

## ANÁLISE HIDROSEDIMENTOLÓGICO DA BACIA DO RIO MUNDAÚ PELA EQUAÇÃO DE YANG

*Alison Katherine Yañez Garcia<sup>1</sup>; Carlos Ruberto Fragoso Junior<sup>2</sup>*

**Resumo** – Paralelamente ao ciclo da água, existe outro ciclo, aberto, que envolve o deslocamento, o transporte e o depósito de partículas sólidas presentes na superfície da bacia; o ciclo hidrossedimentológico. A gestão integrada dos recursos hídricos considera vital atender os problemas que podem decorrer das alterações deste ciclo natural. Dito isso, foi avaliada a bacia do Rio Mundaú nos estados de Maceió e Pernambuco, através do ARCGIS e da criação de um macro baseado nas equações de Yang que determina a descarga sólida num ponto determinado e tempos variáveis em função do perfil transversal, o tipo de solo e a vazão medida, determinou-se a concentração de sedimento para dois tipos de solo, areia e seixo, com a vazão máxima diária para os anos 1974 até o 2006 e obteve-se concentração de 17,94 até 14467,29 (ton.día<sup>-1</sup>). O ajuste destes resultados foi em relativa concordância com os parâmetros da ANA.

**Palavras-Chave** – Ciclo hidrossedimentológico, Yang, ARCGIS.

## HYDROSEDIMENTOLOGICAL ANALYSIS FOR THE BASIN OF THE MUNDAÚ RIVER BY THE YANG EQUATION

**Abstract** – Parallel to water cycle, there is another open cycle, wich involves dragging, transport and deposition solid particles on the surfasse basin; wich is hydrosedimentological cycle. The integrated management of water resources considered vital to address the problems that can come from this natural cycle disorders. Then, it has been evaluated the basin of Mundaú river in the states of Maceió and Pernambuco, through ARCGIS and the creation of a macro based on the Yang equations wich calculates the sediment discharge at a given point for varying times according to the cross section, the type of soil and the flow rate, it was determined the concentration of the sediment for two types of soil, sand and gravel, with maximum daily flow for the years 1974-2006 and was obtained concentration of 17,94 to 14467,29 (ton.day<sup>-1</sup>). The adjustment of these results have a relative consistence with ANA parameters.

**Keywords** – Hidrosedimentological cicle, Yang, ARCGIS.

<sup>1</sup> Eng. Alison Katherine Yañez Garcia, Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento UFAL – CTEC, 96205049, ayanezgarcia@gmail.com

<sup>2</sup> Professor. Carlos Ruberto Fragoso Júnior, Centro de Tecnologia UFAL, Campus A.C. Simões, BR 101 Norte, Km14, Tabuleiro dos Martins, 57072970, 558232141605, crubertofj@hotmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo, os processos em ação no ciclo hidrossedimentológico acabam por moldar as feições das bacias hidrográficas, dando-lhes as formas que hoje conhecemos; perfis longitudinais dos cursos d'água e dos interflúvios mais suaves, rede de drenagem mais densa e mais entalhada em certos locais e leitos que se vão alargando e diminuído de tamanho. Estas três formas consideram-se como as peças mestras do sistema natural de produção de sedimentos de qualquer bacia.

São inúmeras as atividades da ação do homem que aceleram processos como a erosão natural dos interflúvios e o aumento das agressões às calhas dos rios. Entre as atividades que mais afetam o ciclo hidrossedimentológico, destacam-se o desmatamento, a agricultura, a urbanização, a mineração, a construção de estradas, a retificação e o barramento dos cursos de água (Tucci, 1993).

A área a ser estudada, a bacia hidrográfica do rio Mundaú, houve uma importante enchente no junho de 2010 que provocou mortes, inundações e destruição de estradas, pontes e casas. (Fragoso Jr. et al., 2010). Deste modo, uma análise hidrossedimentológico fornecerá um entendimento sob a tendência da evolução da produção efetiva de sedimentos para poder prever possíveis desequilíbrios do ciclo.

A utilização do ARCGIS permite realizar uma análise hidrológica da bacia, determinando suas características fisiográficas e quantifica dentro da bacia os diferentes tipos de solos existentes nela. Com o macro criado, permite-se quantificar o sedimento para cada tipo de solo determinado anteriormente em função de medição de vazões para cada ano.

