

PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Edinéia Vilanova Grizio-Orita¹

Sandra Betineli da Costa²

1. INTRODUÇÃO

A presença de sedimentos nos cursos d'água é consequência dos processos erosivos ocorridos nas suas bacias de drenagem, processos que podem ser intensificados pela expansão de atividades agrícolas. Além da contribuição das vertentes, outra fonte de sedimentos é a erosão marginal promovida pelos próprios rios.

O transporte de sedimento pelo canal é o produto final da atuação de uma série de processos que se iniciam com a precipitação que cai sobre a bacia e ao longo de seu caminho pelas vertentes interage com um conjunto de variáveis como cobertura vegetal, tipo de solo e de rocha, além do tipo de uso e de ocupação antrópica.

A ocupação antrópica da bacia na sua mais ampla variedade tem alterado sensivelmente a concentração de sedimento suspenso dos rios. Desflorestamento, atividade agrícola e mineração contribuem geralmente para o aumento da carga suspensa dos rios ao passo que a construção de barragens e a urbanização podem influir negativamente na concentração da carga suspensa (Leli, 2010).

A elevada concentração de sedimentos nos rios pode comprometer ou restringir o uso da água. Projetos de barragens, captações e estações de tratamento de água, por exemplo, são diretamente influenciados pela presença de sedimentos na fonte hídrica, bem como os organismos aquáticos e aqueles que consomem a água em seu estado bruto, diretamente do rio.

O transporte de sedimentos pela água é regido pela relação entre a capacidade de carregamento do escoamento e a força necessária para deslocar as partículas sólidas disponíveis em seu curso. As partículas mais finas e leves, como as argilas e siltes, precisam de menos energia que as partículas de areia para serem carregadas.

¹ Professora Adjunta da Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR/Brasil

² Professora do Colégio Estadual São Cristóvão - São José dos Pinhais-PR/Brasil

Escoamentos muito velozes e turbulentos possuem grande capacidade de carregamento de sedimentos, sendo pouco seletivos, ou seja, deslocam sedimentos finos e grossos. À medida que a velocidade do escoamento diminui, o transporte de sedimentos se torna mais seletivo; assim, os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos são dependentes da granulometria do material particulado presente na bacia.

Dessa forma é fato dizer que a análise da carga suspensa transportada é fator de grande importância para a compreensão da dinâmica da bacia e do estado de degradação ou preservação em que ela se encontra.

O presente trabalho evidencia a influência dos sedimentos no curso d'água, mostra exemplos de diversos autores com pesquisas relacionadas a esse assunto e esclarece algumas técnicas de medidas.

2. DISCUSSÃO TEÓRICA SOBRE O TEMA

Com o crescente aumento da população em todo o planeta, a ação humana pela ocupação e uso da terra, tem sido, entretanto o fator de maior aumento da erosão e do transporte de sedimentos nos rios, influenciando significativamente nos problemas decorrentes. Os efeitos da variabilidade climática também contribuem para o aumento da produção de sedimentos em muitas das bacias hidrográficas brasileiras.

O sedimento é o detrito rochoso resultante da erosão ou precipitação, depositado na superfície da Terra em camadas de partículas soltas quando diminui a energia do fluido que o transporta, água, gelo ou vento.

As características dos sedimentos dependem da composição da rocha erodida, do agente de transporte, da duração do transporte e das condições físicas da bacia de sedimentação.

Os sedimentos e as rochas sedimentares formadas por eles são classificados de acordo com o tamanho de grão, material constituinte, grau de arredondamento e textura.

E identificar a origem dos sedimentos é fundamental na compreensão da taxa de emissão de sedimentos e no manejo dos sedimentos erodidos na escala de bacia.

Os tipos de sedimentos são de acordo com sua origem, os sedimentos podem ser classificados em três grupos: sedimentos gerados pelo intemperismo dos continentes, sedimentos gerados a partir de restos de organismos que secretam conchas minerais e sedimentos compostos pela precipitação de cristais inorgânicos quando elementos químicos dissolvidos na água se combinaram para formar novos minerais.

