

COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MODELOS HIDRODINÂMICOS DE SEDIMENTOS DE DIFERENTES ABORDAGENS

Thainá Lessa Cavalcante¹; Fernando Mainardi Fan²; Hugo de Oliveira Fagundes³

ABSTRACT – The aim of this work is to do a comparative analysis between two hydrodynamic and sediment transport models with different approaches, a complex model (Delft3D) and a more simplified and common for large scale application (MGB-SED), when compared in terms of sediment transport. For this, a comparison was made between Delft3D's three configurations results (with different initial sediment layer thickness at bed) for a 100 km river reach, located between the National Water Agency's (ANA) fluviometric stations of Governador Valadares and Resplendor, in the Doce River, in Minas Gerais, Brazil. The upstream boundary conditions used in both model was the same. The analyses shows that the non-cohesive sediment transport is more sensitive to the sediment layer thickness at bed, while for cohesive suspended sediment the results of both models and Delft3D's configurations was almost the same.

Palavras-Chave – Delft3D, MGB-SED, Modelagem.

1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre/RS, thaina_lessa@hotmail.com, (51) 33086670

2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre/RS, fernando.fan@ufrgs.br, (51) 33086670

3) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre/RS, h.o.fagundes@hotmail.com; (51) 33086670

1 - INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Problemas ambientais relacionados aos sedimentos possuem causas e efeitos em várias escalas, de bacias hidrográficas, desde trechos de rios em escala local, passando por grandes bacias (escala regional), estendendo-se até escalas continentais quando o interesse está relacionado com variáveis climáticas, sociais e aquém de fronteiras políticas. Para auxiliar na compreensão desses problemas são necessárias ferramentas de trabalho em diferentes escalas, e que permitam potencializar a utilização de dados de monitoramento. Com esse objetivo são usadas técnicas e modelos matemáticos computacionais de simulação hidrossedimentológica e hidrodinâmica de sedimentos.

Nesse cenário e impulsionado pelo avanço computacional, têm sido desenvolvidos e aplicados modelos matemáticos hidrossedimentológicos e hidrodinâmicos de sedimentos em diferentes escalas de aplicação, que buscam simular o comportamento dos sedimentos (ARNOLD et al., 1998; BRUNNER; GIBSON, 2005; BUARQUE, 2015; COHEN et al., 2013; KRYSANOVA et al., 1998). No entanto, a escolha do modelo a ser utilizado normalmente está diretamente atrelada às escalas temporal e espacial de interesse, à disponibilidade de dados, aos objetivos do trabalho, ao nível de incerteza tolerável, entre outros aspectos (HAJIGHOLIZADEH et al., 2018; MERRITT et al., 2003).

Assim, a determinação do modelo apropriado para uma aplicação requer consideração da adequação do modelo às condições locais, requisitos de dados, complexidade do modelo, precisão, validade, premissas, componentes e objetivos do usuário do modelo. De forma geral, não existe um modelo considerado melhor para todas as aplicações (MERRITT et al., 2003).

Nesse contexto, o presente trabalho pretende realizar uma análise comparativa entre dois modelos hidrodinâmicos de sedimentos que consideram diferentes abordagens, um modelo considerado como mais detalhado (Delft3D) e um mais simplificado e com aplicação em larga escala (MGB-SED), quando comparados em termos de transporte de sedimentos.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

Para execução do trabalho, foi escolhido um trecho de aproximadamente 100 km do rio Doce, localizado entre as estações fluviométricas de Governador Valadares (código 56850000 – Agência Nacional de Águas) e Resplendor (código 56338340 - ANA), no estado de Minas Gerais (Figura 1). Inserido na Bacia hidrográfica do Rio Doce, o trecho apresenta uma declividade média de 65 cm/km.

