

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Qualidade da água na bacia

Nas cabeceiras do Rio Ibicuí-Mirim, em São Martinho da Serra, foi realizado um monitoramento visando a caracterização da qualidade da água. As amostras de águas foram coletadas em tempo seco e durante os eventos de precipitação, no intuito de avaliar a influência do escoamento superficial sobre o corpo d'água receptor.

5.1.1 - Análises das características de tempo seco

Os resultados das campanhas de amostragem de qualidade realizadas nos três pontos de monitoramento: à jusante e à montante da área de mineração e na saída do principal garimpo em atividade (ponto intermediário), foram comparados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, para corpos d'água de Classe 2. Os valores encontrados para as características de qualidade da água encontram-se na tabela 5.1, 5.2 e 5.3.

Conforme mostra a figura 5.1 não houve variações significativas na temperatura da água entre os pontos de monitoramento.

As concentrações de oxigênio dissolvido encontradas são, em geral, maiores que a concentração mínima para a classe 2 (5 mg/L), com valores que indicam bons percentuais da concentração de saturação, exceto no ponto de garimpo (Figura 5.2).

Quanto à análise do conteúdo orgânico conforme a Figura 5.3, a concentração média de DBO_5 encontrada nos pontos de montante e jusante foi muito pequena, abaixo dos limites de detecção do método de análise (2 mg/L). Já, no ponto intermediário, a concentração média de DBO_5 foi 5,10 mg/L - um pouco superior ao limite da Classe 2 (5 mg/L), com valores variando de 3,24 a 6,14 mg/L.

A DQO no ponto intermediário foi mais elevada que nos pontos de montante e jusante, devido a interferência do garimpo (Figura 5.4). A relação DQO/DBO_5 nos três pontos foi elevada, segundo Braile e Cavalcanti (1979 *apud* MACÊDO, 2001)

isso significa que a fração inerte de poluição, ou seja, não biodegradável é alta, confirmando o fato de que a principal fonte de contaminação não é orgânica, como já era esperado.

A figura 5.5 mostra os resultados de condutividade elétrica. Os valores no ponto de jusante foram superiores aos valores no ponto de montante. No ponto intermediário, os valores foram mais elevados que nos outros dois pontos: o valor médio de condutividade elétrica foi de 220,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com valores variando de 204 a 239 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Os resultados de pH que são mostrados na figura 5.6, mantiveram-se numa faixa de 6,0 a 8,0, dentro dos limites da classe 2. Os valores foram bastante próximos entre si mostrando que a atividade de garimpo, praticamente, não interfere neste parâmetro.

O comportamento dos parâmetros sólidos totais, dissolvidos, suspensos totais, suspensos voláteis e suspensos fixos é semelhante, conforme mostram as figuras 5.7, 5.8, 5.9, 5.10 e 5.11. Os valores do ponto de jusante foram maiores que os de montante, porém menores do que os valores do ponto intermediário. A concentração média de sólidos dissolvidos no ponto de garimpo foi de 503,6 mg/L, com valores variando de 139,6 a 1586,4 mg/L, esses valores ultrapassam o limite da classe 2 (500 mg/L).

Os valores de turbidez podem ser observados na figura 5.12. Nos pontos de montante e jusante mantiveram-se bem abaixo do limite da classe 2 (100 UNT), sendo que os valores de jusante foram maiores que os valores de montante. No ponto intermediário o valor médio foi de 90,9 UNT, com valores variando de 55,6 a 110,7 UNT. Esse aumento significativo demonstra que existe relação entre os parâmetros sólidos e turbidez.

A figura 5.13 mostra o comportamento do parâmetro coliformes totais, sendo que os valores nos pontos de jusante e intermediário foram superiores aos valores de montante.

A figura 5.14 mostra os resultados para coliformes termotolerantes. Os valores encontrados no ponto de montante são inferiores ao limite da Classe 2 (1000 NMP/100 mL). No ponto de jusante o valor médio de coliformes termotolerantes foi 1084,1 NMP/100 mL, com valores variando de 374 a 2444 NMP/100 mL. No ponto intermediário o valor médio foi 2817,19 NMP/100 mL, com valores variando de 358 a 7825 NMP/100 mL. O aumento nas concentrações dos coliformes termotolerantes

após a área de garimpo pode ser justificada pela presença de garimpeiros na região ou devido à contribuição da atividade agropastoril no entorno das minas.

Para os três pontos de monitoramento as concentrações médias de Fosfato foram elevadas se comparadas com o limite da classe 2 para Fósforo Total: 0,1 mg/L. Conforme as figuras 5.15 e 5.16 houve interferência do garimpo nas concentrações de nitrato e fosfato.

