



FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA A ESTIMATIVA DA DESCARGA SÓLIDA TOTAL POR MEIO DO MÉTODO SIMPLIFICADO DE COLBY

Renato Billia de Miranda¹; Bruno Bernardo dos Santos²; Ailton Moisés Xavier Fiorentin³; Marcus Vinícius Estigoni⁴; Gustavo D'Almeida Scarpinella⁵ & Frederico Fábio Mauad⁶

RESUMO --- Os reservatórios são utilizados pelos povos há milhares de anos e com o passar do tempo, suas funções e usos sofreram significativas alterações. Atualmente, estes são gerenciados para o atendimento de diversas finalidades, como: geração de energia, abastecimento doméstico e rural, navegação e irrigação. Em países que apresentam uma matriz energética predominantemente hidrelétrica, com grandes usinas e reservatórios (como o Brasil), os estudos sedimentológicos se apresentam como importantes ferramentas para melhorar o planejamento e o gerenciamento de reservatórios, tendo em vista, a questão dos recursos hídricos e energéticos. Como o transporte e a deposição de sedimentos são problemas que influenciam diretamente na gestão dos reservatórios, este artigo apresenta uma ferramenta computacional para a determinação da descarga sólida, parâmetro muito utilizado para estimativa do assoreamento e do tempo de vida útil destes empreendimentos. Além da ferramenta computacional é apresentado também um estudo de caso em que foi estimada a descarga sólida total em uma Pequena Central Hidrelétrica.

ABSTRACT --- Reservoirs have been used by peoples for thousands of years and with time, their functions and uses have been significantly changed. Presently, they are managed to meet purposes, such as power generation, rural and domestic supply, navigation and irrigation. In countries, as Brazil, whose energy matrix is predominantly hydroelectric and that hold large power plants and reservoirs, sedimentological studies have appeared as important tools to improve both planning and management of reservoirs, regarding water and energy resources. As the transport and deposition of sediment are problems that directly influence the management of reservoirs, this paper presents a computational tool for the determination of the total solid discharge, which is a parameter widely used to estimate siltation and time of useful life of such constructions. The paper also reports on a case study in which the total solid discharge was estimated in a Small Hydropower Plant.

Palavras-chave: sedimentos, descarga sólida, Método Simplificado de Colby.

¹ Doutorando em Ciências da Engenharia Ambiental, EESC, USP. Av. Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos, SP. E-mail: eng.renato.miranda@gmail.com.

² Mestrando em Ciências da Engenharia Ambiental, EESC, USP. Av. Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos, SP. E-mail: bbernardo49@gmail.com.

³ Mestrando em Ciências da Engenharia Ambiental, EESC, USP. Av. Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos, SP. E-mail: ailton.fiorentin@gmail.com.

⁴ Doutorando em Ciências da Engenharia Ambiental, EESC, USP. Av. Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos, SP. E-mail: mv.estigoni@gmail.com.

⁵ Pós-doutorando em Engenharia Urbana no Departamento de Engenharia Civil, UFSCar. Rodovia Washington Luís, Km 235, 13565-905, São Carlos, SP, 13565-905. E-mail: gscarpinella@gmail.com.

⁶ Professor Associado, Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC, USP. Av. Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos, SP. E-mail: mauadffm@sc.usp.br.

INTRODUÇÃO

A construção de uma barragem para a formação do reservatório gera uma série de modificações físicas, ambientais e sociais nos locais onde a mesma é instalada, principalmente no regime de vazão do rio, pois altera significativamente o transporte de sedimentos pelos cursos d'água.

Conforme Glymph (1973) e Carvalho *et al.* (2000) apresentam, a instalação da barragem propicia uma significativa redução da velocidade do fluxo de água que, por sua vez, ocasiona a deposição dos sedimentos transportados e, conseqüentemente, o assoreamento do reservatório. Desta forma, fica reduzida a sua capacidade de armazenamento e, em alguns casos, a operação do mesmo é inviabilizada.

Cabe destacar que o assoreamento é a última etapa do processo de sedimentação, que começa com a erosão e conseqüente transporte dos sedimentos produzidos. Trata-se de um processo complexo que envolve diversas variáveis.