Neste contexto, o trabalho apresenta como objetivo principal analisar o ciclo hidrossedimentológico da bacia do rio Mundaú através de um macro utilizando unicamente as equações de Yang.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Mundaú está localizada nos Estados de Pernambuco e Alagoas. Localiza-se entre as coordenadas 08°41'34" e 09°36'11" de latitude sul, e 35°48'15" e 36°39'60" de longitude oeste. A bacia do rio Mundaú limita-se ao norte com a bacia do rio Uma, ao sul com Estado de Alagoas e com o grupo de bacias de pequenos rios interiores, a leste com a bacia do rio Uma e como o Estado de Alagoas e, o a oeste, com a bacia do rio Uma (Agência Pernambucana de Águas e Clima).

A bacia tem uma área de 4126 km<sup>2</sup>, os níveis da rede de drenagem foram determinados pelo método de Strahler dentro do ArcGis definindo até um terço nível. O comprimento do rio principal é 141 km com altitudes máxima e mínima de 769 e 14 metros, respectivamente.

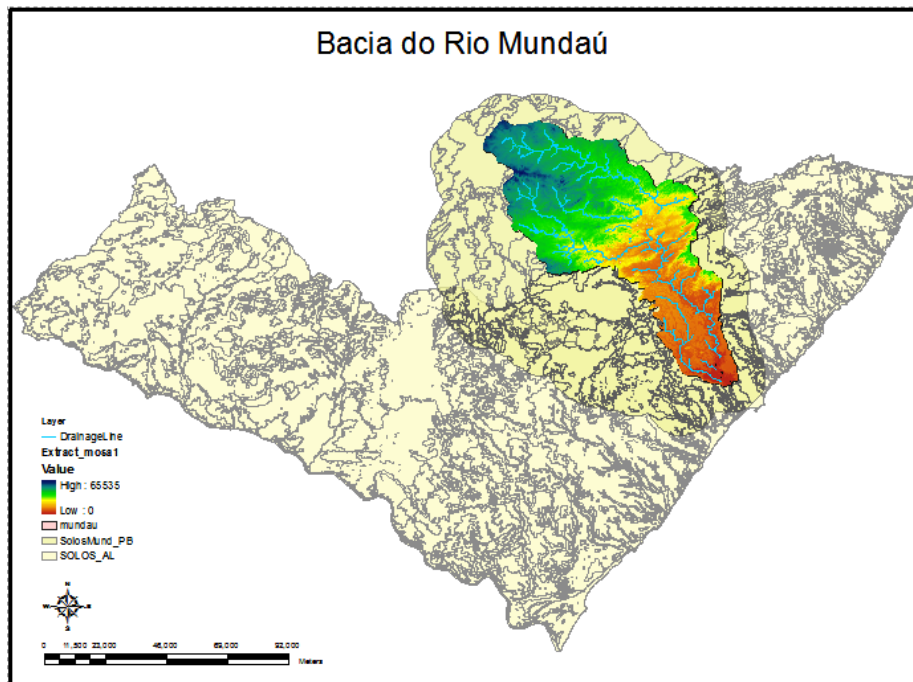


Figura 1 – Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú – Adicionada a bacia encontram-se os arquivos de solos de Alagoas e Pernambuco integrados no ARCGIS.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Materiais

Para o presente trabalho foram utilizadas imagens de satélite Geotiff com resolução de 90 m, de agosto de 2008; obtidos através do site <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>. Foram utilizados três arquivos em formato shape, dois deles foi o tipo de solo tanto de Alagoas como de Pernambuco e o terceiro propriamente da bacia hidrográfica.

Foi selecionada como ponto de análise a estação de Boa Fortuna, através da Agência Nacional das Águas (ANA), com o Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB) (Tabela 1), foram obtidos dados de vazão e perfis transversais necessários para gerar o cálculo do sedimento, os dados disponíveis de vazão encontram-se a partir do ano 1974 até 2006 mais os dados dos perfis encontram-se a partir do ano 1986, por tanto a faixa de análise é dos anos 1986 até 2006 (Tabela 2). Assim também foi possível obter um pequeno banco de dados de registros de sedimentos e temperatura da água para os mesmos anos, que foram utilizados na calibração do macro.

Tabela 1 – Posto pluviométrico utilizado

Código	Nome do posto	Estado	Município	Operadora	Período de observação
39770000	Fazendo Boa Fortuna	Alagoas	Rio Largo	CPRM	1974 - 2006

Tabela 2 – Dados de vazões, perfis transversais e materiais sólidos concentrados.

