

## **CARGA DE LAVAGEM EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM DIFERENTES IMPACTOS ANTRÓPICOS EM SANTA MARIA-RS**

*Marielle Medeiros de Souza<sup>1</sup> ; Maria do Carmo Cauduro Gastaldini<sup>2</sup>*

*<sup>1,2</sup>Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM*

*Contato<sup>1,2</sup>: mariellers@yahoo.com.br;mcarmocg@gmail.com*

---

### **RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo avaliar o fenômeno carga de lavagem em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos na bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim no Município de Santa Maria-RS. As bacias hidrográficas analisadas possuem usos e ocupações do solo distintos sendo a bacia Alto da Colina considerada a de menor área (2,0 km<sup>2</sup>) e maior percentual de impermeabilização (17%). A carga de lavagem foi avaliada para os seguintes parâmetros de qualidade da água: DBO<sub>5</sub>, sólidos totais, suspensos e dissolvidos, coliformes totais e *Escherichia coli*, os nutrientes amônia, nitrito, nitrato e fosfato e os metais cobre, níquel zinco e chumbo. Segundo os polutogramas analisados a bacia Alto da Colina de menor área apresentou maior evidência do fenômeno carga de lavagem com a influência da urbanização. A elevada degradação ambiental está associada as características de uso e ocupação do solo e as atividades antrópicas da região, tais como: lançamento de efluente doméstico, urbanização e demastamento sem os devidos tratamentos conservacionistas.

**Palavras-chave:** *Poluição difusa ; atividades antrópicas, qualidade da água.*

---

### **ABSTRACT**

The purpose of this study is to evaluate the anthropic impacts on the Vacacaí-Mirim watershed, located in Santa Maria, RS, caused by the wash load phenomena. The analyzed watersheds have different use and occupation of soils, being Alto da Colina the basin with the smallest area (20 km<sup>2</sup>) and higher impermeabilization percentage (17 %). The wash load was analyzed for the following water quality parameters: BOD<sub>5</sub>, total, suspended and dissolved solids, total coliforms and *Escherichia coli*, ammonia nutrients, nitrite, nickel, zinc, lead, nitrate, phosphate and copper. The pollutograph corresponding to the smaller area, Alta de Colina, showed a greater impact caused by the washload due to the influence of urbanization. The high environmental degradation is associated with the improper use and occupation of soils caused by human activities in the region. Anthropic activities, such as wastewater disposal, urbanization, deforestation and poor conservation efforts, are responsible for these impacts.

**Keywords:** *Pollution diffuse; activities anthropic; quality water*

## INTRODUÇÃO

A poluição dos recursos hídricos tem sido motivo de preocupação da comunidade científica ambiental de todo o mundo, devido aos efeitos nocivos diretos sobre o recebimento das águas, ecossistema e também para a saúde humana.

O crescimento desordenado da população com expansão das ações ambientais alteram as características físicas, químicas e biológicas do recurso hídrico, que segundo Dill (2002) ocorrem inter-relacionadas e em cadeia, sendo o resultado um efeito final de consequência de cada ação desenvolvida e dos seus impactos.

As atividades humanas diárias geram poluição por fontes pontuais e difusas em torno do corpo receptor, provocando um desequilíbrio ambiental na qualidade da água atualmente citada como interferência de fatores antropogênicos, em que pode ocorrer a elevação da concentração de poluentes no curso hídrico.

O objetivo deste estudo foi avaliar a carga de lavagem em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos na bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim no município de Santa Maria/RS. Foram analisados os parâmetros de qualidade da água: DBO<sub>5</sub>, sólidos totais, suspensos e dissolvidos, coliformes totais e *Escherichia coli*, os nutrientes amônia, nitrato, nitrito, fosfato, e os metais cobre, níquel, zinco e chumbo. Os resultados encontrados foram comparados, analisando os principais fatores intervenientes no processo, tais como: precipitação pluviométrica, características físicas da área e uso e ocupação do solo.

