

MODELAGEM DA CARGA SEDIMENTAR NO RIO DOS SINOS, APÓS DESASTRES HIDROSEDIMENTOLÓGICOS EM 2017 - ROLANTE/RS, BRASIL

Ana Flavia Brancalion Costa¹; Fernando Mainardi Fan²; Marcelle Gressler³

ABSTRACT – The hydrosedimentological events that occurred in the city of Rolante/RS, in January 2017, resulted from intense and located precipitations that reached the hillside areas of the region. As a consequence, hundreds of landslides formed debris flow to the basin's channels, resulting in significant economic losses not only in the rural area, but also in the urban area affected by flash floods. About 350 landslide scars were observed in an area of 230 hectares. However, the effects of this disaster were not only restricted to Rolante. The sediments from the landslides reached Rio dos Sinos causing interruption of supply to at least other ten cities. The city of Novo Hamburgo interrupted the water supply for 3 days, while Campo Bom registered a turbidity of 10,000 uT. To characterize the sediment's wave time in Rio dos Sinos, we got in touch with the supply systems of the affected cities. The water quality model SIAQUA-IPH was used to simulate the event based on the river's estimated discharges. In the manual calibration of the model, the longitudinal dispersion coefficient was calculated for each river reach using a set of empirical equations. The decay coefficient found was 0.1 and the speed correction coefficient was 2. The simulated results for the cities of Taquara, Campo Bom, Sapiranga, Estância Velha, Portão, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Esteio, Sapucaia do Sul and Canoas proved to be interesting in a context of lack of data and on a basin scale. The first seven cities showed a good correlation between the time of observation of the plume and the beginning of the simulated pollutograph; the others registered a greater correlation between the observation time and the peak of the pollutograph. The uncertainties present in the simulation are linked to i) the inaccuracy of the data; ii) the location of the water intake; and iii) the lack of sediment concentration data. Considering a total simulation time of 72 hours and that the maximum errors according to the correlations presented were 3 hours, the error in relation to the total simulated time was approximately 4%.

Palavras-Chave – Desastres; Transporte; Sedimentos.

1 - INTRODUÇÃO

Os eventos hidrometeorológicos verificados na região do município de Rolante/RS, em janeiro de 2017, decorreram de precipitações intensas e bem localizadas nas regiões de cabeceiras da sub-

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil, anafaviabc@yahoo.com.br, 051 996281146

2) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil, fernando.fan@ufrgs.br

3) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil, marcellegressler@gmail.com

bacia do Rio Mascaradas, afluente do Rio Rolante, ao norte da cidade. Como resultado, centenas de escorregamentos convergiram para o canal da bacia formando fluxos de detritos, além de inundações bruscas na zona urbana (PAIXÃO *et al.*, 2018). Ademais, provocaram diversas perdas econômicas, principalmente no ramo agropecuário, onde segundo a defesa civil, mais de 90% do gado foi levado pela enxurrada (GZH, 2017). Imagens de satélite constataram cerca de 350 cicatrizes de escorregamentos na região, somando uma área afetada de cerca de 230 hectares (SEMA e GPDEN/IPH/UFRGS, 2017). A Figura 1 a) apresenta algumas das cicatrizes identificadas nas encostas da região do município de Rolante e na Figura 1 b) pode-se identificar a proporção da inundação que atingiu a cidade.

