os pontos e em ambos os períodos (Figura 4).

TABELA 4. Frações de areia grossa, média e fina por ponto e período de coleta.

Períodos	Pontos Monitorados	Carga do Leito (100 g)			
		Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte e Argila
Estiagem	P1	0	5,96	89,71	4,28
	P2	40,19	26,58	32,39	1,29
	P3	0,20	43,99	55,80	0
	P4	0	1,77	97,95	0,26
	P5	0	0,71	97,91	1,27
	P6	0	6,71	93,29	0
Cheia	P1	0	6,55	90,04	3,09
	P2	0	0,86	98,46	0,67
	P3	0,23	27,91	71,93	0
	P4	0	0,17	99,17	0,65
	P5	0	0	100	0
	P6	0	7,19	92,81	0

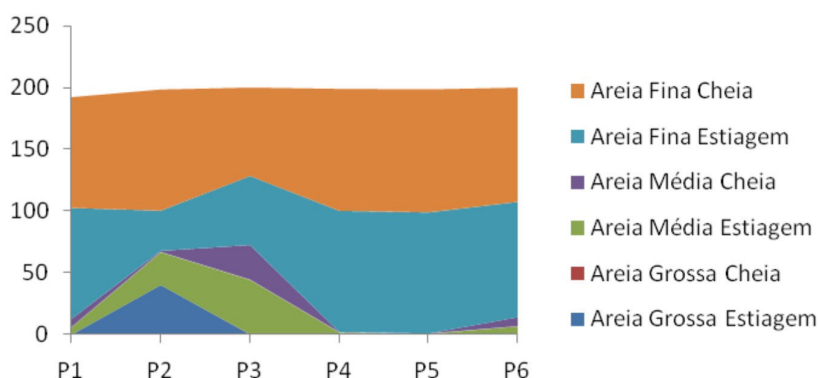


FIGURA 4. Proporção de areia grossa, média e fina no rio Paraguai no trecho situado entre a Baía do Iate e a Região do Sadao, Cáceres – MT.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protocolo de avaliação rápida se mostrou um bom instrumento de monitoramento de bacias hidrográficas, entretanto, os seus resultados devem ser juntados a outras informações, tais como qualidade hídrica ou composição sedimentar. Essa combinação possibilita melhor interpretação dos impactos sofridos pelos cursos d'água, uma vez que os resultados do protocolo podem variar conforme o observador.

No trecho analisado o sedimento predominante é a areia fina. A areia grossa foi encontrada em grande quantidade apenas em P2, ponto em que as margens sofreram fortes transformações como remoção da cobertura vegetal e impermeabilização. Este fato pode indicar uma possível entrada de sedimentos grossos por fontes externas (escoamento superficial). Outro fator que talvez esteja colaborando com a introdução de sedimentos em P2 é a confluência com o córrego Sangradouro.

A carga em suspensão está sofrendo influências diferenciadas em cada ponto, ora ligadas a fenômenos

naturais, ora ligadas a interferências humanas.

Existe distinção entre a composição granulométrica encontrada na estiagem e no período chuvoso; no trecho estudado, de modo geral, a chegada das chuvas diminuiu a participação das frações de areia grossa e média na carga de fundo e ampliou a participação da areia fina. Tal ocorrência está, provavelmente, relacionada ao aumento da capacidade de transporte proporcionada pela elevação das vazões e da turbulência.

É importante ressaltar que, em se tratando de um rio localizado no Pantanal, os futuros estudos devem contemplar também os períodos de vazante e enchente, pois eles poderiam explicar de maneira mais satisfatória a relação entre composição granulométrica e a sazonalidade. Recomenda-se ainda, ampliação da amostragem (número de repetições por ponto) de modo que as análises estatísticas sejam possibilitadas e reforcem os resultados dos trabalhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/paginas/portais/bacias/paraguai.aspx>. Acessado em: 4jul2010.
2. BIGARELA, J.J. & SUGUIO, K. **Ambientes Fluviais**. 2ª ed. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 183 p., 1990.
3. BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; POVINELLI, J.; SILVA, M.R.C.; NOGUEIRA, A.M.; FILHO, V.A. Caracterização física e química do sedimento do rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E.L.G. (Orgs.), **Limnologia Fluvial**. São Carlos: Editora Rima, p. 77-84, 2003.
4. BRITO, R.N.R.; ASP, N.E.; BEASLEY, C.R. Características sedimentares fluviais associadas ao grau de preservação da mata ciliar – rio Urumajó, Nordeste Paraense. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 1, p. 173-180, 2009.
5. CALLISTO, M.; FERREIRA, W.R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.
6. CARVALHO, N.O. Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 1, 1984, Corumbá. **Anais...** Brasília: Departamento de Difusão de Tecnologia, 1986, p. 43-50.
7. CASARIN, R. & SANTOS, S. Características ambientais na área das nascentes do rio Paraguai. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 3 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 2, 2005, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: Editora UNESP, 2005, p. 1-10.
8. CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 313 p., 1981.
9. CUNHA, S.B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A.T & CUNHA, S.B (Orgs.), **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 472 p., 2008.
10. DA SILVA, C.J. & ESTEVES, F.A. Dinâmica das características limnológicas as baías Porto de Fora e Acurizal (Pantanal de Mato Grosso) em função da variação do nível da água. **Oecologia Brasiliensis**. Rio de Janeiro, v. 1, p. 47-60, 1995.
11. DORNFELD, C.B.; LEITE, M.A.; ESPÍNDOLA, E.L.G. Caracterização física e química do sedimento do Reservatório Salto Grande, Americana, SP. In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; LEITE, M.A.; DORNFELD, C.B. (Orgs.), **Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): Caracterização, impactos e propostas de manejo**. São Carlos: Editora Rima, p. 91-105, 2004.
12. EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 212 p., 1997.
13. FANTIN-CRUZ, I.; LOVERDE-OLIVEIRA, S.M.; GIRARD, P. Caracterização morfométrica e suas implicações na limnologia de lagoas do Pantanal Norte. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 30, n. 2, p. 133-140, 2008.
14. FRANÇA, J.S.; MORENO, P.; CALLISTO, M. Importância da composição granulométrica para a comunidade bentônica e sua relação com o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio das Velhas (MG). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 7, 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2006, n.1, p. 12-14.
15. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidades>. Acessado em: 30set2009.
16. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidades>. Acessado em: 2ago2010.
17. JACOMINE, P.K.T.; CASTRO FILHO, C.; MOREIRA, M.L.C.; VASCONCELOS, T.N.N.; SOBRINHO J.B.P.L.; MENDES A.M.; SILVA, V. **Guia para identificação dos principais tipos de solos de Mato Grosso**. Cuiabá: PNUD-PRODEAGO, 50 p., 1995.