## REVISÃO DE LITERATURA

As concentrações dos poluentes carregados pelo sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica variam espacialmente, com o tipo de área, e temporalmente, com eventos de precipitação e ao longo do mesmo evento.

Paz (2004) analisou a ocorrência da carga de lavagem gerada pelo escoamento superficial na bacia hidrográfica Alto da Colina, Santa Maria – RS. Nesta bacia encontram-se duas estações fluviométricas denominadas AC-I e AC-II. Nesse trabalho os autores realizaram coletas de amostras em tempo seco e em eventos de precipitação pluviométrica. A estação AC-I localizada em área com característica urbana apresentou maior ocorrência do fenômeno carga de lavagem do que a bacia AC-II, em área com característica rural.

Brites e Gastaldini (2007) avaliaram a carga poluente da água e de resíduos sólidos transportados pelo escoamento superficial urbano em duas bacias hidrográficas (Cancela e Alto da

Colina), localizadas no município de Santa Maria – RS, no período de abril a dezembro de 2003. A bacia Cancela, com área de 495 ha, apresentou-se mais suscetível à ocorrência do fenômeno de carga de lavagem do que a bacia Alto da Colina (AC-I), com 190 ha. Alguns autores, como Lee et al. (2002), consideram que o grau de intensidade do fenômeno é maior em bacias menores. Por outro lado, a bacia Cancela é mais urbanizada do que a Alto da Colina. Isto mostra a variabilidade do fenômeno e a dificuldade de comparação do mesmo em bacias distintas.

Os estudos citados anteriormente evidenciam a importância da determinação da concentração de poluentes. Além disso, torna-se fundamental saber a influência do uso do solo e das atividades antropogênicas como fator determinante nas características de cada curso d'água.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo teve como base a bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim, localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, situada entre as coordenadas geográficas  $53^{\circ} 46' 30''$  a  $53^{\circ} 49' 29''$  de longitude Oeste e  $29^{\circ} 36' 55''$  a  $29^{\circ} 39' 50''$  de latitude Sul, abrangendo uma área total de 1145,7 Km<sup>2</sup>.

Para avaliação do fenômeno carga de lavagem foram selecionadas quatro estações fluviométricas em áreas de características distintas ao longo do rio Vacacaí Mirim: Rancho do Amaral, Menino Deus II, Menino Deus IV, estas caracterizadas como rurais, e Alto da Colina com características urbanas. Na figura 1 ilustra-se a localização geográfica das bacias hidrográficas, bem como a localização dos pluviômetros para obtenção dos dados de precipitação e a localização das seções fluviométricas de monitoramento.

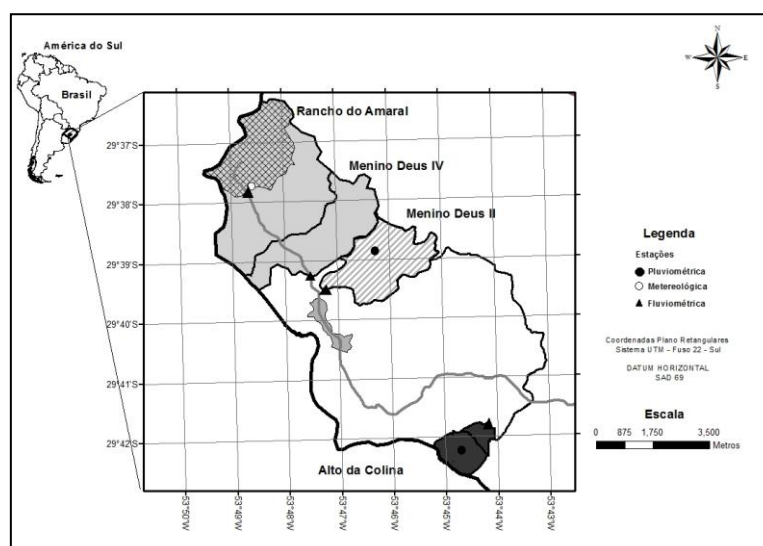


Figura 1 – Estações fluviométricas e pluviométricas de monitoramento na bacia do Vacacaí Mirim em Santa Maria-RS.