Diversos fatores influenciam no processo de sedimentação, principalmente quanto à deposição e distribuição dos sedimentos nos reservatórios, como: clima, pluviosidade, hidrologia, formação geológica, topografia, cobertura vegetal, tipo e uso do solo, composição química das águas e dos sedimentos, entre outros (LANE, 1955; VANONI, 1977; ASTHANA e NIGAM, 1980).

Mais especificamente com relação à deposição dos sedimentos, Lane (1955), Vanoni (1977) e Carvalho (2000) citam que os principais fatores que influenciam este processo são: a carga sólida afluente, a eficiência de retenção do reservatório (que é a razão entre a quantidade de sedimento retido e a quantidade de sedimento total que entra no reservatório), a geometria e o modo de operação do reservatório e as características e propriedades (físicas e químicas) dos sedimentos e da água.

A erosão representa a origem dos problemas derivados dos sedimentos no meio ambiente e corresponde à separação e remoção das partículas de rochas e solos devido à ação das chuvas (água) e ventos, entre outros (CARVALHO, 2008). Desse modo, torna-se essencial o conhecimento das relações entre o uso do solo e a erosão, pois grande parte dos sedimentos presentes nos cursos d'água é originada da erosão na bacia hidrográfica, das margens e dos próprios leitos dos rios.

Além de prejudicar a qualidade da água com os sedimentos produzidos, a erosão também propicia a remoção das camadas férteis dos solos, reduzindo a produtividade dos mesmos.

Zoccal (2007) estima que 80% da área cultivada do Estado de São Paulo esteja sofrendo algum processo erosivo, causando uma perda de 200 milhões de toneladas de solo, anualmente. Hernani *et al.* (2002), citado por Ahrens (2005), relatou que no início da década de 90, perdia-se no Brasil, anualmente, em média, 600 milhões de toneladas de solo por conta do mau uso e de erosões. Deste montante, 70% chega na forma de sedimentos, nos mananciais e corpos d'água, causando assoreamento e poluição.

A análise sobre o transporte dos sedimentos, também é muito importante quando se trata da questão do assoreamento. Conforme Branco e Rocha (1977), Suguio e Bigarella (1979) e Muller (1995) apresentam, todos os cursos d'água apresentam a propriedade de transportar sedimentos, seja em suspensão, arraste, saltação, rolamento/escorregamento ou por combinação destes meios.

A quantidade de sedimentos transportada varia de acordo com cada curso d'água. Os corpos hídricos têm a capacidade de transportar uma determinada quantidade máxima de sedimentos (conhecida como valor de saturação) que depende de diversos fatores, como: a vazão do curso d'água; a declividade do terreno; e a granulometria e o peso específico dos sedimentos. Quando a quantidade de sedimento transportado é maior que o valor de saturação, há formação de depósito nos corpos hídricos – canais, lagos, rios e reservatórios – e quando este valor é menor (insaturação), há uma tendência a processos erosivos nas margens e leitos dos corpos hídricos (CARVALHO, 2008).

Diversos estudos apresentam os problemas decorrentes do assoreamento. Dentre estes estudos cabe destacar a *Environmental Protection Agency* - EPA (1976), Muller (1995) e Carvalho (2008) que citam que o assoreamento tem como principais consequências:

- Redução do volume de água armazenado no reservatório;
- Obstrução de canais de irrigação, navegação e trechos de cursos de água;
- Dificuldade ou impedimento da entrada de água em estruturas hidráulicas de sistemas de captação para abastecimento;
- Formação de bancos de areia dificultando e alterando rotas de navegação;
- Afogamento de locais de desovas, alimentação e abrigo de peixes;
- Degradação da qualidade da água para consumo e consequente aumento dos custos de tratamento;
- Alteração, destruição e degradação de ecossistemas aquáticos;

- Veiculação de poluentes (fertilizantes, inseticidas, produtos químicos), bactérias e vírus.

Embora os problemas de assoreamento de reservatórios sejam uma preocupação antiga, as pesquisas sobre este tema apareceram com mais frequência na literatura internacional após 1930, através dos trabalhos de Fiock (1934), Grover e Howards (1938) e Eakin (1939) (COELHO, 1993).