De acordo com a deposição, os sedimentos podem ser agrupados como sedimentos clásticos ou sedimentos químicos ou bioquímicos. Os sedimentos clásticos são as acumulações de partículas clásticas, ou seja, aquelas geradas pela fragmentação das rochas pré-existentes na superfície, sujeitas a intemperismo. Já os sedimentos químicos e bioquímicos o intemperismo, além de gerar partículas minerais, também gera produtos dissolvidos como íons e moléculas em solução. Estas substâncias são precipitadas a partir de reações químicas ou bioquímicas, gerando sedimentos.

A origem do sedimento que é transportado pelo canal fluvial, deve-se a ocorrência de processos erosivos nas vertentes e/ou nas margens do próprio canal. Apesar de ser um processo natural, a erosão apresenta diferentes estágios de evolução que podem comprometer a utilização do solo e dos recursos hídricos.

Segundo Guerra (2005) o estágio inicial da erosão acontece com a desagregação das partículas do solo em função da pluviosidade. O ritmo que as chuvas são distribuídas durante o ano, a quantidade e a intensidade dos eventos são fundamentais para o desenvolvimento do processo erosivo.

A erosão das terras e o conseqüente transporte de sedimentos nos cursos d'água são dependentes de muitos fatores como precipitação, escoamento superficial, cobertura, uso do solo, topografia, rede de drenagem e características do sedimento.

O processo de transporte e deposição de sedimento acarreta diversas implicações tais como: o carregamento de poluentes agregados ou não às partículas, a perda de qualidade da água destinada ao consumo humano, o desequilíbrio dos ecossistemas em virtude da turbidez, o assoreamento de reservatórios e ainda mudanças na geometria do canal fluvial. Visto que todos estes problemas influem sensivelmente em impactos ambientais e sociais, o planejamento de bacias hidrográficas deve também acompanhar a dinâmica hidrossedimentológica (SILVA et al.2004, CHRISTOFOLETTI, 1995 e KIRKBY 1980).

A demanda de sedimentos em uma bacia hidrográfica é regida em função da precipitação, vegetação, uso do solo, geologia e cobertura pedológica, morfologia e geometria do canal e das vertentes. Apesar da produção de sedimento ser um fenômeno natural (relacionado aos processos de intemperismo e erosão), as interferências antrópicas no ambiente potencializam a produção de sedimento, como no caso de barragens ou do desenvolvimento urbano e da canalização e retificação de canais. Mas nem todo sedimento produzido em uma bacia hidrográfica chega aos canais fluviais, eles podem ser estocados na forma de colúvio na planície de inundação, nos terraços, nos diques e no canal fluvial (KIRKBY, 1990 e PAIVA, 2003).

O fluxo de sedimentos em suspensão nos rios é formado por uma mistura de sedimentos provenientes de diferentes fontes, cuja identificação permite avaliar as implicações das práticas conservacionistas sobre a erosão hídrica. Além disso, a identificação das fontes de sedimentos é importante para possibilitar a validação de modelos matemáticos distribuídos de produção de sedimentos (Walling et al., 2003).

A carga suspensa é estudada de várias maneiras de acordo com os objetivos almejados. A análise quantitativa da carga suspensa geralmente está ligada a interesses voltados ao assoreamento de reservatórios e tratamento de água para consumo. Análises da distribuição temporal e espacial da carga suspensa geralmente interessam as pesquisas de gerenciamento da bacia e determinação do impacto de sua ocupação.

Stevaux et al. (2009) avaliaram a carga suspensa do rio Paraná na região de Porto Rico - PR, com o intuito de estimar o impacto na ecologia local causado pela redução da turbidez na água do rio devido retenção feita na barragem de Porto Primavera.

Já Moraes (2007) quantificou espacialmente a produção de sedimento e a perda de solo dos setores ocupados pela agricultura na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá produzindo estimativas sobre a dinâmica ambiental da área.

Santos (2005) desenvolveu um trabalho que buscou integrar os aspectos sedimentológicos com as características geomorfológicas dos depósitos de planície aluvial do curso Superior do rio Paraná.

A carga suspensa do rio Araguaia como um dos parâmetros para determinar a degradação da bacia devido ao seu intenso uso agrícola foi estudada por Aquino et al. (2005).

A carga sedimentar é que tem maior importância morfodinâmica no sistema fluvial, uma vez que por meio dos processos de erosão e deposição constrói as morfologias fluviais.