Na tabela 1 estão resumidas as características de uso do solo das bacias hidrográficas monitoradas e o ano de monitoramento das estações. A bacia hidrográfica Menino Deus IV apresenta maior área (18,6 km<sup>2</sup>) em relação às demais. A bacia Menino Deus II possui maior percentual de mata nativa e a bacia Alto da Colina de menor área com maior percentual de área impermeável e agricultura.

Tabela 1 – Características físicas das bacias hidrográficas nos anos de monitoramento.

Bacia Hidrográfica	Rancho do Amaral (2008)	Menino Deus IV (2012)	Menino Deus II (2012)	Alto da Colina (2008)
Área (km <sup>2</sup> )	4,5	18,6	5,0	2,0
Mata Nativa (%)	55,8	56,6	63,8	17,3
Campo (%)	39,6	37,3	24,4	14,8
Agricultura (%)	3,6	5,3	8,5	50,0
Impermeável (%)	-	0,3	3,2	17,4

Foi realizado monitoramento qualitativo por meio dos parâmetros de qualidade da água DBO<sub>5</sub>, coliformes totais, *Escherichia coli*, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, amônia, nitrito, nitrato, fosfato, cobre, níquel, zinco e chumbo. Analisando-se os parâmetros de qualidade da água foi possível determinar a carga de lavagem nas estações de monitoramento. O monitoramento quantitativo consistiu de medição de vazão e obtenção de dados de precipitação pluviométrica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o fenômeno da carga de lavagem, no escoamento superficial urbano, torna-se necessário normalizar adimensionalmente as massas poluentes transportadas e os volumes escoados segundo Gupta e Saul (1996a), indicados nas equações 1 e 2 respectivamente.

$$L = m(t) / M \quad (1)$$

$$F = v(t) / V \quad (2)$$

Sendo: L = adimensional de massa poluente acumulada; m (t) = massa poluente transportada até o tempo t (g); F = adimensional de volume escoado acumulado; v (t) = volume escoado até o tempo t (m<sup>3</sup>).

Conforme a definição considera-se que a carga de lavagem ocorre se a diferença máxima da massa poluente acumulada, L, e o volume escoado acumulado, F, for maior que 0,2. A equação 3 indica esta diferença.

$$\Delta = L - F \quad (3)$$

Sendo: Δ = Diferença de massa poluente acumulada, L, e de volume escoado acumulado, F.

Os dados hidrológicos de vazão máxima, média e mínima (m<sup>3</sup>/s), intensidade da precipitação pluviométrica em minutos (mm/min), precipitação pluviométrica (mm) e volume escoado (m<sup>3</sup>) dos eventos analisados nas bacias de estudo estão inseridos na tabela 2.

Tabela 2 - Dados hidrológicos dos eventos analisados nas bacias hidrográficas Rancho do Amaral, Menino Deus IV, Menino Deus II e Alto da Colina.