Um trabalho que merece destaque relacionado ao assoreamento de reservatório é o estudo realizado pelo Banco Mundial (Mahmood, 1987 *apud* Carvalho *et al.*, 2000), que cita a redução da vida útil média dos reservatórios no mundo de 100 para 22 anos e destaca que a perda média anual de volume dos reservatórios, devido ao assoreamento, era de 1%, variável de um local para o outro.

Com relação aos reservatórios brasileiros, Carvalho (2008) apresenta um estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) em 1994, para a Eletrobrás, que concluiu que a perda média anual de volume de armazenamento dos reservatórios no país era de aproximadamente 0,5%.

A partir da constatação dos problemas ocasionados pelos processos erosivos e consequente assoreamento de reservatórios, uma grande parte dos estudos de sedimentação que estão sendo realizados atualmente em reservatórios relaciona este problema com suas eventuais consequências na operação de usinas hidrelétricas, demonstrando que os órgãos públicos e as concessionárias de energia elétrica estão cada vez mais preocupados com estas questões, pois, na maioria das vezes, a diminuição da capacidade de armazenamento de água nos reservatórios implica em problemas e/ou perda de geração de energia elétrica e, conseqüentemente, perdas financeiras.

Esta preocupação com os reservatórios nacionais pode ser evidenciada pela recente publicação da Resolução Conjunta nº 003, de 10 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), elaborada pela Agência Nacional de Águas e pela Agência Nacional de Energia Elétrica, que estabelece as condições e procedimentos para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas, visando manter atualizados os dados pluviométricos, fluviométricos e sedimentométricos, entre outros, dos aproveitamentos hidrelétricos do País.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo de caso foi realizado em uma PCH localizada no centro-oeste nacional, com 17,82 MW de potência instalada. O empreendimento não será identificado por questões contratuais.

Determinação da descarga sólida total

O método utilizado na ferramenta computacional está baseado no Método Simplificado de Colby (COLBY, 1957). Este método foi escolhido, pois é empregado por diversos pesquisadores e agências (como a Agência Nacional de Águas), além dos seus cálculos não serem tão complexos e exigirem menos dados se comparado a outros métodos (como o Método Modificado de Einstein), o que torna o trabalho de sedimentometria mais econômico e fácil, pois reduz os trabalhos de campo e laboratório (CARVALHO, 2008).

A ferramenta computacional foi elaborada na linguagem de programação Visual Basic for Applications (VBA) da empresa Microsoft®. Esta linguagem foi utilizada, pois apresenta diversas aplicações, possui bastantes recursos e pela boa interação com os bancos de dados Access®, possibilitando assim melhorias na atualização das próximas versões.

O Método Simplificado de Colby utiliza basicamente três ábacos, além de dados de descarga líquida, velocidade média, profundidade média, largura da seção e concentração medida de sedimentos em suspensão. A descarga sólida total é calculada pelas Equações 1, 2 e 3 (Carvalho, 2008; Santos *et al.*, 2001; Paiva, 2001).

$$Q_{st} = Q_{sm} + Q_{nm} \quad (1)$$

Sendo:

$$Q_{sm} = 0,0864 \cdot Q \cdot C_s' \quad (2)$$

$$Q_{nm} = q_{nm}' \cdot k \cdot L \quad (3)$$

Em que:

Q_{st} : descarga sólida total ($t \cdot d^{-1}$);

Q_{sm} : descarga sólida medida ($t \cdot d^{-1}$);

Q_{nm} : descarga sólida não medida ($t \cdot d^{-1}$);

Q : descarga líquida ($m^3 \cdot s^{-1}$);

C_s' : concentração de sedimento em suspensão medida (ppm);

L : largura do rio (m);

k : fator de correção (adimensional).

O valor da descarga sólida não medida (Q_{nm}) corresponde à descarga de arrasto mais a descarga não amostrada e pode ser calculada com o auxílio de ábacos (apresentados a seguir). Os procedimentos para a utilização dos ábacos e o cálculo da descarga sólida total são descritos a seguir, conforme apresentado por Carvalho (2008).

