

# INFLUÊNCIA DO DESLIZAMENTO EM TURBIDEZ E SÓLIDOS TOTAIS NA ÁGUA DO RIO: estudo de caso da bacia do rio Cubatão do Norte, Santa Catarina

*Masato Kobiyama<sup>1</sup>; Aline Almeida de Mota<sup>2</sup> & Paloma Meneghini<sup>3</sup>*

**RESUMO** --- Os eventos de precipitação que ocorreram na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte (BHRC), região nordeste catarinense, no ano 2008, apresentaram alta intensidade e grande volume, o que ocasionou o deslizamento na área da mesma. Então, o objetivo do presente trabalho foi analisar a influência desse deslizamento sobre a turbidez e a concentração de sólidos totais (ST) na água do rio. Na BHRC, se localiza uma infra-estrutura conjunta de captação de água e estação de tratamento de água da Companhia Águas de Joinville. Neste local, o monitoramento da qualidade da água bruta, vazão do rio e precipitação vem sendo realizado. Os dados de turbidez, ST, e vazão foram analisados. Embora houvesse poucos dados, encontrou-se uma correlação positiva entre turbidez e ST. A análise mostrou que o comportamento da turbidez da água na ocorrência de deslizamento é totalmente diferente do que no período de ausência de tal desastre. O resultado implica que a estimativa de produção de sedimentos em bacias não pode ser considerada simples caso ocorra deslizamento na mesma. Assim, deve-se estar atento para o fato de que as ferramentas para modelagem para estimativa de produção de sedimentos atualmente disponíveis podem resultar produtos que não correspondem à realidade.

**ABSTRACT** --- The precipitation events that occurred in the Cubatão do Norte River watershed (BHRC), northeastern Santa Catarina, in 2008, showed high intensity and large quantity, which caused the landslide in this watershed. Therefore, the objective of this study was to analyze the influence of the landslide on the turbidity and the total solids (TS) concentration in the river. At the BHRC exists an infrastructure of water uptake and the water treatment plant of the Water Company of Joinville. The monitoring of the raw water quality, the river discharge and precipitation has been carried out at this place. The data of the turbidity, ST, and discharge were analyzed. Although there were a few data, a positive correlation between turbidity and ST was found. The analysis showed that the turbidity behavior in the landslide occurrence is completely different from that during the period without such a disaster. The result implies that the estimated production of sediments in watersheds must not be considered simple when landslides occur. Therefore, it is necessary to be aware of the fact that the currently available modeling tools to estimate the sediment production of products might not correspond to the reality.

**Palavras-chave:** deslizamento, turbidez, sólidos totais

---

1) Bolsista do CNPq, Professor associado II da UFSC, CTC/ENS, Caixa Postal 476, Florianópolis/SC, 88040-900, Brasil. E-mail: [kobiyama@ens.ufsc.br](mailto:kobiyama@ens.ufsc.br)

2) Bolsista do PIBIC, acadêmica do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 476, Florianópolis/SC, 88040-900, Brasil. E-mail: [aline.mota86@hotmail.com.br](mailto:aline.mota86@hotmail.com.br)

3) Coordenadora das Estações de Tratamento de Água, Companhia Águas de Joinville, Av. Coronel Procópio Gomes nº 790 | Bucarein – Joinville/SC, 89202-300, Brasil. E-mail: [paloma.meneghini@aguasdejoinville.com.br](mailto:paloma.meneghini@aguasdejoinville.com.br)

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de sedimentos resulta dos processos erosivos (desagregação, transporte e sedimentação) na bacia hidrográfica. Agentes ambientais tais como água, vento e terremoto (vibração da terra) desagregam a terra e esses materiais desagregados são transportados e depositados. Quando ocorre uma produção abrupta e elevada de sedimentos e atinge a sociedade, esse fenômeno pode ser denominado desastre de sedimentos.