Bacia	Evento	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>min</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>med</sub> (m <sup>3</sup> /s)	P (mm)	I <sub>max</sub> (mm/min)	Vescoado (m <sup>3</sup> )
Rancho do Amaral	13/04/2008	0,234	0,015	0,040	41,8	1,0	1,8E+04
	28/04/2008	0,170	0,016	0,022	67,9	1,6	2,2E+04
	28/05/2008	2,428	0,021	0,116	123,6	1,0	1,7E+05
	09/06/2008	0,842	0,069	0,163	68,6	2,4	5,4E+04
	26/06/2008	0,842	0,045	0,112	80,4	3,4	5,1E+04
	05/09/2008	1,118	0,060	0,131	73,6	0,8	2,6E+04
Menino Deus IV	11/09/2008	2,108	0,167	0,474	65,6	1,2	2,0E+05
	10/11/2011	1,020	0,147	0,062	32,75	1,9	1,1E+04
	13/01/2012	0,029	0,247	0,025	14,53	1,5	1,9E+02
	24/01/2012	0,024	0,053	0,027	21,78	1,3	5,6E+03
	03/02/2012	1,345	0,151	0,020	86,48	2,1	3,6E+04
	06/02/2012	22,42	0,799	1,032	47,30	2,6	6,0E+04
	29/02/2012	7,630	0,421	0,033	61,06	2,1	1,8E+04
	05/04/2012	0,483	0,098	0,041	45,73	1,9	9,4E+03
	14/04/2012	0,226	0,133	0,043	37,33	0,4	1,6E+04
	29/05/2012	52,998	0,038	0,039	163,49	2,1	1,7E+05
Menino Deus II	10/11/2011	0,091	0,019	0,028	32,75	1,9	1,4E+03
	13/01/2012	0,016	0,007	0,120	14,53	1,5	1,4E+03
	24/01/2012	0,037	0,009	0,017	21,78	1,3	1,2E+02
	03/02/2012	0,216	0,110	0,053	86,48	2,1	2,0E+04
	06/02/2012	2,376	0,048	0,219	47,30	2,6	1,2E+04
	29/02/2012	1,439	0,016	0,067	61,06	2,1	4,7E+03
	05/04/2012	0,103	0,034	0,055	45,73	1,7	6,5E+03
	14/04/2012	0,317	0,048	0,219	37,33	0,4	7,4E+03
29/05/2012	14,037	0,055	0,058	163,50	2,1	3,4E+04	
Alto da Colina	13/04/2008	0,720	0,019	0,053	44,9	0,9	4,4E+04
	28/04/2008	0,654	0,019	0,054	51,9	0,6	7,1E+04
	29/05/2008	2,437	0,019	0,085	105,6	0,5	3,3E+04
	09/06/2008	1,538	0,022	0,176	60,2	1,1	6,5E+04
	26/06/2008	0,942	0,021	0,086	67,5	0,9	2,1E+04
	12/08/2008	1,334	0,323	0,911	35,8	0,9	5,8E+03
	04/09/2008	1,706	0,019	0,160	67,4	0,3	6,3E+04

Q<sub>max</sub>=Vazão máxima; Q<sub>min</sub>=Vazão mínima; Q<sub>med</sub>=Vazão média; P=Precipitação;  
I<sub>max</sub>=Intensidade de máxima; Vescoado=Volume escoado.

O polutograma ilustra a variação da concentração de poluentes em função da vazão nos eventos de monitoramento. A carga de lavagem é confirmada no polutograma quando o pico da concentração de poluente ocorre antes do pico de vazão de um rio. Na figura 2 ilustram-se os polutogramas em que foram verificadas maior ocorrência da carga de lavagem em um único evento para as bacias estudadas nesta pesquisa.

Na bacia Rancho do Amaral foram avaliados sete eventos de precipitação pluviométrica. O polutograma do evento do dia 09/06/2008 apresentou pico da concentração dos poluentes antes do pico da vazão de DBO<sub>5</sub>, coliformes totais, *Escherichia coli*, sólidos totais, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos, o que caracteriza a carga de lavagem (Figura 2a).

Em relação aos nutrientes, o fosfato na bacia Rancho do Amaral apresentou maior quantidade de carga de lavagem em relação às demais bacias, pelo método de Gupta e Saul (1996a). Isto se deve a utilização inadequada de fertilizantes orgânicos pelos moradores, em que ocorre fácil assimilação pelo solo juntamente com o volume escoado elevado e a intensidade da precipitação elevada carregam todo material ao corpo receptor.