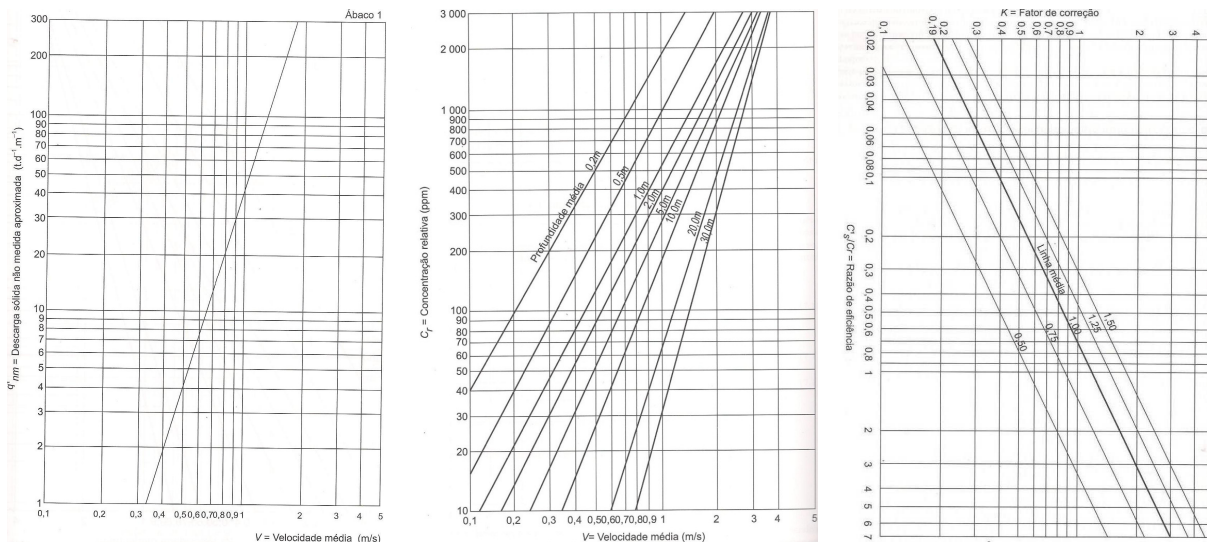


Figura 1 – Ábacos utilizados para calcular a descarga sólida total pelo Método Simplificado de Colby.

Fonte: Carvalho (2008 apud USBR, 1955, Simons & Senturk, 1977).

Como é possível observar pela Figura 1, a metodologia proposta por Colby utiliza ábacos que muitas vezes podem ocasionar diferentes interpretações, resultando em eventuais acréscimos ou reduções do valor da descarga sólida, quando calculada por mais de uma pessoa.

Além de possibilitar uma agilidade na determinação dos valores da descarga sólida total, esta ferramenta tem por objetivo, minimizar interpretações diferenciadas dos ábacos, pois os mesmos foram substituídos por equações para representação dos seus valores na linguagem computacional VBA® (*Visual Basic for Applications*) escolhida para a elaboração da ferramenta computacional. Esta linguagem de programação foi definida, entre outros motivos pela sua diversificada utilização, por possuir bastantes recursos, não apresentar grande dificuldade para programação (quando comparada as outras linguagens) e pela boa interação com os bancos de dados Access®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o estudo de caso foram utilizadas informações obtidas em um levantamento de campo realizado em dezembro de 2013.

Na seção de monitoramento escolhida, foram realizados 25 pontos de medição de profundidade e velocidade (a partir do método do molinete hidrométrico), apresentados na Tabela 1. A partir destes dados e do cálculo da área total da seção ($150,43 \text{ m}^2$) foi possível determinar a descarga líquida da seção ($114,44 \text{ m}^3/\text{s}$) e a velocidade média ($0,76 \text{ m/s}$).

Tabela 1 – Informações sobre as medições realizadas em campo.