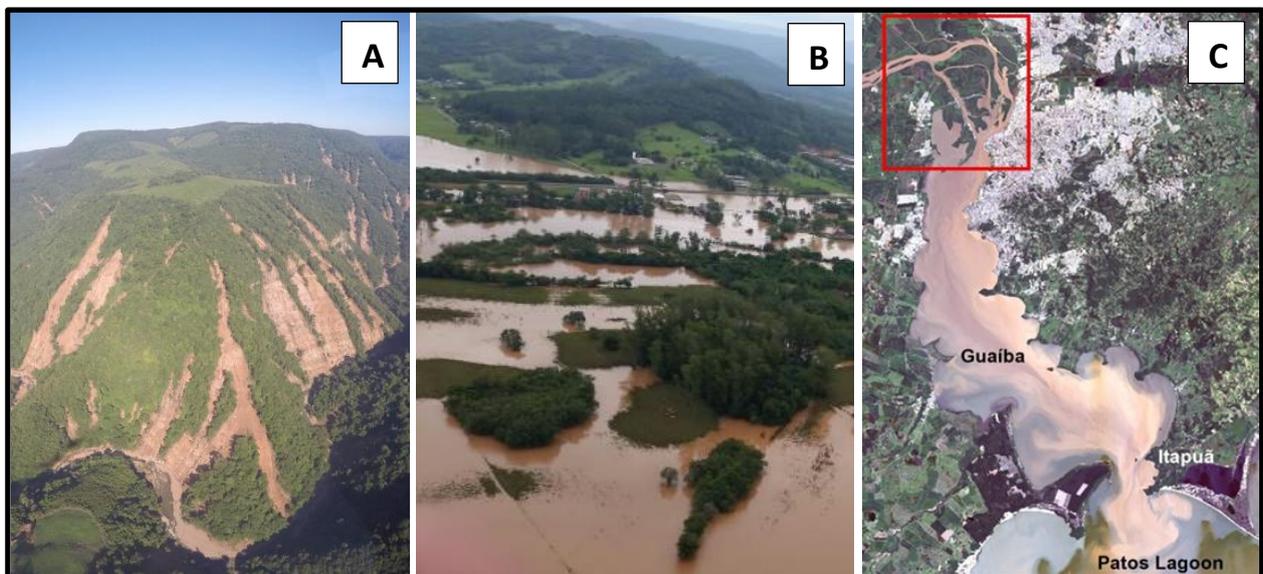


Figura 1 – a) Cicatrizes dos escorregamentos de terra; b) Área inundada no município de Rolante/RS; e c) Mancha de Sedimentos encontra o Lago Guaíba (fonte: DRH/GPDEN; Defesa Civil; SCOTTÁ, 2017).

Como consequência do transporte de sedimentos provenientes dos escorregamentos, os efeitos deste desastre não ficaram restritos apenas ao município de Rolante, já que o rio que atravessa a cidade é um afluente do Rio dos Sinos, importante curso de água do Rio Grande do Sul. Assim, a elevada turbidez levou a interrupção do abastecimento de água de muitas cidades no Baixo Sinos. A Figura 1 c) apresenta a mancha de sedimentos proveniente dos escorregamentos, quando esta atinge o lago Guaíba e que, por sua vez, deságua na Lagoa dos Patos.

Neste contexto, em que os eventos relatados afetaram o abastecimento de grande parte da Bacia do Rio dos Sinos, este trabalho possui duas motivações principais: 1) caracterizar o transporte de sedimentos no Rio dos Sinos após a ocorrência de uma série de desastres hidrossedimentológicos na cidade de Rolante, em janeiro de 2017; e 2) simular este transporte através da utilização do modelo de qualidade de água SIAQUA-IPH proposto por Fan *et al.* (2013), comparando os resultados obtidos com os dados de observação da mancha de sedimentos nos municípios do Baixo Sinos.

2 - METODOLOGIA

2.1 - Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos (Figura 2), localizada no nordeste do estado do Rio Grande do Sul, possui uma área de 3.800 km² e uma malha hídrica de aproximadamente 3.471 km (SCHULZ *et al.*, 2006). É uma das bacias mais importantes economicamente da região sul do país, contando com uma participação de aproximadamente 20% no PIB estadual e com uma população de mais de um milhão e trezentos mil habitantes. O rio principal desta bacia é o Rio dos Sinos, integrante da região hidrográfica do Guaíba, seus principais afluentes são o Rio da Ilha, o Rio Paranhana e o Rio Rolante (SEMA, 2014).