Essa produção de sedimentos é um fenômeno natural. As planícies de inundação nas quais a maioria da população mundial vive são formadas por tal produção ao longo do tempo geomorfológico. Isto significa que o desenvolvimento das sociedades não poderia acontecer sem produção de sedimentos. Portanto, precisa-se conviver com tal produção. Os sedimentos carregam nutrientes que fertilizam terras e, dependendo de sua concentração, transportam microrganismos ou matéria orgânica ocasionando melhora na fauna fluvial. Assim, possuem efeitos benéficos. Entretanto, o transporte de sedimentos pode causar, pelas partículas em suspensão, a degradação da qualidade de água para os usos humanos; além de impedir a penetração da luz e calor, reduzindo a atividade de fotossíntese essencial à salubridade dos corpos de água e modificando a vida aquática. Ainda, o sedimento do leito eleva seu nível do leito, prejudicando a navegação e provocando enchentes locais mais freqüentemente. Como a sociedade está inserida no ecossistema de produção de sedimentos, o desequilíbrio desse sistema traz desastres.

Para reduzir prejuízos associados a desastres naturais, deve-se entender os mecanismos dos fenômenos (Kobiyama *et al.*, 2006). É necessário familiarizar-se com os diversos processos existentes no sistema de produção de sedimentos a fim de tentar conviver com o mesmo. Isto possibilitará a realização de controle e manejo do sistema.

Nesse contexto, o presente trabalho teve objetivo de analisar como a ocorrência de deslizamento alterou a turbidez e a concentração de sólidos totais da água na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte (BHRC), Santa Catarina no final do ano 2008. A quantidade total e intensidade pluviométrica no Estado de Santa Catarina foram extremamente elevadas (Rocha *et al.*, 2009). Essa anormalidade não foi exclusividade da BHRC.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte (BHRC) possui uma área total de 492 km<sup>2</sup>, com uma extensão do canal principal de 88 km. Sua nascente com altitude de 1100 m está situada na Serra Queimada, e sua foz, no estuário da Baía da Babitonga (Gonçalves *et al.*, 2006). A BHRC

se localiza nos municípios de Garuva e Joinville no Estado de Santa Catarina, sendo que 80% da bacia ficam no município de Joinville (Figura 1). Relatando o histórico de inundações em Joinville desde sua fundação, isto é, 1851, Silveira e Kobiyama (2007) mostraram que a BHRC vem freqüentemente sofrendo inundações.

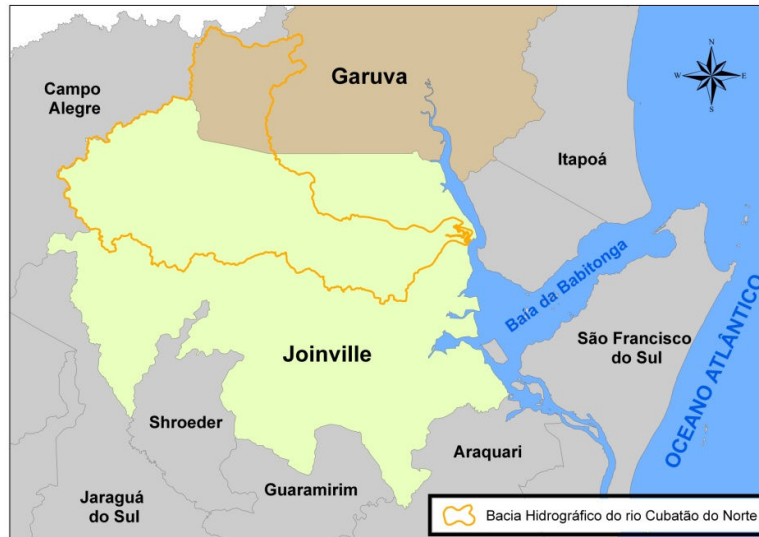


Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte.

## 2.2. Dados

A Companhia Águas de Joinville (CAJ) é órgão responsável pelo abastecimento de água no município de Joinville, e instalou a infra-estrutura da captação de água na BHRC, que atualmente corresponde a 70% do consumo total da água do município. No local onde estão essas instalações, a CAJ faz medição automática de vários parâmetros da qualidade das águas bruta e tratada, inclusive para turbidez as medições acontecem a cada 30 minutos. Além disso, a concentração de sólidos totais (ST) da água bruta é monitorada uma vez por mês.