A carga suspensa juntamente com a carga de fundo de um rio controla a morfologia e o padrão do canal, as características da planície de inundação, além de interferirem na ecologia e no uso da água fluvial. Com isso, pode-se dizer que seu conhecimento é imprescindível ao gerenciamento de um rio.

Desteffani et al. (2004) analisaram os impactos produzidos pela construção da barragem de Porto Primavera no rio Paraná e verificaram que as transformações mais rápidas e imediatas ao ambiente foram introduzidas pela redução da carga suspensa do rio, que ficou retida na barragem. O processo de barragem ocasionou nos primeiros três anos após o fechamento da represa a redução de sedimento suspenso. Esse fato produziu uma redução extrema na turbidez da água, aumentando a eficiência dos predadores, por maior visibilidade das presas, o que comprometeu imediatamente a ecologia local.

Minella et al. (2007) desenvolveram uma pesquisa com o propósito de identificar as principais fontes de sedimentos de duas bacias rurais de cabeceira no Sul do Brasil, as quais são representativas do sistema agrário e das características fisiográficas da região.

Chien (1984) identificou a intensificação da erosão das margens pela redução da carga suspensa provocada pela construção de barragens em rios da China. Nesse caso, o autor relata a ocorrência de retroalimentação negativa, uma vez que o aumento da erosão marginal promoveu à recuperação da carga suspensa original a jusante da barragem.

A carga de fundo está também ligada à dispersão de poluentes uma vez que devido ao poder de adsorção da argila, o sedimento transportado pode ser facilmente contaminado.

De acordo com Knighton (1998), a concentração de sedimento suspenso varia não apenas com a descarga, mas também ao longo do ano. Dessa forma, para uma mesma descarga pode-se obter diferentes valores de concentração a depender da estação do ano ou do posicionamento em relação à passagem da onda de cheia.

No Brasil o estudo dos sedimentos tem grande importância por causa de interferências antrópicas, como por exemplo, mau uso do solo, causando diversos problemas pela erosão, voçorocas, transporte de sedimentos nos rios, depósitos em locais indesejáveis e assoreamento das barragens.

Estudos de verificação do aumento da produção de sedimentos devem ser realizados com um mínimo de cinco anos de dados com adequada frequência de operação do posto, com medições em toda a variação do nível d'água e maior quantidade no período chuvoso, ocasião de maior descarga sólida. Quanto maior o período de observação mais confiança se terá nos resultados e melhor média representativa.

3. ESTUDO DE CASO

Um exemplo de estudo de caso é o trabalho de Leli et al. (2010), que mostra a variação espacial e temporal da carga suspensa do rio Ivaí. Onde os mesmos avaliaram um período de 31 anos do comportamento da carga sedimentar suspensa do rio Ivaí enfocando a proveniência, perda ou acumulação de sedimento suspenso considerando toda a rede hidrográfica da bacia, bem como, o próprio canal do rio Ivaí.

Os autores tiveram como objetivos específicos analisar o comportamento da carga suspensa no decorrer do período de 1977 a 2008 e as suas relações com o a descarga líquida; Avaliar a composição da carga suspensa em três locais da bacia, correspondentes ao alto,

médio e baixo curso da bacia e apresentar uma revisão teórica sobre a carga suspensa fluvial e nas metodologias de trabalho utilizadas para sua análise.

A justificativa de Leli et al. para essa pesquisa é que a mesma deverá adicionar importantes informações sobre as características hidrossedimentológicas da bacia do rio Ivaí e, juntamente com recentes projetos nela desenvolvidos fornecerá dados para o seu gerenciamento.

Para o canal do rio Ivaí, por exemplo, Leli (2010) definiu três pontos de coleta localizados de acordo com as características geológicas e de relevo da bacia (Figura 1). O objetivo dessa distribuição foi o de identificar as possíveis variações na contribuição e na composição da carga suspensa a cada setor.