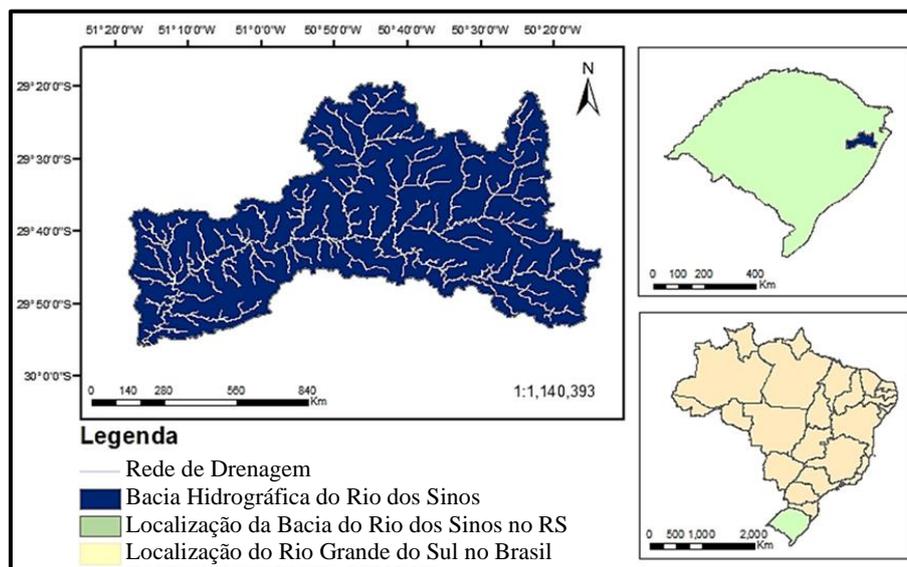


Figura 2 - Bacia do Rio dos Sinos (fonte: autoria própria).

2.2 - Caracterização do Transporte

A Figura 3 apresenta a linha do tempo dos acontecimentos da semana do dia 5 de janeiro de 2017, indicando os horários que a pluma de sedimentos foi observada em cada município e os horários de desligamento dos sistemas de captação, através dos dados coletados com os sistemas de abastecimento de cada cidade. Em alguns municípios, a observação da pluma e a interrupção da captação deram-se de maneira simultânea. Indica-se também, a localização destes municípios no mapa da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos e a posição das cicatrizes dos deslizamentos de terra, bem ao norte da bacia, em regiões de cabeceira.

Cabe ressaltar que no município de *Rolante* a captação não chegou a ser desligada em nenhum momento. No município de *Novo Hamburgo*, o desabastecimento perdurou por três dias, além de serem registradas queimas de motores na captação. Ainda, a captação de *Campo Bom* registrou

uma turbidez máxima de 10.000 uT em contrapartida aos 100 uT máximos permitidos para água que ainda pode ser utilizada para o abastecimento público segundo a CONAMA 357 (2005).