Cota	Vazão	Área Molhada	Largura	Vel. Media	Concentração Mat.Suspensão
45,3	11,25	61,94	44,00	0,182	25,56
47,4	27,90	72,70	48,00	0,383	38,73
45,2	15,00	61,50	45,50	0,245	11,76
44,1	8,80	62,40	45,50	0,142	28,65
61,5	158,99	143,99	57,50	1,104	623,63
50,2	51,00	80,10	44,00	0,637	129,81
53,4	76,20	101,94	48,00	0,747	182,96
44,4	9,86	59,46	44,00	0,166	32,02
45,0	11,65	62,03	45,00	0,188	43,67
45,4	14,84	65,83	47,00	0,226	21,83
45,4	16,76	65,80	44,00	0,255	51,79
59,9	142,00	123,00	50,00	1,154	572,62
39,5	48,71	89,04	47,00	0,547	55,47
44,6	10,74	76,21	45,00	0,142	19,47
54,6	105,60	111,30	44,00	0,949	273,73
47,4	33,00	74,80	46,00	0,442	35,70
56,0	113,00	119,00	49,00	0,950	127,50
46,9	27,80	69,70	45,00	0,399	37,09
46,6	26,00	57,70	47,00	0,385	23,33
43,5	7,16	56,70	44,56	0,126	18,82
50,2	50,20	79,00	44,00	0,636	146,13
49,3	50,40	85,00	48,00	0,592	61,55
45,5	13,60	67,20	45,00	0,203	23,93
46,3	19,10	72,26	44,00	0,264	64,54
51,8	68,90	92,00	48,02	0,749	114,78

### 3.2 Processamento

O análise hidrológico da bacia foi gerado no ArcGis 9.3, com a utilização dos arquivos do RSTM conformando o mosaico e obtendo as características fisiográficas através da aplicação do ArcHydro; sendo uma inclinação do rio principal de 535,46 (cm/km). A classificação do solo foi feito a partir das aplicações do mesmo ArcGis, determinando o tipo de solo dentro da bacia hidrográfica para cada minibacia, conseguindo uma estimativa das áreas com material mais granular o menor.

### 3.3 Macro

O macro foi feito com a concepção das equações de Yang (1976); e seu objetivo principal é determinar a concentração sólida num ponto ou trajeto específico que tenha por concepção parâmetros como perfis transversais, dados de vazão, temperatura de água e parâmetros standardizados como densidades de água e solo. O coeficiente de Manning que é aplicado dentro do macro é determinado por duas vias, a primeira uma equação proposta pelo mesmo Yang e a outra são valores médios determinados pelas equações de Kutter e Manning.

O macro requer como dados de ajuste as vazões observadas e a descarga líquida ou sólida. O seguinte fluxograma faz ênfase na descrição do roteiro feito na bacia.