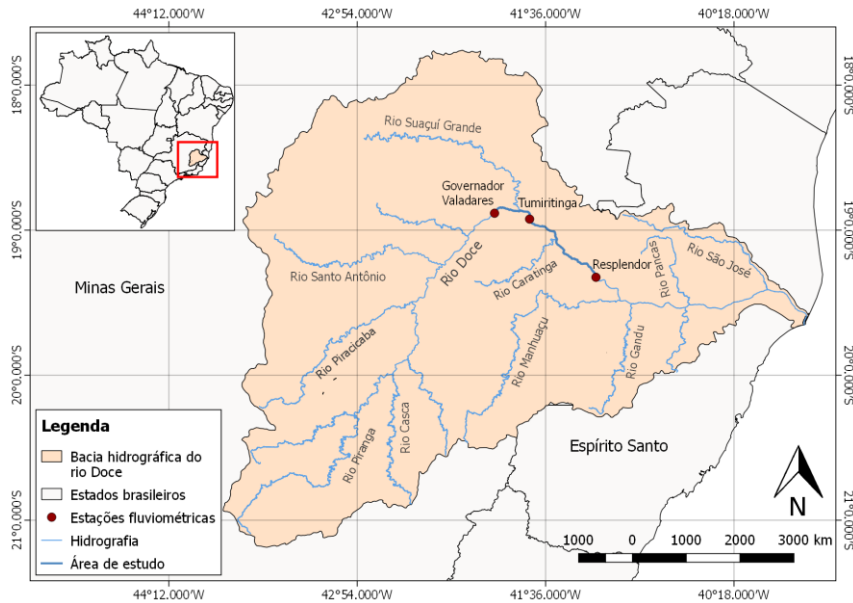


Figura 1 - Localização da área de estudo (fonte: autoria própria).

Foi implementado na área de estudo o modelo Delft3D (DELTA RES, 2014) em modo bidimensional. O modelo foi desenvolvido para aplicações bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D) de simulações hidrodinâmicas em regime não-permanente, a partir da resolução das equações de Navier-Stokes para um fluido incompressível pela consideração da aproximação de águas rasas de Boussinesq. O transporte de sedimentos em suspensão é calculado pela equação de advecção-difusão na sua forma tridimensional e o transporte de sedimentos pelo leito é realizado apenas para sedimentos não-coesivos e pode ser calculado por diversas formulações. Neste trabalho foi usada a equação de van Rijn, padrão adotado pelo modelo. O modelo permite a atualização da batimetria do canal, pela erosão e deposição de sedimentos, influenciando nos cálculos do módulo hidrodinâmico, que opera de forma acoplada ao módulo de sedimentos. Foram adotadas três configurações do modelo relacionadas à largura da camada de sedimentos disponível no leito para erosão: (i) sem camada disponível (D1), (ii) 0,5 m de camada no leito (D2) e o padrão do Delft de (iii) 5 m (D3).

Foi realizada uma simulação de um ano, utilizando como condição de contorno de entrada (Governador Valadares, Rio Suaçuí Grande e Rio Caratinga) as vazões e concentrações de sedimentos simuladas pelo modelo MGB-SED para a região, extraídas do trabalho de Fagundes et al. (2019). Para a condição de jusante (Resplendor), utilizou-se o valor médio de nível da água observado para o período, obtido a partir dos dados do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) para o reservatório de Aimorés, devido ao término do domínio computacional do modelo ser a área de remanso da barragem. Como condição inicial, adotou-se uma profundidade

média de 5 m em todo o domínio da modelagem, concentrações nulas de sedimentos e um valor de 0,035 para o coeficiente de Manning.

O MGB-SED é um modelo matemático desenvolvido por Buarque (2015) com a finalidade de estimar a distribuição espacial e temporal da perda de solo em grandes bacias hidrográficas e para o transporte de sedimentos na rede de drenagem, o qual funciona acoplado ao modelo hidrológico-hidrodinâmico MGB-IPH. O MGB-SED é um modelo empírico-conceitual, distribuído, discretizado em minibacias e que utiliza o conceito de Unidades de Resposta Hidrológica - URHs.