No mesmo local, o Laboratório de Hidrologia (LabHidro) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) instalou uma estação fluviométrica e pluviométrica automática que realiza a medição de precipitação e nível de água no rio cada 10 minutos (Figura 2). Grison *et al.* (2008) apresentou a curva-chave para essa estação fluviométrica com uso de ADCP.

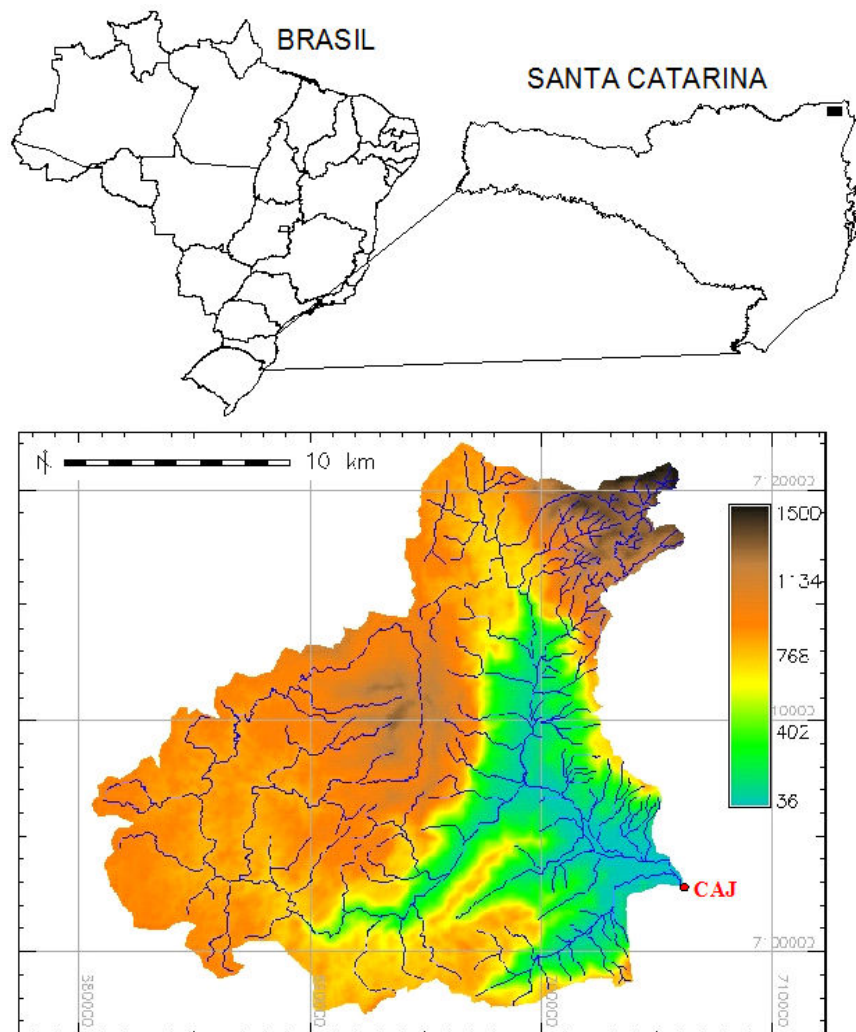


Figura 2 - Localização da área da BHRC considerada à montante da CAJ.

### 2.3. Avaliação do deslizamento

Como o acesso via terrestre é extremamente complicado, o deslizamento na BHRC, cuja iniciação de movimento de massa ocorreu no fim de novembro de 2008, foi observado via aérea. O movimento de massa no local do deslizamento foi avaliado através da comparação entre o hidrograma e o comportamento da turbidez (e ST).

Através de uma fotografia aérea (Figura 3) estimaram-se aproximadamente as dimensões do deslizamento (120 m de comprimento e 75 m de largura). A Figura 4 mostra claramente a influência do deslizamento sobre a turbidez e sólidos totais no rio.