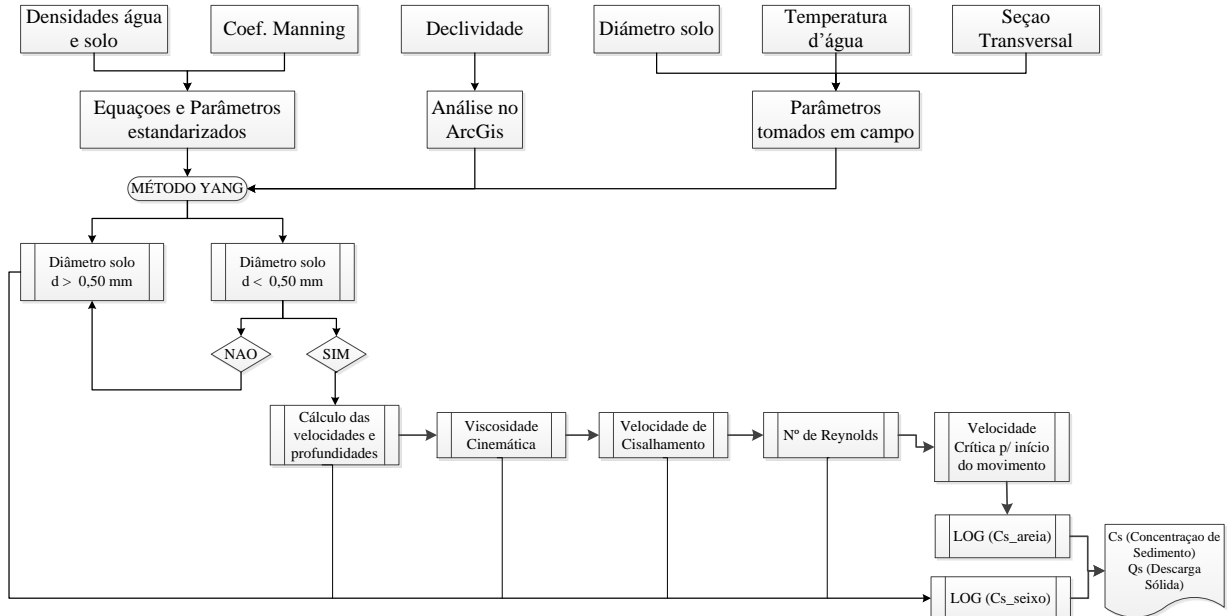


Figura 2 – Fluxograma descritivo do macro para cálculo de sedimentos.

#### 4. RESULTADOS

O cálculo da concentração do sedimento e a descarga sólida são mostrados na Tabela 3, deve-se esclarecer que foram utiliza para este cálculo as vazões máximas diárias dos períodos 1974-2006, é claramente observável a existência de registros com valores altos de vazões que são justificados pelos históricos de cheias, sendo estes períodos os que maior transporte de sedimentos foram acarreados no estado alagoano. Na Figura 3 podem-se observar as vazões máximas utilizadas.

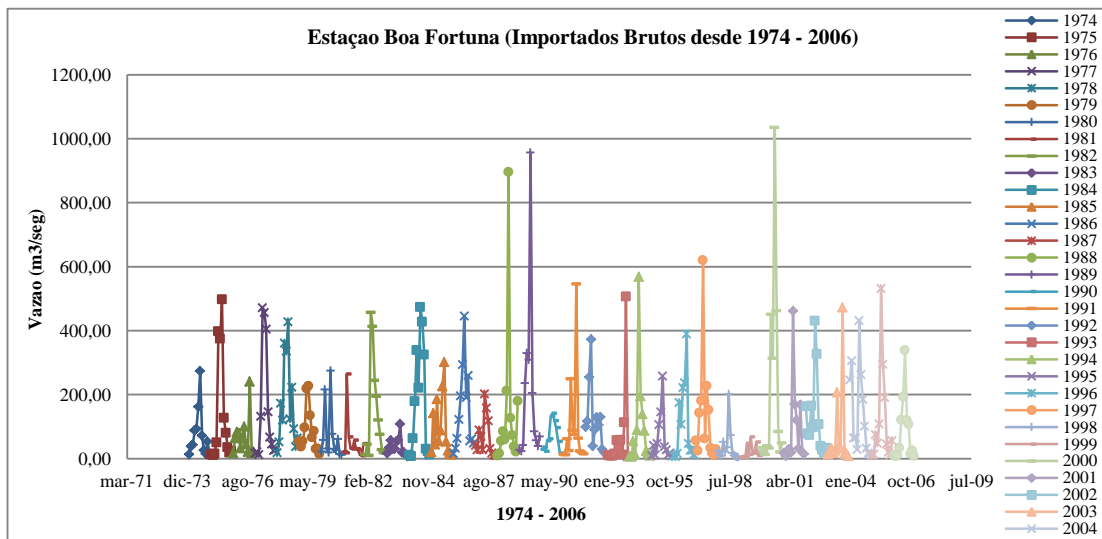


Figura 3 – Vazões Máximas Diárias desde 1974 até 06 – Estação Boa Fortuna

A seção transversal do rio Mundaú a cada ano transforma a bacia hidrográfica, observando na Figura 4, as mudanças tanto em largura como em profundidade foram determinadas e consideradas na determinação da produção dos sedimentos, através do Hidro 1.2 foram esboçadas as correspondentes geometrias.