As concentrações de Alumínio total, Cobre total e Ferro total foram elevadas nos três pontos de monitoramento, se comparados com os limites da Resolução CONAMA 357/05. No entanto, cabe ressaltar que os limites da Resolução são para Alumínio, Cobre e Ferro dissolvidos.

Observou-se um pequeno aumento nas concentrações no ponto de jusante, dos seguintes elementos: Cálcio, Cobre, Ferro, Magnésio, Manganês, Sódio e Zinco, indicando a interferência da área de mineração.

As concentrações médias de Zinco total também foram superiores ao limite da Resolução CONAMA 357/05, nos três pontos. Os outros elementos apresentaram concentrações inferiores aos limites estabelecidos por essa Resolução.

Tabela 5.1 - Características de qualidade da água em tempo seco, determinadas no ponto de montante.

MONTANTE	DATA												Média	Máximo	Mínimo
	17/12/04	08/03/05	30/03/05	13/05/05	30/06/05	19/08/05	31/08/05	26/09/05	26/10/05	06/12/05	26/12/05				
Temperatura (°C)	21,80	21,10	21,10	19,20	18,10	16,10	13,10	16,80	16,80	17,00	20,80	18,35	21,80	13,10	
OD (mg/L)	6,04	6,64	0,00	6,87	6,14	7,53	8,18	8,27	8,40	8,40	8,30	7,41	8,40	6,14	
DBO ₅ (mg/L)	2,41	0,00	0,00	0,85	0,40	1,11	0,87	1,31	0,99	1,43	0,12	0,86	2,41	0,00	
DQO (mg/L)	5,06	5,14	5,41	6,20	5,51	5,80	5,72	5,82	2,11	2,10	2,27	4,65	6,20	2,10	
Cond. (µS/cm)	37,90	35,70	37,90	39,70	34,90	38,90	32,40	32,80	32,90	54,80	50,70	38,96	39,70	32,40	
pH	7,27	7,21	7,35	7,27	7,12	7,00	6,99	6,88	7,28	6,91	7,15	7,13	7,35	6,88	
ST (mg/L)	38,00	66,40	69,20	61,60	46,40	45,20	76,50	96,00	89,00	120,00	49,00	68,85	96,00	45,20	
SSt (mg/L)	14,40	5,20	14,00	39,80	32,80	30,40	63,20	51,80	63,40	41,00	29,00	35,00	63,20	5,20	
SDt (mg/L)	23,60	61,20	55,20	21,80	13,60	14,80	13,30	44,20	25,60	79,00	20,00	33,85	61,20	13,30	
SSv (mg/L)	4,80	1,60	4,40	16,40	16,40	10,40	29,60	24,00	28,40	3,00	19,50	14,41	29,60	1,60	
SSF (mg/L)	9,60	3,60	9,60	23,40	16,40	20,00	33,60	27,80	35,00	38,00	9,50	20,59	33,60	3,60	
Turb. (UNT)	18,86	14,80	22,02	33,50	9,17	6,00	10,91	11,50	7,57	6,44	4,08	13,17	33,50	4,08	
CT(NMP/100mL)	2114,00	2415,00	2584,00	2374,00	2940,00	1920,00	1812,00	1918,00	1446,00	1524,00	2770,00	2165,18	2940,00	1446,00	
Ctr(NMP/100mL)	119,00	106,00	124,00	146,00	150,00	146,00	264,00	82,00	82,00	244,00	148,00	146,45	264,00	82,00	
Fosfato (mg/L)	-	-	-	0,1000	0,0260	0,0170	0,4630	0,8090	0,83416	0,9084	0,1163	0,4092	0,8090	0,0170	
Nitrato (mg/L)	-	-	-	0,7810	0,2330	0,1620	0,2790	0,5370	0,56271	0,5475	0,57284	0,4594	0,7810	0,1620	
Alcalinidade	-	-	-	13,50	14,50	12,00	14,00	-	-	-	-	13,50	14,50	12,00	
Al (mg/L)	-	-	-	2,1000	1,1000	0,9534	0,9563	-	-	0,6686	-	1,1557	2,1000	0,6686	
Cd (mg/L)	-	-	-	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	0,0001	0,0001	0,0001	
Ca (mg/L)	-	-	-	3,3000	2,3000	3,1000	2,6000	-	-	3,0000	-	2,8600	3,3000	2,3000	
Cu (mg/L)	-	-	-	0,0138	0,0009	0,0212	0,0147	-	-	0,0100	-	0,0121	0,0212	0,0009	
Cr (mg/L)	-	-	-	0,0007	0,0024	0,0003	0,0004	-	-	0,0100	-	0,0028	0,0024	0,0003	
Fe (mg/L)	-	-	-	0,8000	0,1000	0,7000	0,3000	-	-	0,4000	-	0,4600	0,8000	0,1000	
F ⁻ (mg/L)	-	-	-	0,2500	-	-	-	-	-	-	-	0,2500	0,2500	0,2500	
Mg (mg/L)	-	-	-	0,8000	0,6000	0,8000	0,7000	-	-	0,9000	-	0,7600	0,8000	0,6000	
Mn (mg/L)	-	-	-	0,0066	0,0028	0,0048	0,0037	-	-	0,0065	-	0,0049	0,0066	0,0028	
Na (mg/L)	-	-	-	2,1000	2,2000	2,6000	2,0000	-	-	2,0000	-	2,1800	2,6000	2,0000	
Zn (mg/L)	-	-	-	5,9000	0,6000	0,0107	0,0085	-	-	0,0150	-	1,3068	5,9000	0,0085	
Hg (mg/L)	-	-	-	0,0002	-	-	-	-	-	-	-	0,0002	0,0002	0,0002	