Na seção fluviográfica Menino Deus IV foram analisados nove eventos de precipitação pluviométrica. Por meio do polutograma do evento e pelo cálculo utilizando o método de Gupta e

Saul (1996a) obteve-se carga de lavagem no dia 06/02/2012 para coliformes totais, *Escherichia coli*, sólidos totais, suspensos e dissolvidos e fosfato.

Além disso, foi o evento de maior intensidade de precipitação pluviométrica (mm/h) o que carrou todo material disponível no solo próximo ao curso d'água com maior intensidade, fenômeno também encontrado por LUO *et al.* (2009) que analisaram uma área com diferentes usos do solo na cidade de Shenzhen na China. Analisaram também que a concentração de poluentes diminui rapidamente após o pico da vazão, o que também foi observado nos polutogramas deste estudo.

Observou-se na bacia Menino IV grande ocorrência da carga de lavagem para sólidos suspensos. Isto se deve ao aumento da erosão e à perda de solo devido às práticas agrícolas, plantio próximo ao leito do rio e devastação da mata nativa.

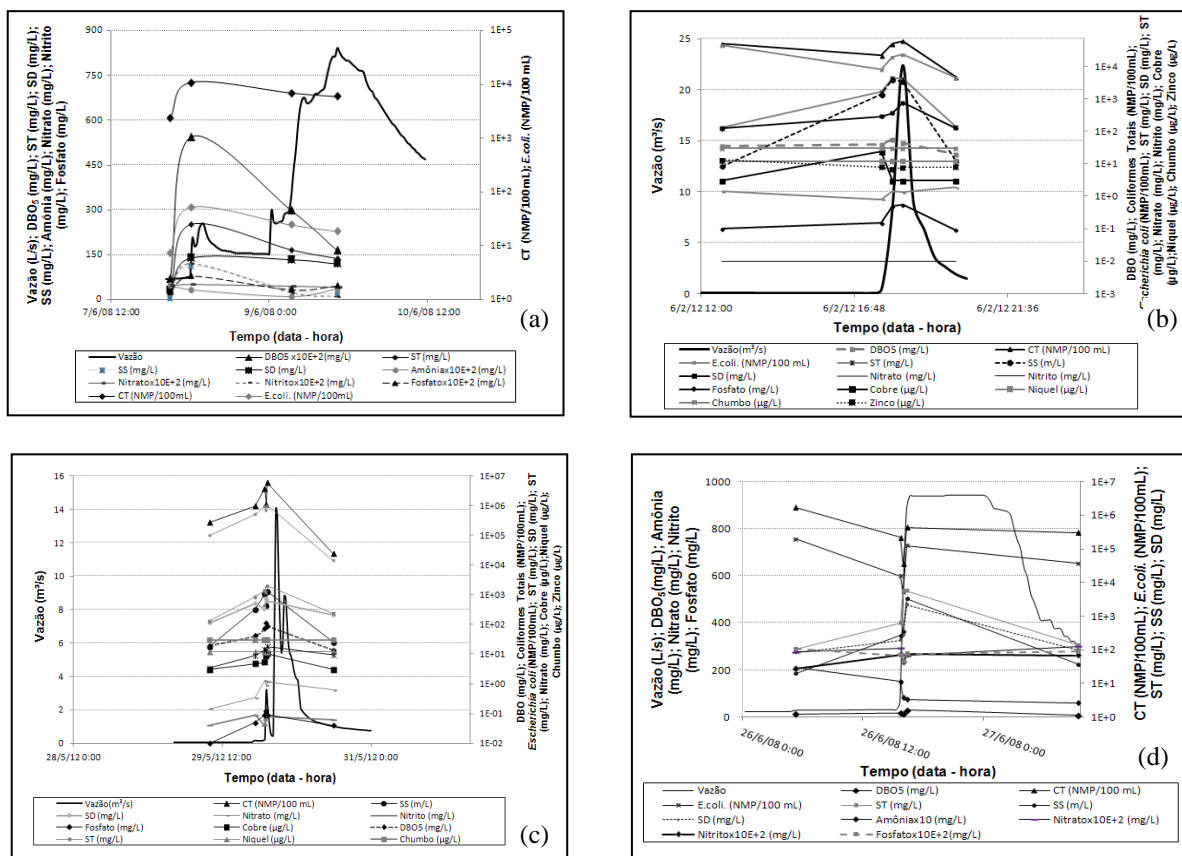


Figura 2 - Polutograma dos eventos de precipitação pluviométrica das bacias hidrográficas analisadas. (a) Evento do dia 09/06/2008 (Rancho do Amaral). (b) Evento do dia 06/02/2012 (Menino Deus IV). (c) Evento do dia 29/05/2012 (Menino Deus II). (d) Evento do dia 26/06/2008 (Alto da Colina).

Aryal e Lee (2009) em análise do escoamento de uma auto-estrada em Winterthur na Suíça verificaram que, em eventos de precipitação pluviométrica, os metais pesados estavam associados as partículas mais finas de sólidos em suspensão, o que também pode estar associado neste estudo, pois os metais cobre (evento do dia 06/02/2012) e zinco (evento do dia 14/04/2012) obtiveram carga de lavagem quando os sólidos em suspensão também apresentaram concentrações elevadas.