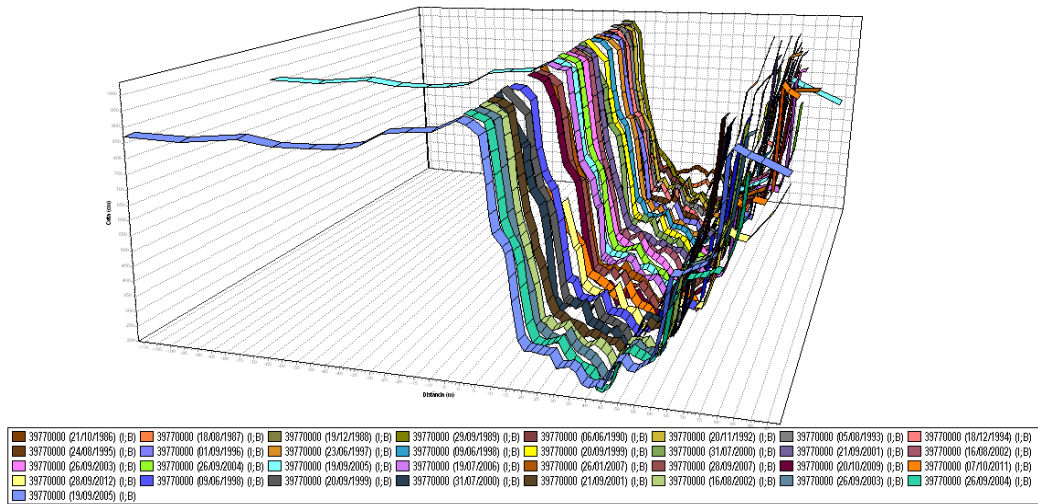


Figura 4 – Mudança do perfil transversal do rio tomados a cada ano

Foi determinado em porcentagem o tipo de solo que se encontra dentro do território alagoano, obtendo uma porcentagem maior, 41,81%, de solo equigranular classificado como PA (Figura 5).

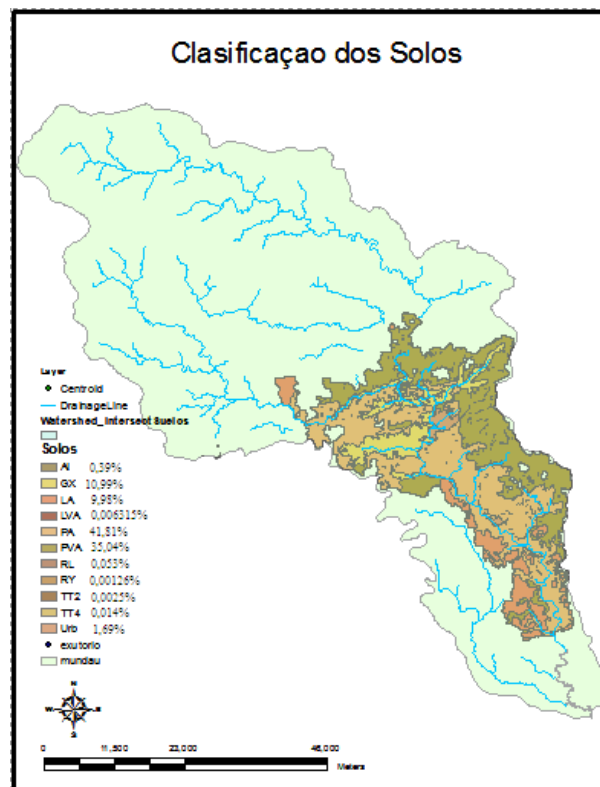


Figura 5 – Classificação de solos em tipo e porcentagem dentro do Estado de Alagoas

A partir destes resultados da Tabela 3 e com os dados de entrada da Tabela 2 se gera uma resultado de correlação de valores para garantir o método de Yang e o macro criado.

Tabela 3 – Concentração de Sedimento e Descarga Sólida para as vazões máximas diárias dos períodos 1974-2006