Tabela 5.2- Características de qualidade da água em tempo seco, determinadas no ponto intermediário (na saída do garimpo).

GARIMPO	DATA												Média	Máximo	Mínimo
	17/12/04	08/03/05	30/03/05	13/05/05	30/06/05	19/08/05	31/08/05	26/09/05	26/10/05	06/12/05	26/12/05				
Temperatura (°C)	19,50	20,30	21,10	19,90	18,70	16,10	12,40	15,10	15,30	17,30	18,80	17,68	21,10	12,40	
OD (mg/L)	5,90	6,15	6,18	4,95	3,95	3,22	3,59	3,74	4,10	4,50	5,20	4,68	6,18	3,22	
DBO ₅ (mg/L)	4,83	4,95	5,09	6,14	5,35	6,06	5,37	5,36	5,10	4,99	3,24	5,13	6,14	3,24	
DQO (mg/L)	19,28	20,22	23,65	27,74	24,28	28,19	23,76	24,39	5,50	4,66	4,00	18,70	28,19	4,00	
Cond. (µS/cm)	209,60	224,30	231,65	239,00	234,00	215,50	221,70	208,30	219,00	204,00	221,00	220,73	239,00	204,00	
pH	7,23	7,15	7,16	7,18	7,04	7,12	7,41	7,37	7,13	7,67	7,91	7,31	7,91	7,04	
ST (mg/L)	492,80	499,60	497,60	495,60	832,00	3809,60	4823,00	3288,50	710,50	611,50	650,50	1519,20	4823,00	492,80	
SSt (mg/L)	251,20	360,00	300,00	322,40	689,20	2223,20	3688,80	2131,40	415,00	380,50	409,50	1015,56	3688,80	251,20	
SDt (mg/L)	241,60	139,60	197,60	173,20	142,80	1586,40	1134,20	1157,10	295,50	231,00	241,00	503,64	1586,40	139,60	
SSv (mg/L)	96,00	105,60	103,60	56,00	116,40	964,00	1234,00	813,60	185,80	147,50	157,50	361,82	1234,00	56,00	
SSf (mg/L)	155,20	254,40	196,40	266,40	572,80	1252,20	2454,80	1317,80	229,20	233,00	252,00	653,11	2454,80	155,20	
Turb. (UNT)	88,93	99,82	105,26	110,70	99,02	105,68	99,13	104,80	73,55	55,60	57,18	90,88	110,70	55,60	
CT(NMP/100mL)	4083,00	4520,00	4508,00	4978,00	10950,00	13615,00	12030,00	12588,00	12445,00	48344,00	4410,00	12042,82	48344,00	4083,00	
Ctt(NMP/100mL)	558,00	381,00	358,00	426,00	1175,00	7825,00	5974,00	6260,00	3970,00	3465,40	605,00	2817,95	7825,00	358,00	
Fosfato (mg/L)	-	-	-	0,3890	0,0240	1,1300	0,9830	1,8700	1,89851	2,1708	0,2649	1,0913	2,1708	0,0240	
Nitrato (mg/L)	-	-	-	0,4230	0,4930	0,8620	1,7800	1,3100	1,33544	1,4786	1,30504	1,1234	1,7800	0,4230	
Alcalinidade	-	-	-	78,00	75,00	70,00	80,4	-	-	-	-	75,85	80,40	70,00	
Al (mg/L)	-	-	-	1,8000	0,6000	0,5096	0,8080	-	-	1,2693	-	0,9974	1,8000	0,5096	
Cd (mg/L)	-	-	-	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	0,0001	0,0001	0,0001	
Ca (mg/L)	-	-	-	50,6000	2,6000	14,3000	32,1000	-	-	16,7000	-	23,2600	50,6000	2,6000	
Cu (mg/L)	-	-	-	0,0414	0,0009	0,0352	0,0176	-	-	0,0100	-	0,0210	0,0414	0,0009	
Cr (mg/L)	-	-	-	0,0032	0,0024	0,0003	0,0012	-	-	0,0100	-	0,0034	0,0100	0,0003	
Fe (mg/L)	-	-	-	1,2000	0,3000	1,3000	0,6000	-	-	1,4000	-	0,9600	1,4000	0,3000	
F ⁻ (mg/L)	-	-	-	0,2500	-	-	-	-	-	-	-	0,2500	0,2500	0,2500	
Mg (mg/L)	-	-	-	8,0000	7,9000	3,6000	7,0000	-	-	6,0000	-	6,5000	8,0000	3,6000	
Mn (mg/L)	-	-	-	0,0142	0,0059	0,0160	0,0062	-	-	0,0360	-	0,0157	0,0360	0,0059	
Na (mg/L)	-	-	-	8,5000	7,5000	4,8000	6,6000	-	-	6,5000	-	6,7800	8,5000	4,8000	
Zn (mg/L)	-	-	-	10,4000	0,6000	0,0160	0,0109	-	-	0,0150	-	2,2084	10,4000	0,0109	
Hg (mg/L)	-	-	-	0,0002	-	-	-	-	-	-	-	0,0002	0,0002	0,0002	