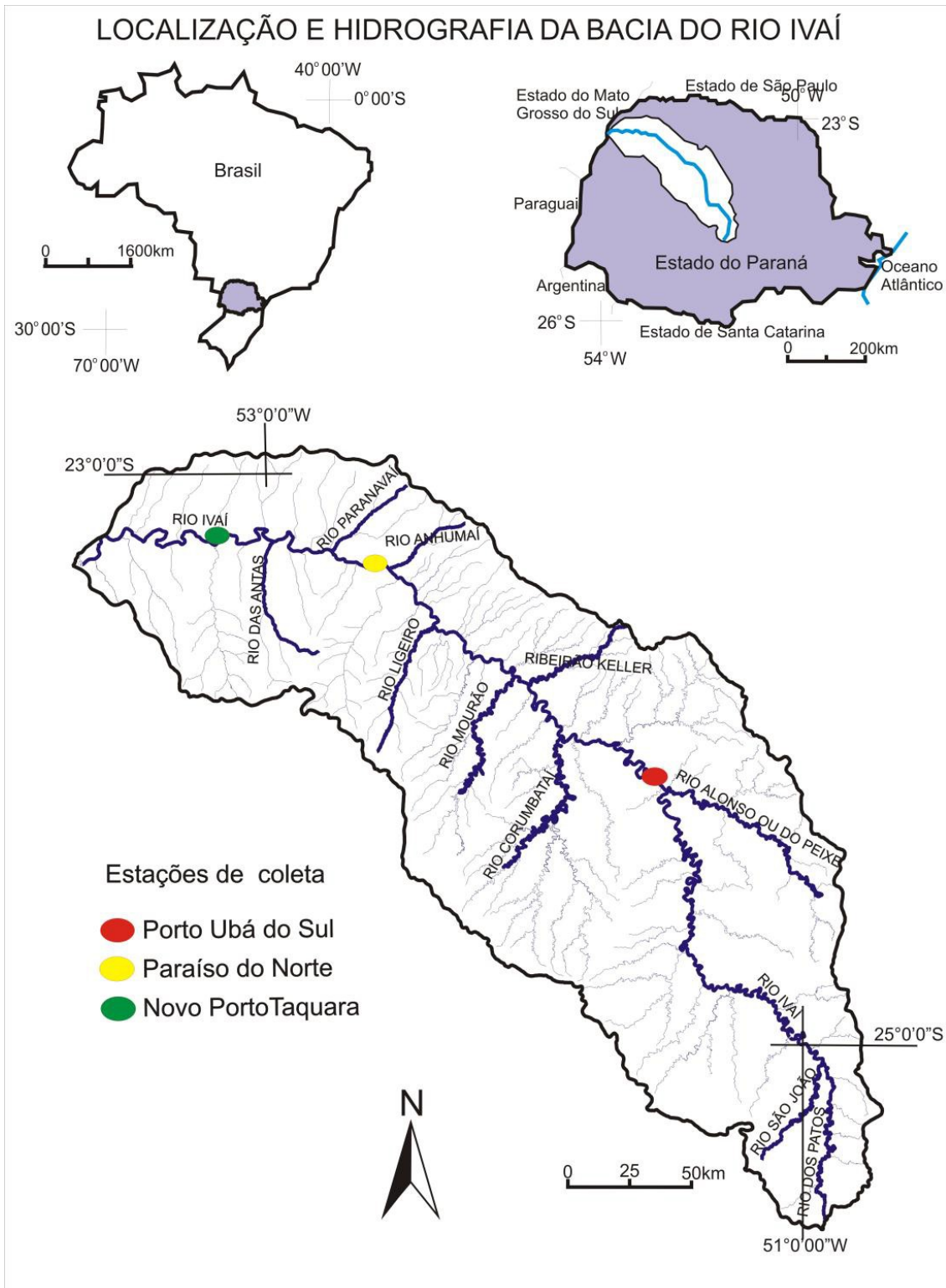


Figura 1: Bacia do rio Ivaí e pontos de coleta de água para avaliar a variação espacial da carga suspensa entre os setores alto, médio e baixo (LELI, 2010)

Fonte: Leli et al. (2010)

Conforme as características do fluxo a concentração de sedimento suspenso varia também lateralmente no canal, por esse motivo é proposto que as coletas sejam feitas em

pontos diferentes porque se for realizada a coleta em um único ponto, corre-se o risco de obter resultados falsos.

Para o levantamento de carga suspensa que o rio Ivaí transporta Leli et al. (2010) definiram três pontos para amostragem na seção transversal, sendo as margens, direita e esquerda e o centro do canal (Figura 2).