Ano	Vazão Máximo Diário	Concentração de Sedimento (Cs)	Descarga Sólida (Qs) (ton/día)	Ano	Vazão Máximo Diário	Concentração de Sedimento (Cs)	Descarga Sólida (Qs) (ton/día)
1974	273,54	29,80	704,42	1990	141,00	11,66	104,02
1975	497,80	64,96	2794,10	1991	545,00	72,86	3430,84
1976	241,17	25,14	523,82	1992	373,00	44,86	1445,63
1977	471,00	60,54	2643,95	1993	506,00	66,33	2899,63
1978	428,00	53,57	1980,98	1994	568,00	76,76	3767,00
1979	227,00	23,14	453,80	1995	258,00	27,55	614,11
1980	275,00	30,02	713,26	1996	390,00	47,52	1601,36
1981	264,00	28,42	648,18	1997	620,00	85,69	4590,42
1982	456,00	58,10	2288,97	1998	202,00	19,67	343,40
1983	108,00	7,64	71,95	1999	66,80	3,10	17,94
1984	473,00	60,87	2487,81	2000	1035,00	161,78	14467,29
1985	302,00	34,00	887,41	2001	461,00	52,92	2346,52
1986	446,00	56,47	2176,20	2002	431,00	54,05	2012,83
1987	202,00	19,68	343,40	2003	472,00	60,71	2475,86
1988	896,00	135,46	10468,39	2004	432,00	54,21	2023,50
1989	957,00	146,92	12147,84	2005	531,00	70,50	3234,56
1990	141,00	11,66	104,02	2006	339,00	39,69	1159,94

Finalmente, se gera a comparação entre os dados calculados e os observados, observando que o método de Yang fornece resultados aproveitáveis, no em tanto, deve-se esclarecer as limitações do trabalho que serão discutidas nas conclusões.

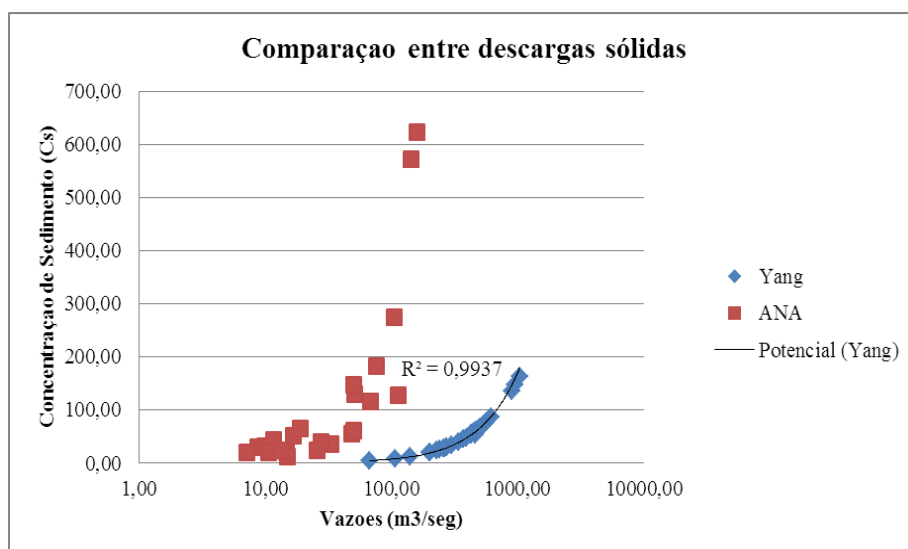


Figura 6 – Comparação entre as concentrações de sedimentos calculados pelo método de Yang e as concentrações observadas.

## 5. CONCLUSÕES

Foram determinadas concentrações de sedimentos e descargas sólidas para uma determinada seção da bacia do rio Mundaú, conseguindo obter resultados aproveitáveis para prever impactos hidrológicos e hidrossedimentológico na bacia. O método utilizado, entre vários, foi o método de Yang, as equações foram programadas num macro que fornece resultados imediatos sempre e quando os dados de entrada já esclarecidos sejam aderidos nele com as mesmas considerações.

Deve-se esclarecer que este macro serve para análises num ponto específica cujas medidas sejam no mesmo local e a análise não precise avaliações específicas para vários tramos, se for o caso, é recomendável utilizar modelos conceituais, com o SWAT, que conseguem determinar taxas de concentração de sedimentos, correlação entre o escoamento superficial e determinação de volumes de sedimentos em função as áreas das minibacias. No em tanto, o método de Yang é o de maior aproximação na determinação do objetivo do trabalho.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ACKERS, P., and WHITE. W.R. (1973). "Sediment Transport: New Approach and Analysis", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, vol. 99, no. HY11, pp. 2041 – 2060.

BISHOP, A.A., SIMONS, D.B., and RICHARDSON, E.V. (1965). "A total Bed-Material Transport", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, vol.91, no. HY2, pp. 175-191.

EINSTEIN, H.A. (1959). The Bedload Funtion for Sediment Transport in Open Channel Flow, U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Technical Bulletin No. 1026.