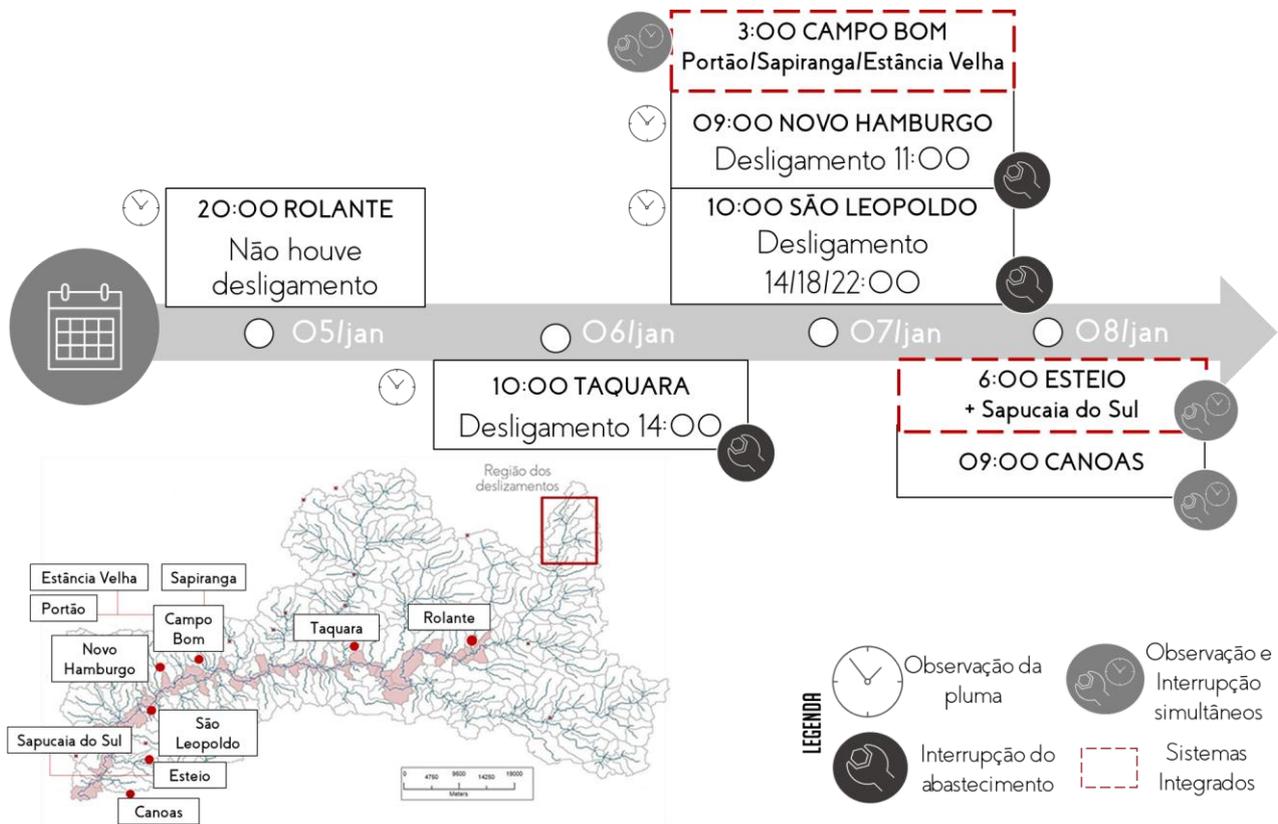


Figura 3 - Linha do tempo da pluma de sedimentos no Rio dos Sinos em jan/2017 (fonte: autoria própria).

2.3 - Simulação da carga sedimentar no Rio dos Sinos

Na preparação dos dados da simulação, primeiramente, os trechos do rio principal, afetados pela pluma de sedimentos, foram quantificados em comprimento, declividade e vazões, através do modelo hidrológico MGB-IPH (COLLISCHONN *et al.*, 2007). Assim, obteve-se o *shapefile* da rede de drenagem da bacia, subdividido em trechos chamados de minibacias; assim como o *shapefile* dos limites dessa bacia, para melhor visualização; e as vazões de referência Q90, Q70, Q50, Q30 e Q10 de cada minibacia. Após o pré-processamento, iniciou-se a inserção dos dados da simulação no modelo de qualidade de água SIAQUA-IPH (FAN *et al.*, 2013). Na ferramenta *Dados de Bacia Hidrográfica* foram inseridos os dados de geometria da bacia. Utilizando-se as vazões de referência providas do MGB-IPH, elegeu-se trabalhar em uma situação de grandes vazões (Q10). Estabeleceu-se, por fim, um tempo de simulação de 72 horas para um evento transiente.

A próxima etapa da modelagem baseou-se na inserção de um *lançamento de efluente*. A massa de sedimentos foi estimada de forma aproximada através da área observada de cicatrizes de

escorregamento, já que não existiam dados disponíveis de concentração durante o evento simulado e, por isso, não foi possível calibrar o modelo para este parâmetro. A inserção do lançamento foi realizada no trecho de rio mais próximo do centro urbano da cidade de Rolante, que foi considerada como ponto de partida da simulação (tempo zero). Essa consideração foi tomada pela inexistência de dados acerca do tempo decorrido entre os deslizamentos e a inundação do município de Rolante.