#	Distância do Pi (m)	Profundidade (m)	Velocidade (m/s)	#	Distância do Pi (m)	Profundidade (m)	Velocidade (m/s)
1	2,50	1,95	0,81	14	35,00	4,15	0,66
2	5,00	1,78	1,19	15	37,50	4,49	0,63
3	7,50	1,83	1,30	16	40,00	4,49	0,68
4	10,00	1,62	1,21	17	42,50	4,38	0,71
5	12,50	1,20	1,33	18	45,00	3,45	0,73
6	15,00	1,41	1,19	19	47,50	2,92	0,66
7	17,50	1,67	1,06	20	50,00	2,57	0,60
8	20,00	2,15	1,02	21	52,50	1,49	0,69
9	22,50	2,49	0,84	22	55,00	1,35	0,70
10	25,00	2,68	0,62	23	57,50	1,30	0,65
11	27,50	2,82	0,56	24	60,00	1,00	0,31
12	30,00	3,29	0,61	25	62,50	0,00	0,00
13	32,50	3,69	0,61				

Para determinar a concentração de sedimentos em suspensão do material coletado foi utilizada a norma ASTM D3977 *Standard Test Methods for Determining Sediment Concentration in Water Samples* (ASTM, 2010) que resultou em uma concentração de $0,95 \text{ mg/L}$.

Estes dados (vazão, concentração, velocidade, profundidade e largura) foram inseridos na ferramenta computacional (Figura 2).

Número de medições		24	OK								
Medição	Vazão (m³/s)	Concentração (mg/l)	Velocidade (m/s)	Profundidade (m)	Largura (m)	Descarga sólida (qnm)	Descarga sólida medida (t/dia)	Descarga sólida não medida (t/dia)	Descarga sólida total - Qst (t/dia)	Resultados:	
1	3,9566	0,9500	0,8116	1,95	2,50	19,33988	0,32475	2,86776	3,1925		
2	5,3077	0,9500	1,1928	1,78	2,50	70,51324	0,43566	6,47317	6,9088		
3	5,9366	0,9500	1,2976	1,83	2,50	93,59153	0,48728	7,83561	8,3229		
4	4,9041	0,9500	1,2109	1,62	2,50	74,18369	0,40253	6,40355	6,8061	Curva-Chave de Sedimentos	
5	4,0018	0,9500	1,3339	1,20	2,50	102,68264	0,32846	7,95750	8,2860		
6	4,2044	0,9500	1,1928	1,41	2,50	70,51324	0,34510	5,93724	6,2823		
7	4,4409	0,9500	1,0637	1,67	2,50	47,99037	0,36451	4,77035	5,1349		
8	5,4680	0,9500	1,0173	2,15	2,50	41,31363	0,44881	4,75704	5,2059	Limpar campos	
9	5,2531	0,9500	0,8439	2,49	2,50	22,04676	0,43117	3,12951	3,5607		
10	4,1609	0,9500	0,6210	2,68	2,50	7,86885	0,34152	1,72177	2,0633		
11	3,9517	0,9500	0,5605	2,82	2,50	5,57627	0,32436	1,36799	1,6923		
12	5,0499	0,9500	0,6140	3,29	2,50	7,57236	0,41449	1,67817	2,0927	← Voltar Avançar →	
13	5,5894	0,9500	0,6059	3,69	2,50	7,24322	0,45878	1,87849	2,3373		
14	6,8721	0,9500	0,6624	4,15	2,50	9,77137	0,56406	2,27170	2,8358		
15	7,1181	0,9500	0,6341	4,49	2,50	8,44095	0,58426	2,07014	2,6544		
16	7,6162	0,9500	0,6785	4,49	2,50	10,59430	0,62513	2,39136	3,0165		
17	7,8271	0,9500	0,7148	4,38	2,50	12,62190	0,64245	2,67254	3,3150		
18	6,3217	0,9500	0,7330	3,45	2,50	13,73139	0,51888	2,49729	3,0162		
19	4,8058	0,9500	0,6583	2,92	2,50	9,57288	0,39446	1,96260	2,3571		
20	3,8540	0,9500	0,5999	2,57	2,50	7,00306	0,31634	1,59281	1,9092		
21	2,5612	0,9500	0,6876	1,49	2,50	11,07797	0,21022	1,68064	1,8909		
22	2,3614	0,9500	0,6997	1,35	2,50	11,74671	0,19382	1,74917	1,9430		
23	2,0970	0,9500	0,6452	1,30	2,50	8,94735	0,17212	1,45284	1,6250		
24	0,7812	0,9500	0,3125	1,00	2,50	0,78279	0,06412	0,24139	0,3055		
25											

Figura 2 – Tela de simulação da ferramenta computacional: Dados de entrada (nos campos em amarelo) e resultados da simulação (nos campos em azul claro).