A produção de sedimentos estimada para cada URH é calculada pela equação da Equação Universal de Perda de Solos Modificada – MUSLE (WILLIAMS, 1975), considerando o volume de escoamento superficial e a taxa de pico calculados pelo módulo hidrológico MGB-IPH. O aporte de sedimentos para os trechos de rio é realizado adotando-se três reservatórios lineares simples, um para cada fração do solo (silte, argila e areia) considerada, que são utilizados para retardar o volume de sedimentos, uma vez que nem todo o volume gerado chega ao mesmo tempo. A propagação de vazões é feita por meio da equação de Muskingum-Cunge, já o transporte de sedimentos é realizado por meio da equação de difusão-advecção para materiais que estão em suspensão (argila e silte) e por meio da equação da continuidade dos sedimentos para a carga de fundo (areia), desconsiderando que haja deposição do material em suspensão ou erosão do leito. Apesar de representar os processos de erosão e deposição de areia no canal, o modelo não considera as modificações que ocorrem nas seções devido a esses processos.

Os resultados das simulações de ambos os modelos foram comparados no ponto da estação de Tumiritinga (ver Figura 1) em termos de concentrações simuladas de sedimentos coesivos (soma das concentrações de silte e argila do MGB-SED) e não-coesivos (saída de areia do MGB-SED).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do MGB-SED e das três configurações do modelo Delft3D foram obtidas as séries de concentrações simuladas de sedimentos coesivos e não-coesivos para o local da estação fluviométrica de Tumiritinga, distante cerca de 35 km do início do domínio modelado (ver Figura 1), apresentadas nas Figuras 2 e 3, respectivamente. Da análise das figuras, observa-se que em relação à concentração de sedimentos coesivos (Figura 2), de forma geral, as três configurações do Delft3D e as simulações do MGB-SED apresentam boa concordância entre os resultados, representando os picos e descidas dos sedimentogramas. Obteve-se uma diferença mais significativa, em magnitude, no início da simulação em relação às configurações D1 (sem camada erodível) e D2 (0,5 m de camada disponível) do Delft3D em relação às demais simulações (D3 e MGB-SED). Como pode ser observado no pico destacado na Figura 2.a, por exemplo, a configuração D1 praticamente dobrou o resultado

gerado pelo MGB-SED, mas no restante da simulação apresentam resultados correspondentes (Figura 2.b e 2.c)

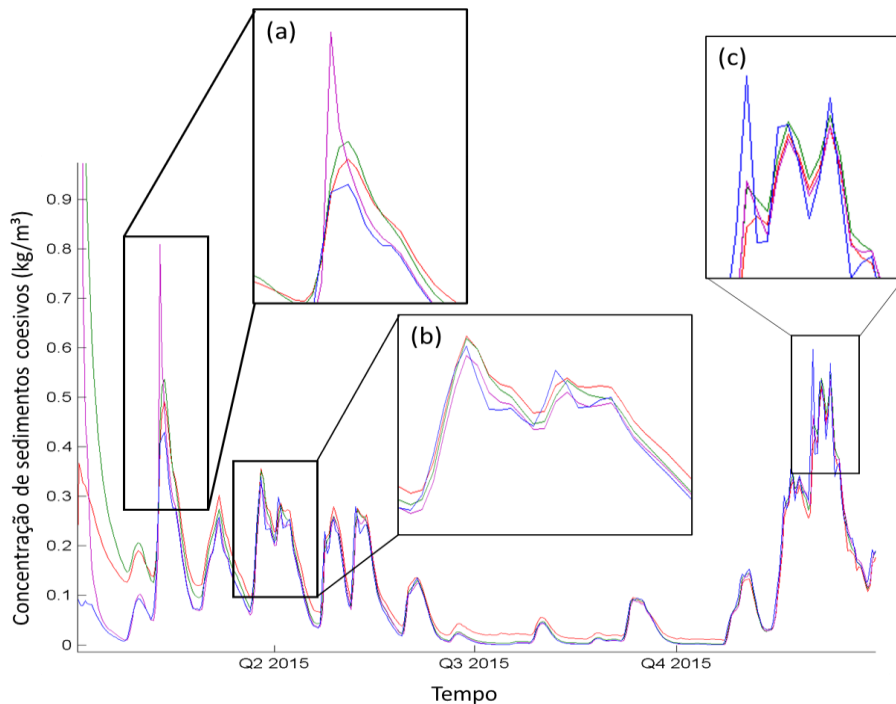


Figura 2 – Concentração de sedimentos coesivos simuladas para as configurações D1 (roxo), D2 (verde) e D3 (vermelho) do Delft3D e do MGB-SED (azul).