Para a calibração manual, foram variados os coeficientes de decaimento k dos sedimentos, o coeficiente de dispersão longitudinal E_L e um coeficiente corretor de velocidades $C1$. Os valores encontrados foram de $k = 0,1$ e $C1 = 2$; para o coeficiente de dispersão longitudinal, escolheu-se a função do modelo que seleciona em uma base de equações empíricas a mais adequada para cada trecho de rio e a aplica.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 e a Figura 4 apresentam os resultados da simulação. Os municípios de Campo Bom, Sapiranga, Estância Velha e Portão; e, também, os municípios de Esteio e Sapucaia do Sul, possuem sistemas de abastecimento integrado, onde a captação é realizada de forma única para cada um dos sistemas. Assim, são representados de forma unificada nos resultados pelos municípios de *Campo Bom* e *Esteio*, respectivamente.

Tabela 1 - Comparação dos dados observados e o resultado da simulação

Cidade	Observação da pluma [h]	Interrupção do abastecimento [h]	Início do polutograma simulado [h]	Pico o polutograma simulado [h]
Taquara	14	18	14	16 - 18
Campo Bom*	31	-	32	35 - 36
Novo Hamburgo	37	39	39 - 40	43 - 44
São Leopoldo	38	42	42	46
Esteio*	58	-	51 - 52	55 - 56
Canoas	61	-	56	61

Para o município de *Taquara*, a Tabela 1 mostra que a pluma começou a ser observada **14 horas** após a enchente em Rolante; e o polutograma da simulação, no trecho correspondente a este município, Figura 4 a), também tem seu início aproximadamente **14 horas** após o lançamento.

Para o sistema integrado de *Campo Bom (Sapiranga/Estância Velha/Portão)*, a Tabela 1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra uma observação da pluma de sedimentos cerca de **31 horas** após os eventos e o polutograma da simulação, Figura 4 b), apresenta seu início **32 horas** após o lançamento.

Já para *Novo Hamburgo* e *São Leopoldo*, os polutogramas das Figura 4 c) e d), respectivamente, mostraram um pequeno atraso para o início da pluma de sedimentos, pois segundo os dados da Tabela 1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, a pluma teria sido observada 37 e 38 horas, após o lançamento; porém, os horários de interrupção do abastecimento se deram em **39 e 42 horas**, o que condiz com os polutogramas que apresentaram um início de concentração de sedimentos para **39/40 horas** e **42 horas** depois do lançamento.