Os valores de descargas sólidas obtidas a partir da ferramenta computacional estão apresentados na Tabela 2. A partir destes dados foi possível calcular a descarga sólida total da seção que foi de 86,75 t/dia.

Tabela 2 – Valores de descargas sólidas calculados a partir da ferramenta computacional.

Medição	Vazão (m³/s)	Descarga sólida medida (t/dia)	Descarga sólida não medida (t/dia)	Descarga sólida total – Qst (t/dia)
1	3,96	0,32	2,87	3,19
2	5,31	0,44	6,47	6,91
3	5,94	0,49	7,84	8,32
4	4,90	0,40	6,40	6,81
5	4,00	0,33	7,96	8,29
6	4,20	0,35	5,94	6,28
7	4,44	0,36	4,77	5,13
8	5,47	0,45	4,76	5,21

Medição	Vazão (m ³ /s)	Descarga sólida medida (t/dia)	Descarga sólida não medida (t/dia)	Descarga sólida total – Q _{st} (t/dia)
9	5,25	0,43	3,13	3,56
10	4,16	0,34	1,72	2,06
11	3,95	0,32	1,37	1,69
12	5,05	0,41	1,68	2,09
13	5,59	0,46	1,88	2,34
14	6,87	0,56	2,27	2,84
15	7,12	0,58	2,07	2,65
16	7,62	0,63	2,39	3,02
17	7,83	0,64	2,67	3,32
18	6,32	0,52	2,50	3,02
19	4,81	0,39	1,96	2,36
20	3,85	0,32	1,59	1,91
21	2,56	0,21	1,68	1,89
22	2,36	0,19	1,75	1,94
23	2,10	0,17	1,45	1,63
24	0,78	0,06	0,24	0,31

Os resultados obtidos (Figura 2 e Tabela 2) foram comparados com as estimativas de descarga sólidas obtidas a partir de outros dois *softwares*: WinTSR (ROSA e BERLING, 2002) e Colby_W (CARVALHO, 2008). Estes resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação entre os valores de descarga sólida total.

Q _{st} – Ferramenta computacional (t/dia)	Q _{st} – Colby_W (t/dia)	Q _{st} - WinTSR (t/dia)
86,7543	92,3	98,516

Os valores obtidos pela ferramenta computacional e por estes dois *softwares* são semelhantes, sendo que a variação observada foi de 6,39% (Colby_W) e 13,56% (WinTSR). Cabe destacar que

estas variações foram observadas nos valores de descargas não-medidas e que podem ser justificadas pela representação dos ábacos em cada um dos programas computacionais utilizados.

CONCLUSÕES

Apesar de o Método Simplificado de Colby apresentar como vantagem a utilização de um número menor de parâmetros para a determinação da descarga sólida total, este método pode gerar estimativas diferentes dependendo das análises dos ábacos que esta metodologia emprega.

Assim, além de possibilitar uma maior agilidade na determinação dos valores da descarga sólida total, esta ferramenta computacional também elimina a diferença dos resultados causados por interpretações diferenciadas dos ábacos, uma vez que os mesmos são representados por equações na linguagem de programação.

A ferramenta computacional também possui outras potencialidades que não foram exploradas nesse artigo, como o cálculo da eficiência de retenção, peso específico aparente, volume de sedimento retido e tempo de vida útil do reservatório.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Núcleo de Hidrometria do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

BIBLIOGRAFIA

AHRENS, S. (2005). *Sobre a legislação aplicável à restauração de florestas de preservação permanente e de reserva legal*. In: GALVÃO, A.P.M.; SILVA, V.P. *Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso*. Colombo: Embrapa Florestas. pp. 13-26.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. (2010). *D3977 Standard Test Methods for Determining Sediment Concentration in Water Samples*. West Conshohocken, PA. 2010.

ASTHANA, B.N.; NIGAM, P.S. (1980). *Distribution of Sediment in Reservoirs*. Journal of the Institute of Engineers (India), v. 60.