Já com relação aos sedimentos não-coesivos percebe-se uma influência maior com relação à quantidade de sedimentos disponível na camada erodível (Figura 3.a). Quando não considerado material disponível para no fundo do canal, em D1, a concentração é praticamente nula em toda a simulação. As simulações D2 e D3, por sua vez, que dispõem de sedimentos no leito geraram concentrações de sedimentos semelhantes entre si, mas mais elevadas em relação às estimativas do MGB-SED, apesar de apresentarem o mesmo comportamento nos indicativos de picos e descidas dos sedimentogramas (Figura 3.b e 3.c). Como pode ser observado na Figura 4, em um exemplo de seção transversal retirado dos modelos D1 e D3 e que pode ser verificado em outras seções ao longo do rio, há zonas de erosão, em algumas células da grade que até mesmo atingem o final da camada disponível especificada.

Essas diferenças podem estar associadas às diferentes formas de abordagem para a camada de fundo que os modelos consideram, em que não foi considerada inicialmente uma camada erodível no MGB-SED além de neste modelo as erosões e deposições ocorridas durante a simulação não influenciarem o cálculo do escoamento. Apesar da primeira consideração ter sido feita na configuração D1 do Delft3D, destaca-se que ambos os modelos calculam a capacidade de transporte de sedimentos não-coesivos por diferentes métodos, no Delft3D foi utilizada a equação de van Rijn e no MGB-SED a de Yang. Ainda, não foram adicionadas outras contribuições laterais aos modelos

Delft3D além das correspondentes aos rios Suaçuí Grande e Caratinga, enquanto que o trecho no modelo MGB-SED recebe outras contribuições provenientes da produção de sedimentos em outras minibacias.