18. JANUÁRIO, E.R.S. **Caminhos da Fronteira: educação e diversidade em escolas da fronteira Brasil-Bolívia (Cáceres/MT)**. Cáceres: Editora UNEMAT, 347 p., 2004.
19. JUSTINIANO, L.A.A. **Dinâmica fluvial do rio Paraguai entre a foz do Sepotuba e a foz do Cabaçal**. Cáceres, 2010. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Mato Grosso.
20. LEANDRO, G.R.S. Aporte de sedimentos de fundo no corredor fluvial do rio Paraguai entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres – MT. In: JORNADA CIENTÍFICA DA UNEMAT, 3, 2010, Cáceres. **Anais...** Cáceres: UNEMAT, 2010, n. 3, p. 111-112.
21. MATO GROSSO – SECRETARIA DE PLANEJAMENTO. **Censo Econômico dos Municípios**. Cuiabá: 2007. Disponível em: <http://www.indicador.seplan.mt.gov.br/censo>. Acessado em: 1jun2010.
22. MOREIRA, L.G. & BASSO, L.A. A influência da precipitação no transporte de sólidos suspensos em cursos d'água urbanos: o caso do arroio Dilúvio, Porto Alegre, RS, Brasil. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 12, 2009, Montevideo. **Anais...** Montevideo, Uruguai, 2009, n. 12, p. 167-168.
23. PADOVESI-FONSECA, C.; CORRÊA, A.C.G.; LEITE, G.F.M.; JOVELI, J.C.; COSTA, L.S.; PEREIRA, S.T. Diagnóstico da sub-bacia do ribeirão Mestre d'Armas por meio de dois métodos de avaliação ambiental rápida, Distrito Federal, Brasil Central. Taubaté: **Ambi-Agua**, v. 5, n. 1, p. 43-56, 2010.
24. POLETO, C. & LAURENTI, A. Sedimentos urbanos e corpos d'água. In: POLETO, C. (Org.), **Ambiente e Sedimentos**. Porto Alegre: ABRH, p. 109-147, 2008.
25. POLETO, C. & CASTILHOS, Z.C. Impacto por poluição difusa de sedimentos em bacias urbanas. In: POLETO, C. (Org.), **Ambiente e Sedimentos**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, p. 193-227, 2008.
26. RADAMBRASIL. Levantamentos dos Recursos Naturais. Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SD 21 Cuiabá. Rio de Janeiro, 448 p., 1982.
27. RODRIGUES, A.S.L. & CASTRO, P.T.A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 161-170, 2008.
28. SILVA, A.; SOUZA, C.A.; ZANI, H.; FREITAS, D.R. Avaliação da margem direita do rio Paraguai a jusante da praia do Julião – município de Cáceres (MT). **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 1, n. 1, p. 5-19, 2007.
29. SILVA, A.; FILHO, E.E.S.; CUNHA, S.B. Padrões de canal do rio Paraguai na região de Cáceres (MT). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 1, p. 167-177, 2008.
30. SOUZA, C.A.; SOARES, J.C.O.; SILVA, L.N.P. Pantanal Mato-grossense: ocupação da planície e navegação no Rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã (MT). In: SANTOS, J.E. & GALBIATI, C. (Orgs.), **Gestão e Educação Ambiental: Água, Biodiversidade e Cultura**. São Carlos: Editora Rima, p. 1-21, 2008.
31. SOUZA, C.A. **Dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica de Ilha de Taiamã (MT)**. Rio de Janeiro, 2004. 173 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
32. SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgar Blucher, 313 p. 1973.
33. WWF – Retrato da Navegação no Alto Paraguai. **Relatório Técnico da Expedição** realizada entre os dias 13 e 14 de novembro de 1999 no Rio Paraguai entre Cáceres (MT) e Porto Murtinho (MS). Cáceres-MT; Porto Murtinho-MS, 64 p., 1999.
34. TUCCI, C.E.M. & COLLISCHONN, W. Drenagem urbana e controle de erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSÃO, 6, 1998, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, n.6, p. 128-130, 1998.

*Manuscrito Recebido em: 30 de agosto de 2011
Revisado e Aceito em: 6 de junho de 2012*