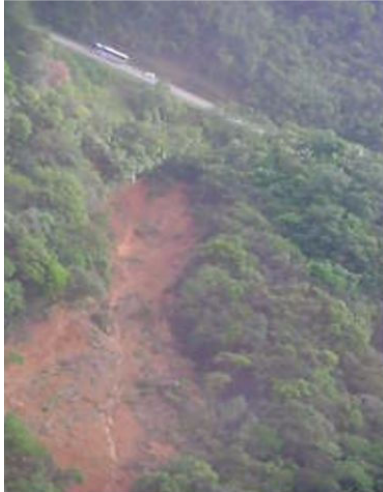


Figura 3 – Deslizamento próximo ao rio Cubatão.



Figura 4 – Encontro dos rios Quiriri e Cubatão.

Esse desastre acarretou problemas sérios no tratamento da água captada na estação de tratamento de água (ETA) da CAJ. Assim, no dia 03 de dezembro de 2008, a vazão da ETA foi reduzida em cerca de 20%. Na Figura 5 pode-se observar a água com turbidez extremamente alta nas instalações da ETA.



Figura 5 – Alta turbidez nas instalações da ETA: (a) Floco decantador; (b) Captação e (c) Calha Parshall.

## 2.4. Análise dos dados

Os dados de precipitação utilizados no presente trabalho foram medidos na estação pluviométrica que se localiza nas instalações da CAJ. Assim, considerou-se que esses valores de precipitação sejam médios na área de contribuição da captação de água para abastecimento.

Segundo Grison *et al.* (2008), a curva-chave da estação fluviométrica é:

$$Q = 0,3293 \cdot H^{0,394} \quad (1)$$

Então, usando esta equação, calculou-se a vazão em m<sup>3</sup>/s, a partir dos dados obtidos do nível da água do rio.

Usando dados de turbidez e ST, os quais foram obtidos no mesmo momento (Tabela 1) no período de 26/03/2008 a 18/08/2008 (antes da ocorrência de deslizamento), verificou-se a relação entre esses dois parâmetros.

Tabela 1 - Datas e horários da coleta de ST e medição de turbidez.

<b>Data</b>	<b>Hora</b>
26/03/2008	16:40
28/04/2008	16:30
07/05/2008	10:00
18/06/2008	11:20
09/07/2008	11:05
18/08/2008	12:00

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 6 apresenta o hidrograma e o hietograma horários para o período de 01 de novembro a 10 de dezembro de 2008, que inclui as datas em que ocorreu o deslizamento provocando aumento brusco de turbidez. É possível notar que a precipitação apresentou valores muito altos neste período, chegando aproximadamente até 60 mm/h.



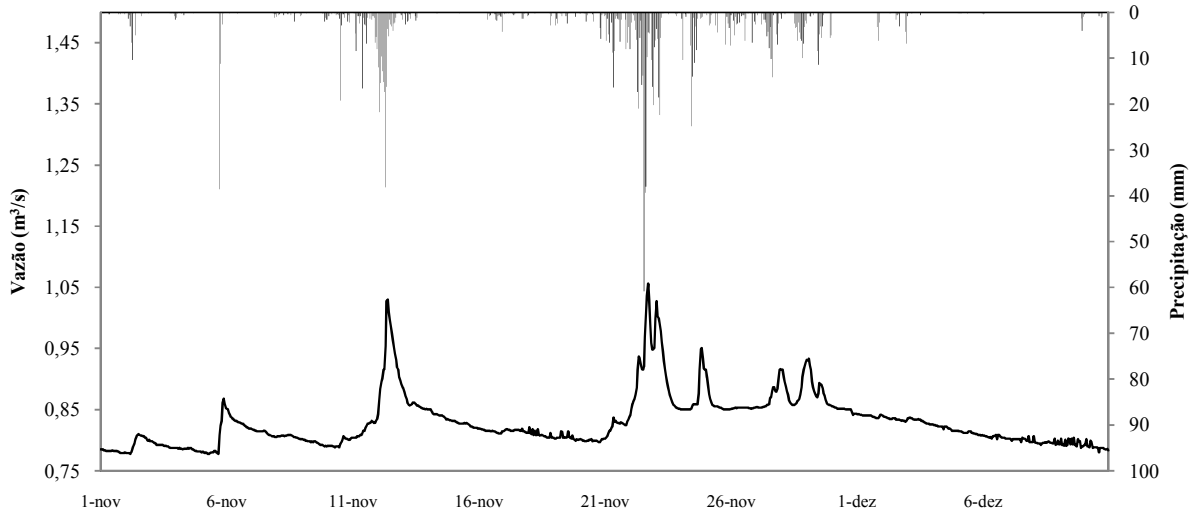


Figura 6 - Hidrograma e hietograma horário da BHRC no período de 01/11/2008 a 10/12/2008.