A seção fluvigráfica Menino Deus II possui contribuição de efluentes domésticos sem tratamento. Em eventos em que a intensidade foi mais elevada observou-se carga de lavagem maior, observou-se também que a carga de lavagem de sólidos em suspensão foi encontrada em sete eventos dos nove analisados. Este fato deve-se à retirada da cobertura vegetal nas encostas do rio e ao cultivo de agricultura familiar próximo as margens do rio.

O metal cobre na bacia Menino Deus II apresentou carga de lavagem em dois eventos, em que também foi encontrada carga de lavagem para sólidos suspensos. Dos metais avaliados o chumbo não apresentou carga de lavagem em nenhuma bacia.

Na seção fluvigráfica Alto da Colina foram analisados sete eventos de precipitação pluviométrica o polutograma do evento 26/06/2008 apresentou pico da concentração de poluentes de *Escherichia coli*, sólidos totais, sólidos suspensos e dissolvidos e os nutrientes amônia e nitrato. Este evento teve intensidade de precipitação (mm/h) e precipitação pluviométrica elevada (mm)

Nos demais eventos, considerando a bacia hidrográfica Alto da Colina, ocorreram variações na ocorrência de cargas de lavagem determinadas pelo método proposto por Gupta e Saul (1996a). No entanto, nos polutogramas a área urbanizada apresentou carga de lavagem para a maioria dos poluentes.

Tabela 3- Resultados da carga de lavagem segundo Gupta e Saul (1996a), na bacia hidrográfica Rancho do Amaral, Menino Deus IV, Menino Deus II e Alto da Colina.