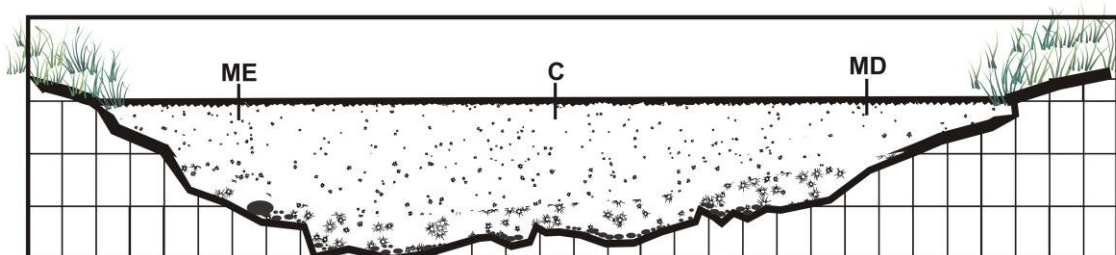


Figura 2: Seção de canal com plano de amostragem. ME, C e MD corresponde à margem direita, centro e margem esquerda

Fonte: Leli et al. (2010)

Existem várias maneiras de coleta para análise de carga suspensa, tanto com aparelhagem, como técnicas de análise. De acordo com Leli et al. (2010), os equipamentos e as técnicas variam conforme a necessidade e os objetivos do trabalho, no entanto, o alto custo para aquisição destes aparelhos pode ser um atenuante para a realização do levantamento. Nesses casos, a coleta pode ser realizada utilizando-se de equipamentos mais simples, de confecção artesanal e menor custo (Figura 3).

Segundo os mesmos autores as amostras podem ser coletadas por vários tipos de coletores que podem ser separados em três tipos fundamentais: a) coletores pontuais instantâneos, b) coletores pontuais de garrafa ou de bombeio e c) coletores integradores.

No primeiro caso, a garrafa de “Van Dor” é um dos equipamentos mais comuns, trata-se de um tubo de PVC de diâmetro entre 5 a 10 cm e que se fecha instantaneamente pelo envio de um mensageiro na profundidade desejada.

Os coletores pontuais de garrafa ou de bombeio coletam água num determinado ponto, mas ao longo do tempo de preenchimento da garrafa amostradora (Figura 3). O amostrador integrador percorre toda a coluna de água, da base para o topo, enquanto a garrafa amostradora é preenchida.



Figura 3: Coleta de água para análise de sedimento suspenso no rio Ivaí, ponte de Porto Ubá com coletor pontual de garrafa

Fonte: Leli et al. (2010)

Procedimento de laboratório realizado por Leli et al. (2010)

A quantidade de sedimento suspenso pode ser obtida indiretamente por: 1) filtração, 2) evaporação ou 3) granulômetro a laser.

Em qualquer dos métodos utilizados, as amostras coletadas são armazenadas em geladeira e ao abrigo de luz para evitar proliferação de algas.

1) - Método de filtração: consiste no método mais utilizado nos trabalhos de análise e quantificação da carga suspensa e utiliza filtro de membrana “millipore” AP 40 de microfibras de vidro com passagem de 1,5 μ m.

□ Os filtros são enumerados e embalados em papel alumínio. Posteriormente, queimados em mufla por 01h em temperatura constante de 480 °C, e após o resfriamento, pesados em balança analítica de precisão até obter o peso constante, sendo posteriormente armazenados em lugar seco para o próximo procedimento;

- para iniciar a filtração, a amostra de água deve estar em temperatura ambiente e ser muito bem agitada a ponto de que as partículas de sedimento não fiquem aderidas nas paredes e no fundo da garrafa;
- os filtros são colocados no aparelho de filtração (*many fold*) acoplado em bomba a vácuo. Duas amostras de 500 mL cada uma são despejadas nas canecas e filtradas. Após esse processo, os dois filtros de membrana (amostra e réplica) com o sedimento são armazenados novamente na respectiva embalagem de papel alumínio;
- em seguida, as amostras (filtros com sedimento) são acondicionadas em estufa para secagem por um período de 24h em temperatura de 105 °C;
- após a secagem, os filtros são pesados novamente (por várias vezes) até obter o peso constante;
- a carga suspensa é determinada pela diferença do peso final do filtro pelo peso inicial e multiplicado pelo volume filtrado (g/L);
- a obtenção da concentração da carga suspensa total em mg/L, é obtida pela equação:

$$Cst=(Pf - Pi) \times 1000 / 0,5$$

em que, Pf é o peso do filtro após a filtração e secagem e Pi é o peso inicial do filtro (antes da filtração), 1.000 o fator de conversão das unidades g em mg, e 0,5 o volume filtrado.