A partir dos dados de turbidez e ST medidos na estação de tratamento de água da CAJ foram feitas correlações com a vazão. A Figura 7 mostra que os comportamentos de vazão e turbidez no período de 21 a 28 de outubro de 2008, no qual ainda não ocorreu deslizamento, se apresentam razoavelmente em sintonia.

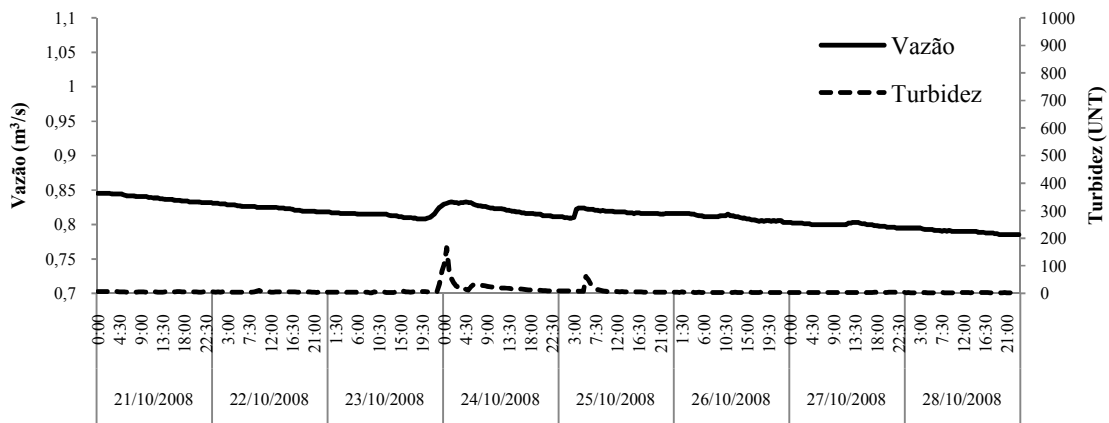


Figura 7 - Valores de turbidez e vazão para o período de 21 a 28 de outubro de 2008.

Os sistemas estão expostos e assim, sua estabilidade pode ser quebrada por algum fator externo. Neste caso, algumas vezes os valores de turbidez apresentam acréscimos exorbitantes, enquanto que a vazão continua sem ou com pouca alteração. A Figura 8 ilustra como a turbidez

aumentou bruscamente em 3 dias: 28 e 30 de novembro e 3 de dezembro de 2008. Assim, visualmente a correspondência que existe entre turbidez e vazão foi quebrada nesse período.