Bacia	Data evento	DBO <sub>5</sub>		CT		EC		ST		SS		SD		AM		ATO		ITO		FOS	
		Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo
Rancho do Amaral	13/4/2008	0,10	70,00	0,09	70,00	0,20	30,03	0,12	69,97	0,16	69,97	0,01	30,03	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	28/4/2008	0,00	99,99	0,01	0,53	0,01	0,53	0,00	-	0,00	-	0,01	99,99	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	28/5/2008	0,15	1,00	0,23	90,11	0,35	90,11	0,24	1,06	0,38	1,06	0,62	7,43	0,14	1,06	0,08	1,06	0,18	90,11	0,18	90,11
	09/6/2008	0,32	57,30	0,23	57,35	0,32	57,35	0,24	57,35	0,50	57,30	0,15	57,35	0,21	57,35	0,02	57,35	0,62	57,35	0,24	57,35
	26/6/2008	0,20	40,16	0,39	40,16	0,44	4,17	0,09	40,16	0,02	55,67	0,08	55,67	0,02	55,67	0,03	55,67	3,17	40,16	0,12	4,17
	09/9/2008	0,08	82,71	0,43	82,71	0,39	82,71	0,08	82,71	0,50	82,71	0,15	82,71	0,01	82,71	0,34	82,71	0,08	82,71	0,55	9,18
	11/8/2008	0,65	43,44	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
Menino Deus IV	10/11/2011	0,29	20,49	0,66	20,49	0,57	20,49	0,07	79,51	0,15	79,51	0,05	20,49	-	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	13/01/2012	0,28	87,77	0,15	87,77	0,16	87,77	0,36	87,77	0,41	87,77	0,36	87,77	-	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	24/01/2012	0,27	3,03	0,89	89,59	0,28	89,59	0,12	3,03	0,49	3,03	0,09	89,59	-	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	03/02/2012	0,04	62,10	0,23	34,35	0,03	62,10	0,02	62,10	0,01	2,03	0,07	62,10	-	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	06/02/2012	0,08	5,34	0,23	5,34	0,30	5,34	0,16	5,34	0,16	5,34	0,44	5,34	-	-	0,07	22,24	0,00	-	0,17	5,34
	29/02/2012	0,12	59,01	0,03	59,01	0,08	1,54	0,03	33,79	0,04	1,54	0,44	33,79	-	-	0,12	59,01	0,04	33,79	0,09	2,57
	05/04/2012	0,01	6,87	0,01	6,87	0,01	93,13	0,01	93,13	0,01	93,13	0,14	6,87	-	-	0,02	6,87	0,04	93,13	0,00	93,13
14/04/2012	0,11	24,19	0,01	75,81	0,04	75,81	0,24	24,19	0,81	24,19	0,51	75,81	-	-	0,05	24,19	0,00	24,19	0,12	75,81	
29/05/2012	0,08	5,26	0,43	0,31	0,38	0,31	0,03	19,20	0,21	5,26	0,43	74,30	-	-	0,02	5,26	0,05	74,30	0,25	5,26	
Menino Deus II	10/11/2011	0,38	20,16	0,70	20,16	0,79	20,16	0,06	79,84	0,11	79,84	0,07	20,16	-	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	13/01/2012	0,13	41,08	0,02	91,40	0,07	91,40	0,00	-	0,29	91,40	0,06	91,40	-	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	24/01/2012	0,59	69,64	0,00	-	0,00	-	0,66	69,64	0,19	28,57	0,18	28,57	-	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	03/02/2012	0,14	24,91	0,07	24,91	0,06	74,06	0,03	74,06	0,16	24,91	0,06	74,06	-	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	06/02/2012	0,07	75,70	0,06	21,10	0,08	75,70	0,14	1,83	0,49	1,83	0,19	75,70	-	-	0,04	21,10	0,56	1,83	0,09	1,83
	29/02/2012	0,15	96,82	0,24	96,82	0,16	96,82	0,07	1,26	0,20	1,26	0,36	1,26	-	-	0,02	0,22	0,16	96,82	0,17	96,82
	05/04/2012	0,09	47,08	0,12	47,08	0,34	47,08	0,00	-	0,14	52,92	0,02	52,92	-	-	0,40	47,08	0,37	47,08	0,19	47,08
14/04/2012	0,08	53,17	0,11	53,17	0,13	46,83	0,22	53,17	0,42	53,17	0,19	53,17	-	-	0,16	46,83	0,00	-	0,00	-	
29/05/2012	0,22	9,07	0,50	9,07	0,48	9,07	0,20	9,07	0,43	9,07	0,17	38,37	-	-	0,11	9,07	0,09	38,37	0,09	9,07	
Alto da Colina	13/4/2008	0,00	-	0,03	69,58	0,02	40,29	0,00	-	0,00	-	0,01	69,58	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	28/4/2008	0,01	72,60	0,02	72,64	0,05	2,55	0,01	72,64	0,01	72,64	0,01	72,64	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	29/5/2008	0,11	91,56	0,12	91,56	0,06	91,56	0,10	91,56	0,06	91,56	0,12	91,56	0,10	91,56	0,09	0,9	0,09	91,56	0,02	91,56
	09/6/2008	0,22	59,52	0,29	59,52	0,30	59,52	0,00	-	0,11	19,91	0,21	19,91	0,18	59,52	0,16	5,25	0,54	19,91	0,20	59,52
	26/6/2008	0,17	26,06	0,17	-	0,43	1,24	0,34	1,24	0,53	1,24	0,42	1,24	0,85	26,76	0,06	71,00	0,01	26,76	0,07	71,00
	12/8/2008	0,24	47,73	0,18	31,06	0,08	47,73	0,22	31,06	0,14	31,06	0,38	31,06	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
	04/9/2008	0,10	37,34	0,59	57,33	0,43	57,33	0,56	57,33	0,24	37,34	0,56	57,33	0,17	57,33	0,20	57,33	0,11	57,33	0,09	57,33