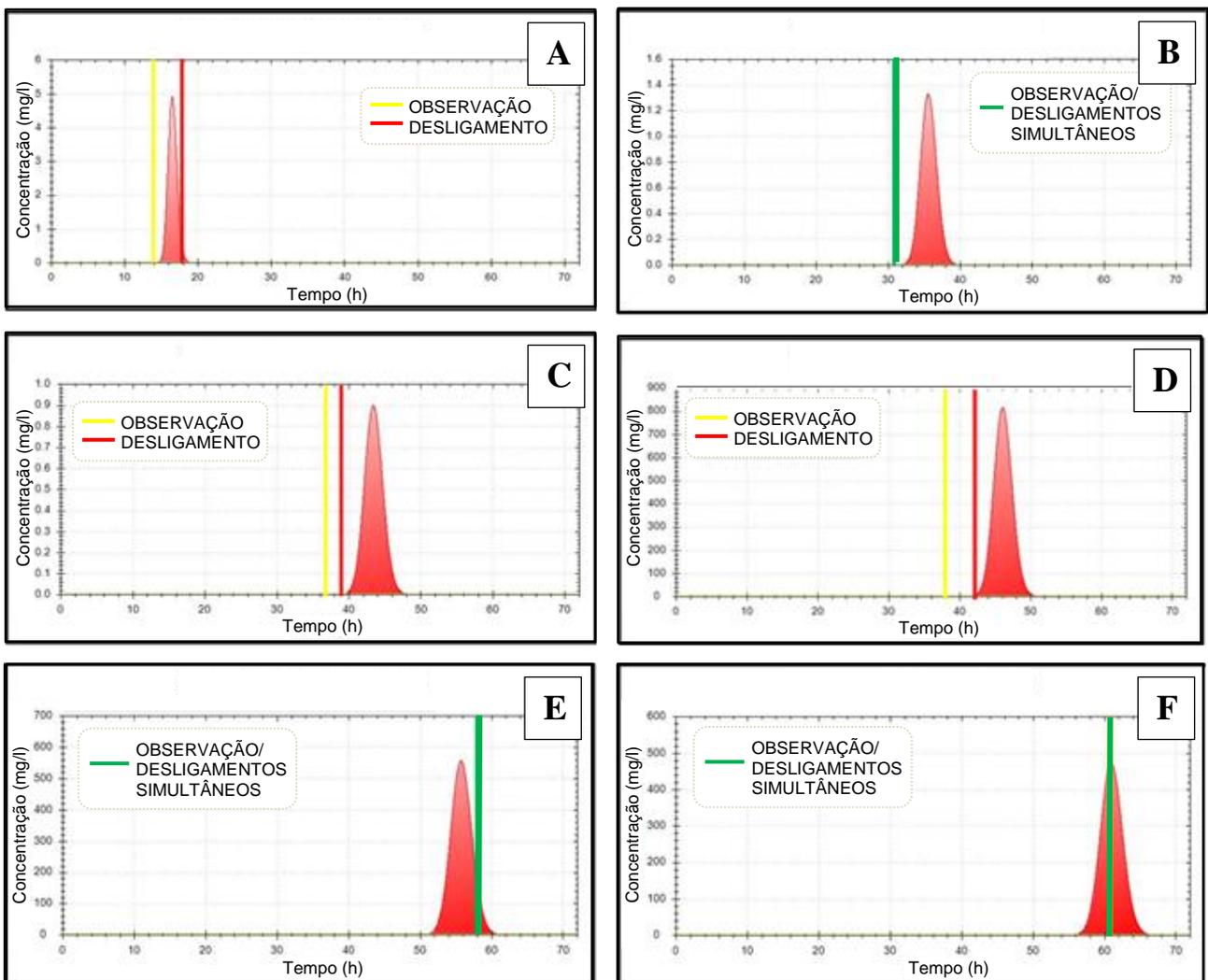


Figura 4 - Polutogramas do transporte de sedimentos no Rio dos Sinos: a) Taquara; b) Campo Bom*; c) Novo Hamburgo; d) São Leopoldo; e) Esteio* e f) Canoas.

A Figura 4 e) e f) apresentam os resultados da simulação para o sistema de *Esteio (Sapucaia do Sul)* e para o município de *Canoas*, onde os dados de observação da pluma de sedimentos apresentados na Tabela 1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, mostram-se mais aproximados aos tempos de pico dos polutogramas de sedimentos. As captações foram desligadas

58 e 61 horas após o lançamento, respectivamente, enquanto que os polutogramas, mostram um tempo de pico de concentração em **56 e 61 horas**.

Uma explicação para a diferenciação entre os tempos de observação e os tempos de início e pico dos polutogramas, está no fato de que as cidades mais próximas da foz do Rio dos Sinos, como Esteio, Sapucaia do Sul e Canoas, receberam uma quantidade menor de sedimentos, já que grande parte do lançamento, já havia se dispersado. Assim sendo, os problemas para estas captações se deram a partir das concentrações de pico dos sedimentos, ao contrário das cidades mais próximas de Rolante, as quais, logo na chegada da pluma de sedimentos, já percebiam uma grande concentração dos mesmos. Outro ponto importante, diz respeito ao fato de que os municípios mais próximos da Foz do Rio dos Sinos, tiveram seu abastecimento de água afetado por um período maior de tempo, o que condiz com os polutogramas gerados para estes cenários; pois, nestes gráficos, a pluma, apesar de se mostrar com uma concentração de pico menor, apresentou uma duração de tempo maior que nos polutogramas dos municípios mais próximos do lançamento.