Se houver interesse em separar a carga suspensa mineral da orgânica, outro procedimento é necessário:

- os filtros são queimados novamente em mufla por 4h em temperatura constante de 480 °C para se obter a queima da matéria orgânica. Novamente, os filtros são pesados até obtenção de peso constante;
- a diferença de peso entre os procedimentos antes e após a última queima em mufla corresponde ao conteúdo de matéria orgânica no material suspenso;

$$Cmo= (Pf - Pfq) \times 1.000 / 0,5$$

sendo Cmo a concentração da matéria orgânica em suspensão, 1.000 fator de conversão de unidades, 0,5 o volume filtrado, Pfq peso do filtro após a queima, Pf peso do filtro antes da queima.

A concentração da carga suspensa mineral é dada pela diferença dos pesos entre Cst e Cmo.

2) - Método da evaporação: neste método, determinado volume de amostra é posto em um Becker pré-pesado levado à evaporação à temperatura de pelo menos 105 °C para que a umidade seja totalmente extraída do material, principalmente, se o material for argila.

Orfeo (1995) comparou os dois métodos e constatou que o método da evaporação apresentou valores de concentração cerca de 20% mais elevados que no método da filtração. Isso se deve à inclusão da carga dissolvida que fica retida no caso de evaporação, mas é descartada na filtração.

No caso em que há interesse na análise mineralógica da carga suspensa, principalmente na difratometria de raios X, um volume maior de sedimento pode ser necessário. Nesse caso, recomenda-se a filtração de amostras maiores ou a utilização do método de evaporação em condição diferente da mencionada acima. Neste caso, a evaporação da água deve ocorrer entre 60 e 80 °C de forma que não haja danificação na estrutura cristalina das argilas analisadas (MEXIAS, com. pes. - Coordenador do Laboratório de difratometria de raios X do Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre).

3) - Método Granulômetro a Laser: embora seja considerado por muitos o melhor método para este tipo de análise, ainda é pouco utilizado no Brasil pelo alto custo do equipamento. O aparelho analisa a quantidade de sedimento bem como, o tamanho das partículas. Isto acontece pelo fenômeno de espalhamento de um feixe de luz laser de baixo ângulo que, mediante a uma calibração prévia, permite detectar a presença e tamanho das partículas. O granulômetro a laser é um aparelho composto por três peças fundamentais: 1) Unidade Ótica – usada para coletar dados obtidos durante o processo de medida do tamanho da amostra; 2) Unidade de Preparação da Amostra – finalidade principal é a preparação da amostra para a análise; e 3) computador – opera com o programa Malvern Software comandando as operações do sistema de leitura e medições.

Os autores concluem essa pesquisa destacando que a magnitude da carga suspensa está relacionada além das suas características naturais, com o tipo de desenvolvimento econômico de uma região, ou seja, com o uso e a ocupação do solo da bacia.

Deste modo, a quantidade de carga suspensa transportada por um rio pode ser utilizada como indicador de alterações ambientais introduzidas na bacia.

A carga de sedimento suspenso tem uma relação direta, ainda que com certa dispersão, com a vazão líquida do rio.

Como toda variável têmporo-espacial, o estudo da carga suspensa exige que as coletas de amostras sejam efetuadas em determinados períodos do ano hidrológico.

A confiabilidade dos estudos que envolvem o comportamento da carga suspensa necessita como a maioria dos procedimentos hidrológicos, de uma série histórica adequadamente longa e contínua. O tamanho ideal dessa série   ainda motivo de estudos.

4. CONSIDERA ES FINAIS

Estudos na composi o da carga suspensa são utilizados com várias finalidades, mas principalmente na avalia o de fontes poluentes que podem estar contaminando o sistema. Assim, as características de cada estudo exigem metodologias variadas, que utilizam equipamentos e calendários também bastante variados. Além disso, outras variáveis como tamanho, forma, ocupa o da bacia são consideradas na determina o da metodologia a ser empregada nos estudos da carga suspensa (Leli, 2010).