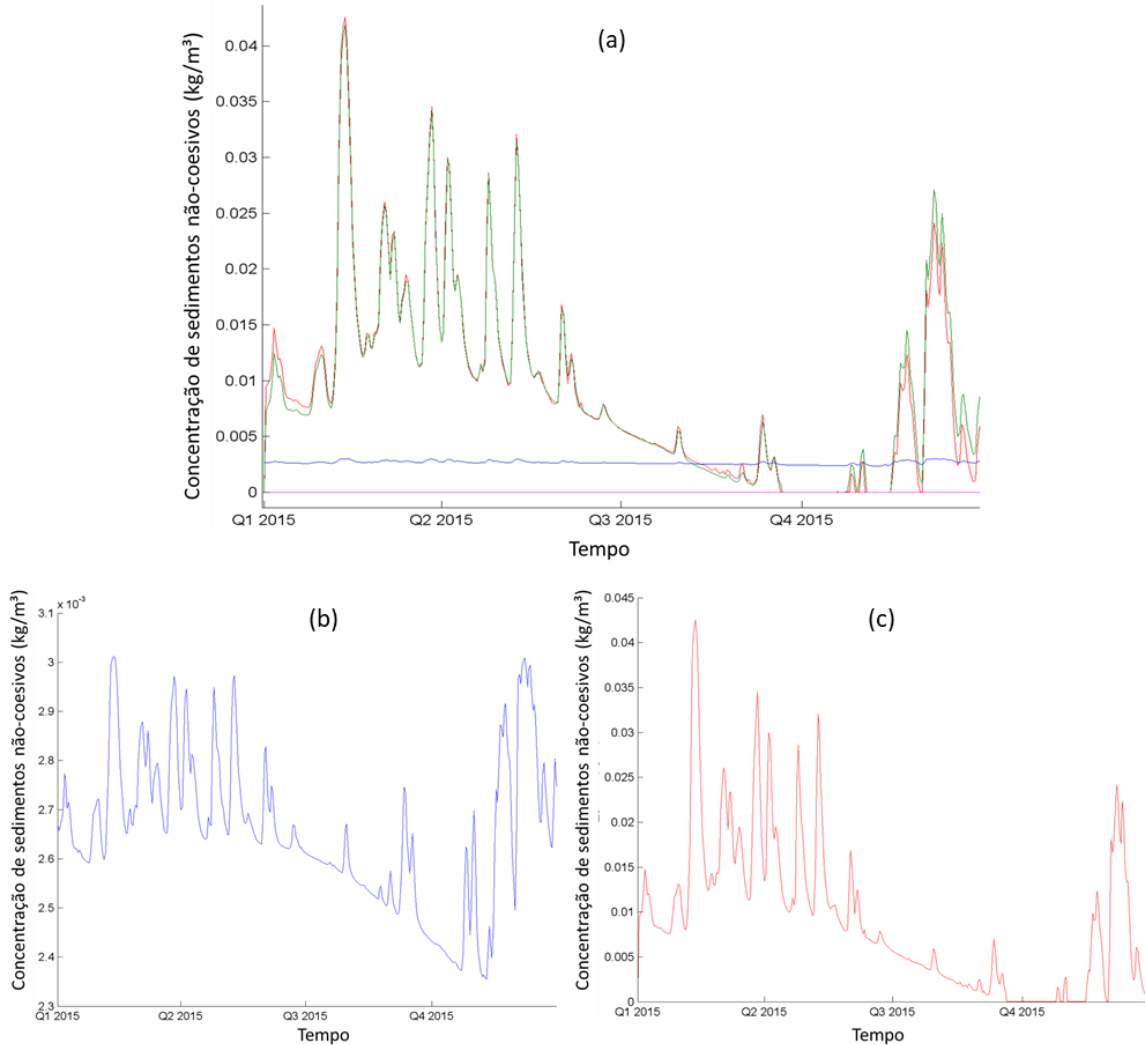


Figura 3 - Concentração de sedimentos não-coesivos simuladas para as configurações D1 (roxo), D2 (verde) e D3 (vermelho) do Delft3D e do MGB-SED (azul).