DBO<sub>5</sub>= Demanda bioquímica de oxigênio; CT= Coliformes totais; EC= *Escherichia coli*; ST=Sólidos totais; SS=Sólidos suspensos; SD=Sólidos dissolvidos; AM=Amônia; ATO=Nitrato; ITO=Nitrato; FOS=Fosfato.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da carga de lavagem em áreas com diferentes usos antrópicos evidenciou a variabilidade da concentração de poluentes em função do escoamento superficial, do volume e da intensidade da precipitação pluviométrica. A bacia Alto da Colina, de menor área e maior porcentagem de urbanização apresentou, segundo os polutogramas, maior carga de lavagem para todos os poluentes avaliados em comparação ao método de Gupta e Saul (1996a).

A maior ocorrência do fenômeno carga de lavagem foi encontrada para coliformes totais, *Escherichia coli* e sólidos suspensos em todas as bacias hidrográficas analisadas. Dos metais analisados o chumbo não apresentou carga de lavagem em todas as bacias deste estudo.

## REFERÊNCIAS

ARYAL, R. K.; LEE, B. K. Characteristics of suspended solids and micropollutants in first-flush highway runoff. *Water Air Soil Pollut: Focus*, v.9, p. 339–346, 2009.

BRITES, A. P. Z.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da carga poluente no sistema de drenagem de duas bacias hidrográficas urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.12, n.4, Out/Dez, p.211-221, 2007.

DILL, P. R. J. *Assoreamento do reservatório do Vacacaí-Mirim e sua relação com a deterioração da bacia hidrográfica contribuinte*. 2002. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

GUPTA, K.; SAUL, A. J. Specific Relationships for the First Flush Load in Combined Sewer Flows. *Water Resource*, v. 30, n.5, p. 1244-1252, 1996a.

LEE, J. H.; BANG, K. W.; KETCHUM, L. H.; CHOE, J. S.; YU, M. J. First Flush Analysis of Urban Storm Runoff. *Science of the Total Environmental*, 293, p. 163-175, 2002.

LUO, H.; LUO, L.; HUANG, G.; LIU, P.; LI, J.; HU, S.; WANG, F.; XU, R.; HUANG, X. Total pollution effect of urban surface runoff. *Journal of Environmental Sciences*, v.21, p. 1186-1193, 2009.

PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D.; COSTAS, M. F. T.; SANTOS, F. A. Concentração de Sedimentos em Suspensão em uma Pequena Bacia Hidrográfica em Urbanização. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. *Anais...* João Pessoa-PB: ABES, 2001.

PAZ, M. F. *Estudo comparativo da carga de lavagem em bacias urbana e rural*. 2004. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.