De acordo com essa mesma autora a metodologia de coleta e análise de amostras de água para estudo da carga suspensa varia principalmente conforme a natureza do estudo, o desenho da rede hidrográfica, as características do canal no local de amostragem e nas características gerais da bacia (forma, regime hidrológico, geologia, etc.).

De acordo com Martoni (1997) o uso de modelos matemáticos também se torna útil para identificar, simular e quantificar as trocas de energia entre os diversos aspectos contidos nesse sistema.

Também foi possível verificar através da leitura de diversos trabalhos que estudos da carga fluvial suspensa são elaborados com várias finalidades e que o aumento da produ o de sedimentos se deve a diversas causas e não somente ao efeito do aumento da precipita o e da vazão, como seja o aumento de áreas desmatadas para agricultura e assentamentos humanos com a conseqüente erosão acelerada, certamente sendo essa a principal causa.

As estradas e a rede fluvial também são fontes importantes de sedimentos, a correta aloca o e manuten o das estradas e a preserva o das áreas ciliares têm significativo impacto na redu o da erosão e da produ o de sedimentos em projetos de conserva o e manejo de solos em bacias hidrográficas, além de serem fundamentais para garantir a qualidade do ecossistema fluvial, por isso os programas de capacita o e implementa o de práticas de manejo conservacionista dos solos são essenciais.

5. REFERÊNCIAS

AQUINO, S., STEVAUX, J. C., LATRUBESSE, E. M. *Regime Hidrológico e Aspectos do Comportamento Morfohidráulico do Rio Araguaia*. Revista Brasileira de Geomorfologia. v.6, n.2, p.29-41, 2005.

CHIEN, N. *Changes in river regime after the construction of upstream reservoirs*. Earth Surface Processes and Landscape. n.10, p.143-159, 1984.

CHRISTOFOLLETI, A. Condicionantes geomorfológicos e hidrológicos aos programas de desenvolvimento. In: *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. (Tauk, S.,org.), 104-106, São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

DESTEFANI, E. V.; SOUZA FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. *A erosão marginal nas ilhas mutum e carioca (PR-MS) antes e depois da UHE Porto Primavera (Engº Sérgio Motta)*. In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, 2004, Santa Maria-RS, 2004. IAG:UGB, 2004. p. 1-11.

GUERRA, A. J. T. *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

KIRKBY, M, J. The problem. In: Kirkby, M, J. e Morgan, R. P. C. *Soil Erosion*. 1-16, Brisbane: John Wiley e Sons, 1980.

KIRKBY, M. J. Drainage basins and sediment transfer. In: *Geomorphology in environmental management* (Cooke, R. U. e Doornkamp, J. C. org.).178-200. Oxford: Clarendon Press, 1990.

KNIGHTON, D. *Fluvial forms & processes – A New Perspective*. London: Arnold, 1998.

LELI, I. T. *Variação espacial e temporal da carga suspensa do rio Ivaí*. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

LELI, I. T.; STEVAUX, J. C.; NÓBREGA, M. T. *Produção e transporte da carga suspensa fluvial: teoria e método para rios de médio porte*. Boletim de geografia, Maringá, v. 28, n. 1, p. 43-58, 2010

MARTONI, A. M. *Modelagem matemática em bacias hidrográficas*. 1997. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1997.

MORAES, E. S. *Aplicação de modelos para estimativa de produção de sedimentos na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá-PR*. 2007. Monografia- Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

MINELLA, J. P. G. et al. *Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:1637-1646, 2007.

PAIVA, E. M. C. D. *Métodos de estimativa da produção de sedimentos em pequenas bacias hidrográficas*. In: *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. (Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. org.). Porto Alegre: ABRH, 2003.

SANTOS, M. L. *Unidades geomorfológicas e depósitos sedimentares associados no sistema fluvial do rio Paraná no seu curso superior*. Revista Brasileira de Geomorfologia. Ano 6, n.1, p.85-96, 2005.

STEVAUX, J. C., MARTINS, D. P. & MEURER, M., *Changes in regulated tropical rivers: the Paraná River downstream Porto Primavera Dam, Brazil*. Geomorphology, 2009.

WALLING, D. E.; HE, Q. & WHELAN, P. A. *Using Cs-137 measurements to validate the application of the AGNPS and ANSWERS erosion and sediment yield models in two small Devon catchments*. Soil Till. Res., 69:27:43, 2003.