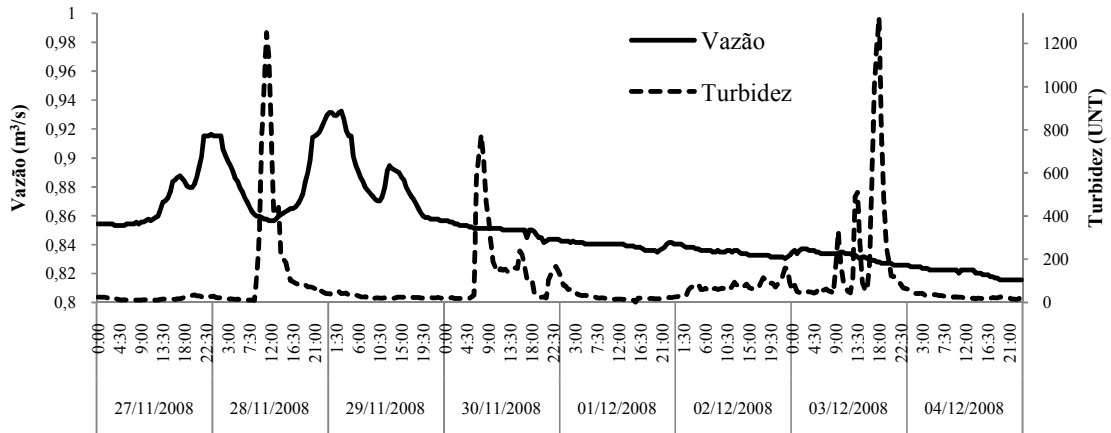


Figura 8 - Valores de turbidez e vazão para o período de 27/11 a 04/12 de 2008.

A Figura 9 apresenta uma comparação entre as correlações correspondentes a vazão e turbidez, sem ocorrência de deslizamento e influenciada pelo desastre. Embora as correlações sejam pequenas, ainda se apresenta bem maior quando não ocorre deslizamento.

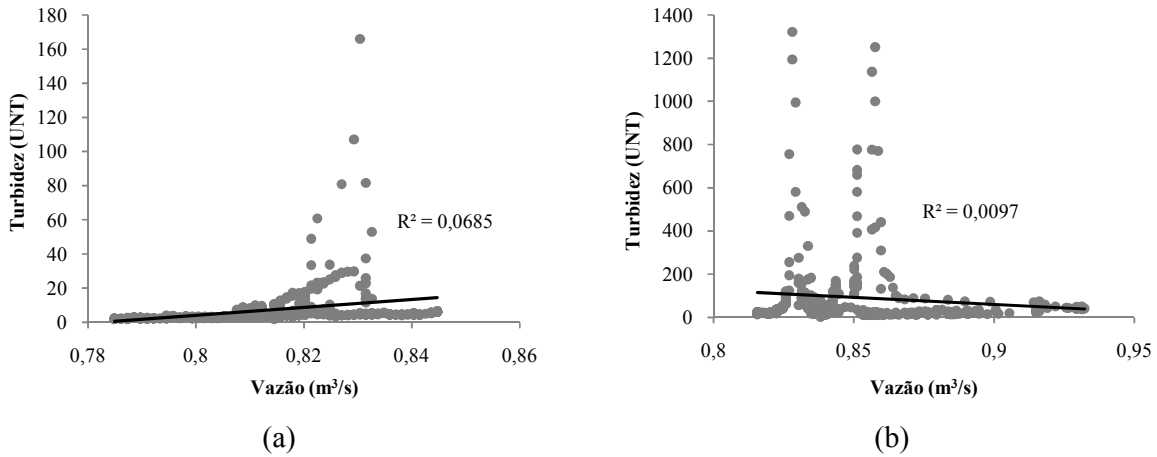


Figura 9 - Correlação entre vazão e turbidez. (a) período de 21 a 28 de outubro de 2008; (b) período de 27/11 a 04/12 de 2008.



Como os dados de ST são mensais, e os de turbidez são medidos a cada 30 minutos analisou-se a correlação entre ambos (Figura 10). Obteve-se então a Equação (2), que foi utilizada para calcular ST a cada 30 minutos, sendo que cada valor é correspondente a uma vazão no mesmo momento.