BRANCO, S.M.; ROCHA, A.A. (1977). *Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas*. São Paulo, Edgard Blucher, CETESB. 185 p.

BRASIL (2010). Agência Nacional de Energia Elétrica e Agência Nacional de Águas. *Resolução Conjunta nº 003 – 10 de agosto de 2010*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2010003cj.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.

CARVALHO, N.O. (2008). *Hidrossedimentologia Prática*. Interciência, RJ. 599 p.

CARVALHO, N.O. (2000). Assoreamento de reservatórios – consequências e mitigação dos efeitos. In: Encontro Nacional de engenharia de Sedimentos, Santa Maria. Cd rom. 1.

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. (2000). *Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios*. Brasília: ANEEL. 140 p.

COELHO, M.P. (1993). *Análise do processo de assoreamento do reservatório de Americana – SP*. Dissertação de Mestrado em Geociências. Universidade Estadual Paulista. 69 p.

COLBY, B.R. (1957). *Relationship of unmeasured sediment discharge to mean velocity*. Transactions, Amer. Geophy. Union, v. 38, n.5, pp. 708-719.

EAKIN, H.M. (1939). *Silting of reservoirs*. Washington DC: United States Department of Agriculture. Tech Bulletin, 524, pp. 90-167.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. (1976). *Erosion and sediment control*. Washington: Surface Mining in the Eastern US. v.1.

FIOCK, L.R. (1934). *Records of silt carried by the Rio Grande and its acumulation in elephant butte reservoir*. American Geophys. Union Trans, v.15, pp. 468-473.

GLYMPH, L.M. (1973). *Sedimentation of Reservoirs*. In: ACKERMANN, W.C. et al., ed. *Man-made lakes: their problems and environmental*. Washington DC: American Geophysical Union. pp. 342-346.

GROVER, H.G; HOWARDS, C.S. (1938). *The passage of turbid water throug lake mead*. Tran ASCE, 103, pp. 720-736.

- HERNANI, L.C.; FREITAS, P.L. DE.; PRUSKI; DE MARIA, I.C.; LANDERS, J.N. (2002). *A erosão e seus impactos*. In: Manzatto, C. V.; Freitas Junior, E. de; Peres, J.R.R.; Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro. Embrapa Solos, pp. 47-60.
- LANE, E.W. (1955). *The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering*. American Society of Civil Engineering, Proceedings, 81, paper 745: pp. 1-17.
- MAHMOOD, K. (1987). *Reservoir sedimentation – impact, extent and mitigation*. World Bank Tech. Paper No. 71. Washington, DC.
- MULLER, A.C. (1995). *Hidrelétricas, Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Makron Books. São Paulo. 412 p.
- PAIVA, J.B.D. (2001). *Métodos de cálculo do transporte de sedimentos em rios*. In: Paiva J.B.D; Paiva E.M.C.D. orgs. Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: ABRH. pp. 313-364.
- ROSA, L.H.; BERLING, F.A. (2002). *Software WinTSR*. Centro de Tecnologia. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Universidade Federal de Santa Maria.
- SANTOS, I.; FILL, H.D.; SUGAI, M.R.V.B.; BUBA, H.; KISHI, R.T.; MARONE, E.; LAUTERT, L.F.C. (2001). *Hidrometria Aplicada*. LACTEC, Curitiba, v.1, 372 p.
- SIMONS, D.B.; SENTURK, F. (1977). *Sediment transport technology*. Colorado State University. Fort Collins, CO.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. (1979). *Ambiente fluvial. Ambientes de sedimentação sua interpretação e importância*. Universidade Federal do Paraná, Associação de Defesa e Educação Ambiental, Curitiba, pp. 22-38.
- UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION - USBR. (1955). *Step method for computing total sediment load by the modified Einstein procedure*. Sedimentation Section, Hydrology Branch.
- VANONI, V.A. (1977). *Sedimentation Engineering*. American Society of Civil Engineers. New York.
- ZOCCAL, J.C. (2007). *Adequação de erosões: causas, consequências e controle da erosão rural*. Soluções - caderno de estudos em conservação do solo e água, Presidente Prudente, v.1, n.1.