As incertezas presentes na simulação estão ligadas i) à imprecisão dos dados obtidos com os sistemas de saneamento, coletados diretamente com os funcionários; ii) a localização das captações utilizadas de forma aproximada aos trechos de rios mais próximos às zonas urbanas dos municípios; e iii) a inexistência de dados de concentração de sedimentos, que não puderam ser calibrados e por isso não são discutidos. Considerando-se uma simulação de 72 horas e que os erros máximos, de acordo com as correlações observadas, foram de duas ou três horas, isto representa menos de 4% de erro em relação ao tempo total da modelagem.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O evento hidrossedimentológico ocorrido em janeiro de 2017 - a partir de deslizamentos de terra em Rolante/RS e que transportou sedimentos até o Rio dos Sinos que se propagaram por esta bacia - foi modelado a partir dos dados de observação referentes aos desligamentos das captações de água dos municípios do Baixo Sinos, caracterizando-se os tempos de viagem da pluma de sedimentos.

O resultado da simulação mostrou-se bastante interessante em um contexto de escassez de dados e escala de bacia hidrográfica. Os tempos de viagem da pluma de sedimentos foram calibrados para as cidades de Taquara, Campo Bom (Sapiranga/Estância Velha/Portão), Novo Hamburgo, São Leopoldo, Esteio (Sapucaia do Sul) e Canoas. Os municípios de *Taquara* e o sistema integrado de *Campo Bom* apresentaram correlação entre o horário de observação da pluma e o início do polutograma. Já em *Novo Hamburgo* e *São Leopoldo*, pôde-se observar uma correlação entre a interrupção do abastecimento e o início dos polutogramas. Finalmente, o sistema integrado de *Esteio* e o município de *Canoas*, apresentam uma correlação maior entre os horários de

observação da pluma e o pico dos polutogramas. Assim, em uma simulação de 72 horas, os erros máximos de acordo com as correlações foram de 2 ou 3 horas, o que representa menos de 4% do tempo total simulado. As incertezas presentes na simulação estão ligadas i) à imprecisão dos dados obtidos com os sistemas de saneamento, muitas vezes coletados diretamente com os funcionários; ii) a localização das captações utilizadas de forma aproximada; e iii) a inexistência de dados de concentração de sedimentos. Por fim, a modelagem deste evento apresenta-se como uma ferramenta de auxílio na tomada de decisão de gestores do abastecimento público frente à ocorrência de desastres relacionados aos sedimentos e a qualidade de água.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora gostaria de agradecer o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida e a UFRGS pelo apoio recebido.

BIBLIOGRAFIA

- COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.; DA SILVA, B. C.; TUCCI, C. E. (2007). "The MGB-IPH model for large-scale rainfall—runoff modelling." *Hydrological Sciences Journal*, 52(5), 878-895.
- CONAMA. (2005). 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, 357.
- DEFESA CIVIL/RS (2017). Área inundada no município de Rolante/RS [sem título]. 1 fotografia.
- DRH/GPDEN (2017). Cicatrizes dos escorregamentos ocorridos na bacia do Rio Mascaradas [sem título]. 1 fotografia.
- FAN, F. M.; COLLISCHONN, W.; RIGO, D. (2013). "Modelo analítico de qualidade da água acoplado com Sistema de Informação Geográfica para simulação de lançamentos com duração variada." *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, p. 359-370.
- GZH (2017). "90% do gado foi levado pelo rio", estima coordenador da Defesa Civil de Rolante." Porto Alegre, RS. 06/01/2017. Disponível em <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2017/01/90-do-gado-foi-levado-pelo-rio-estima-coordenador-da-defesa-civil-de-rolante-9142833.html>.
- SCHULZ, U.H.; NABINGER, V.; GOMES, L.P. (2006). *Relatório final do Projeto Monalisa. São Leopoldo, RS. Comitê de gerenciamento da bacia do Rio dos Sinos - COMITESINOS*, 18p.
- SCOTTÁ, F. (2017). Mancha de Sedimentos encontra o Lagoa Guaíba [sem título]. 1 fotografia.
- SEMA (2014). Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. *Plano de Bacia*.
- SEMA; GPDEN/IPH/UFRGS. (2017). *Diagnóstico preliminar*. Departamento de Recursos Hídricos da SEMA e Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais do IPH/UFRGS. Porto Alegre: DRH/SEMA, 26p.