$$ST = 2,403 \cdot Turbidez + 45,306 \quad (2)$$

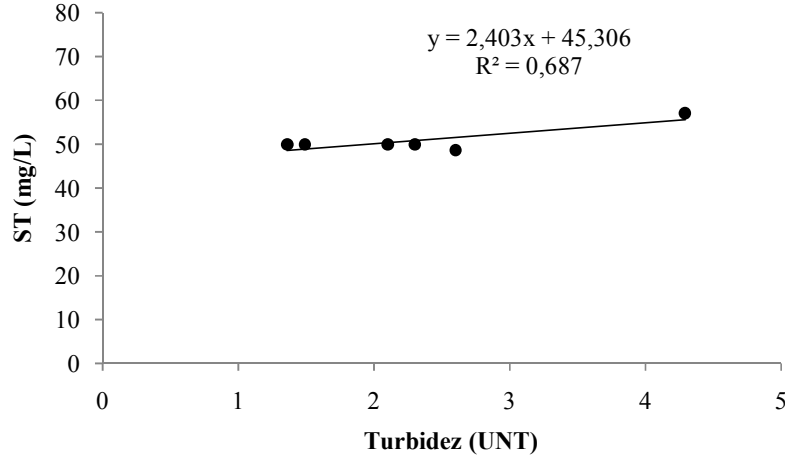


Figura 10 - Correlação entre ST e Turbidez

A partir dos dados de ST obtidos da correlação, foi possível estimar a concentração de ST na água do rio. A mesma uniformidade que existe entre turbidez e vazão, também existe entre vazão e ST (Figura 11). Apesar disso, no período que ocorreu o evento de deslizamento naturalmente a concentração de ST aumentou significativamente, seguindo o mesmo desequilíbrio apresentado pela turbidez (Figura 12).

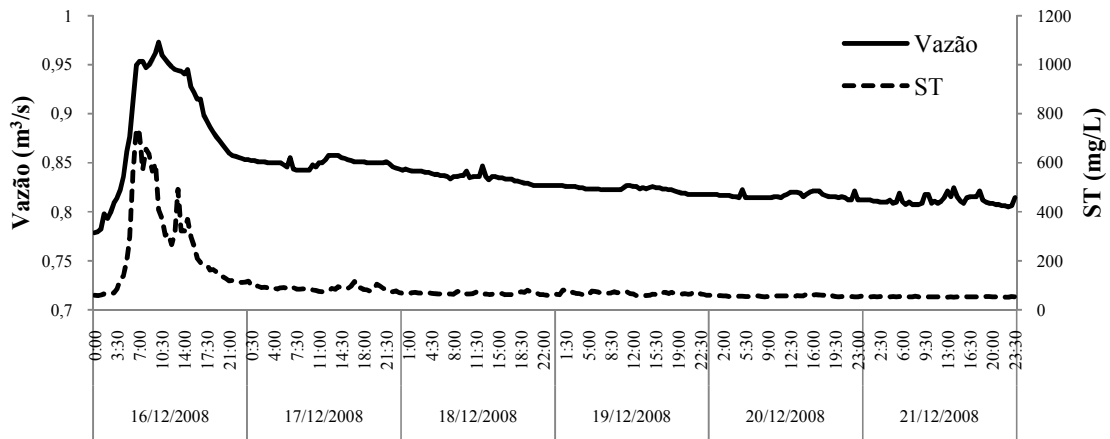


Figura 11 - Concentração de ST no período de 16 a 21 de dezembro de 2008.

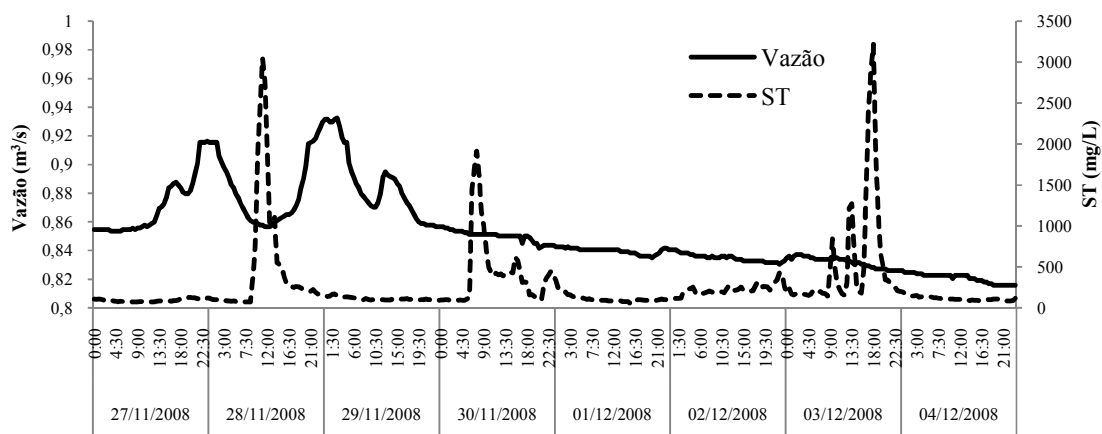


Figura 12 - Concentração de ST no período dos deslizamentos.