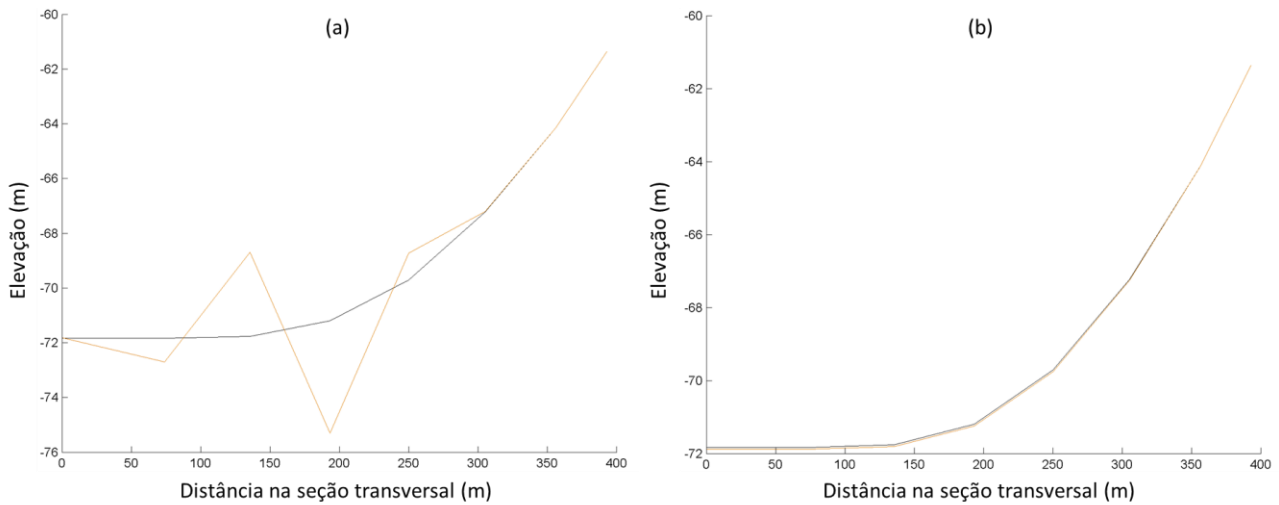


Figura 4 - Representação de uma seção transversal no início (linha preta) e final da simulação (linha marrom) para as configurações (a) D3 e (b) D1 do Delft3D.

4 - CONCLUSÕES

Neste trabalho buscou-se uma análise quanto às diferenças de respostas obtidas por dois modelos hidrodinâmicos de sedimentos com diferentes abordagens, um modelo bidimensional mais complexo (Delft3D) e um modelo unidimensional mais simplificado, desenvolvido para aplicações em grandes áreas (MGB-SED). As simulações realizadas com os modelos Delft3D e MGB-SED mostram que apesar do segundo ser um modelo mais simples em relação à representação dos processos hidráulicos e sedimentológicos de um canal, é possível obter respostas próximas para o transporte de sedimentos, principalmente para os transportes coesivos em suspensão.

Já as respostas obtidas para o transporte de material não-coesivo se mostraram bastante sensíveis à disponibilidade de material do leito entre os dois modelos. Destaca-se que os resultados apresentados neste trabalho são preliminares e resultam de uma comparação entre modelos. Para uma análise mais aprofundada, deve-se verificar melhor os métodos e processos considerados em cada modelo, influência de outros parâmetros e equacionamentos além da espessura da camada de sedimentos, e usar dados observados de sedimentos para comparar com os valores simulados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES pelo fornecimento da bolsa de pesquisa da primeira autora, ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS e ao grupo de pesquisa Hidrologia em Grande Escala – HGE, os quais os autores fazem parte.

BIBLIOGRAFIA

ARNOLD, J. G.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R. S.; WILLIAMS, J. R. (1998). *"Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development"*. Journal American Water Works Association, v.34, p.73-89.

BRUNNER, G. W.; GIBSON, S (2005). *"Sediment Transport Modeling in HEC RAS"* in Anais do World Water and Environmental Resources Congress 2005, Anchorage/Alasca, Mai 2005.

BUARQUE, D. C. (2015). *Simulação da geração e do transporte de sedimentos em grandes bacias: Estudo de caso do rio Madeira*. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

COHEN, S. et al. (2013). *"WBMsed, a distributed global-scale riverine sediment flux model: Model description and validation"*. Computers and Geosciences, v.53, p.80–93.

DELTARES (2014). *Delft3D-FLOW: 3D/2D modelling suite for integral water solutions - User Manual*.

FAGUNDES, H. O.; FAN, F. M.; PAIVA, R. C. D. (2019). *"Automatic calibration of a large-scale sediment model using suspended sediment concentration, water quality, and remote sensing data"*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.24.

HAJIGHOLIZADEH, M.; MELESSE, A.; FUENTES, H. (2018). *"Erosion and Sediment Transport Modelling in Shallow Waters: A Review on Approaches, Models and Applications"*. International Journal of Environmental Research and Public Health, v.15, n.3.

KRYANOVA, V.; MÜLLER-WOHLFEIL, D. I.; BECKER, A. (1998). *"Development and test of a spatially distributed hydrological/water quality model for mesoscale watersheds"*. Ecological Modelling, v.106, n.2–3, p.261–289

MERRITT, W. S.; LETCHER, R. A.; JAKEMAN, A. J. (2003). *"A review of erosion and sediment transport models"*. Environmental Modelling & Software, v.18, n.8–9, p.761–799.