O aumento brusco de ST foi mostrado qualitativamente nas figuras anteriores. Para comprovar quantitativamente que a produção de sedimentos nesse período foi realmente significativa comparou-se a produção antes e durante o deslizamento. A produção de sedimentos no dia 30/11/2008 foi pouco mais que 5 vezes maior que no dia 19/10/2008, apesar de os valores da vazão média diária serem muito semelhantes nesses dias.

Tabela 2 - Média diária de vazão e concentração de ST para diferentes períodos.

	Data	Q <sub>média</sub> (m <sup>3</sup> /s)	ST <sub>médio</sub> (mg/L)
Sem ocorrência de deslizamento	03/05/08	0,804	60,37
	07/10/08	0,810	53,44
	19/10/08	0,856	72,11
Ocorrência do deslizamento	28/11/08	0,882	468,16
	30/11/08	0,850	395,80
	03/12/08	0,832	493,14

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Considerando apenas uma ocorrência de deslizamento na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte no estado de Santa Catarina, sua influência na turbidez e sólidos totais da água bruta no município de Joinville foi relatada e discutida.

O deslizamento (um tipo de movimentos de massas) produz sedimentos em rios. Portanto, pode ser considerado como um tipo de processo erosivo. Entretanto, o mecanismo de produção de sedimentos pelo deslizamento é bem diferente daquele pela erosão laminar, sulco, entre outros. Isto implica que os modelos que consideram essas erosões, por exemplo RUSLE (Renard *et al.*, 1997) e SWAT (Neitsch *et al.*, 2005), não conseguem simular adequadamente a produção de sedimentos no

rio para casos de ocorrência de deslizamento. Embora o presente trabalho demonstre apenas um estudo preliminar, é suficiente para chamar atenção dos modeladores de produção de sedimentos em bacias e para mostrar a importância de estudo do efeito de deslizamento na produção de sedimentos.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho obteve apoio parcial do Projeto “Curso de capacitação em hidrologia e hidrometria para conservação de mananciais” financiado pelo Edital MCT/CNPq/ CT-HIDRO – nº 037/2006”. Os autores agradecem aos membros do LabHidro-UFSC pela discussão geral sobre deslizamentos e pelo levantamento em campo.

## BIBLIOGRAFIA

GONÇALVES, M.L.; ZANOTELLI, C.T.; OLIVEIRA, F.A. (2006). *Diagnóstico e prognóstico das disponibilidades e demandas hídricas do rio Cubatão do Norte – Joinville – Santa Catarina*. UNIVILLE Joinville-SC, 92p.

GRISON, F.; KOBİYAMA, M.; SANTOS, I.; CUNHA, H.D. (2008) “*Uso do ADCP para construção de curva-chave*” in: Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia e II Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, Belo Horizonte, Ago. 2008, pp 1-11

KOBİYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.; RUDORFF, F. (2006) *Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos*. Organic Trading Curitiba-PR, 109 p.

LEWIS, J. (1996) Turbidity-controlled suspended sediment sampling for runoff-event load estimation. *Water Resources Research*, v.32, n.7, p.2299-2310.

NEITSCH, S.L.; ARNOLD, J.G.; KINIRY, J.R.; WILLIAMS, J.R. (2005). *Soil and water assessment tool - Theoretical documentation version 2005*. Temple, Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, 541p.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.A.; WEESIES, G.A.; McCOLL, D.K. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington: U.S.D.A., 440p. (Agriculture Handbook n. 703.)

ROCHA, H.L.; KOBİYAMA, M.; SILVA, C.G. (2009). “*Análise estatística de chuvas intensas ocorridas nos municípios de Blumenau e Rio dos Cedros, SC, no período de agosto de 2008 a*

*janeiro de 2009*” in Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande – MS, Nov. 2009 (submetido).

SILVEIRA, W.N.; KOBAYAMA, M. (2007). “*Histórico de inundação em Joinville/SC – Brasil, no período de 1851-2007*” in Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, Nov. 2007, pp. 1-16