Tabela 5.3- Características de qualidade da água em tempo seco, determinadas no ponto de jusante.

JUSANTE	DATA												Média	Máximo	Mínimo
	17/12/04	08/03/05	30/03/05	13/05/05	30/06/05	19/08/05	31/08/05	26/09/05	26/10/05	06/12/05	26/12/05				
Temperatura (°C)	20,70	20,50	23,80	20,30	18,50	16,40	12,20	15,80	16,00	17,50	19,90	18,33	23,80	12,20	
OD (mg/L)	5,56	5,24	5,63	5,94	5,27	5,52	5,12	5,14	6,14	6,20	6,33	5,64	6,33	5,12	
DBO ₅ (mg/L)	2,33	1,75	1,15	2,11	2,32	2,03	1,57	1,67	1,24	0,48	0,42	1,55	2,33	0,42	
DQO (mg/L)	2,41	2,51	3,11	4,74	6,14	10,44	9,16	9,29	3,66	3,66	1,47	5,14	10,44	1,47	
Cond. (µS/cm)	67,00	71,50	78,40	76,60	72,20	71,30	69,00	65,40	152,30	112,40	107,60	85,79	152,30	65,40	
pH	7,36	7,42	7,38	7,39	7,49	7,16	7,15	7,20	7,26	7,33	7,18	7,30	7,49	7,15	
ST (mg/L)	68,00	90,40	99,20	99,60	156,80	431,20	454,50	651,50	278,50	145,00	123,00	236,15	651,50	68,00	
SSt (mg/L)	6,00	6,00	12,00	19,00	92,40	377,60	286,80	464,20	184,20	70,00	66,00	144,02	464,20	6,00	
SDt (mg/L)	62,00	84,40	87,20	80,60	64,40	53,60	167,70	187,30	94,30	75,00	57,00	92,14	187,30	53,60	
SSv (mg/L)	2,00	2,40	4,00	6,20	14,40	133,60	96,40	183,40	62,80	18,00	31,00	50,38	183,40	2,00	
SSf (mg/L)	4,00	3,60	8,00	12,80	78,00	244,00	190,40	280,80	121,40	52,00	35,00	93,64	280,80	3,60	
Turb. (UNT)	15,91	11,24	16,06	35,44	25,13	42,39	30,37	34,40	17,35	5,84	12,52	22,42	42,39	5,84	
CT(NMP/100mL)	9139,00	9606,00	9755,00	10344,00	10950,00	14935,00	13172,00	13786,00	3962,00	7308,00	2038,00	9545,00	14935,00	2038,00	
Ctt(NMP/100mL)	957,00	805,00	964,00	1055,00	830,00	2444,00	910,00	1086,00	1866,00	634,00	374,00	1084,09	2444,00	374,00	
Fosfato (mg/L)	-	-	-	0,1000	0,0360	0,0170	0,4630	0,9330	0,95792	0,9579	0,3144	0,4724	0,9579	0,0170	
Nitrato (mg/L)	-	-	-	1,2370	0,2230	0,1930	0,2890	0,5350	0,4968	0,5171	0,5039	1,2370	0,1930		
Alcalinidade	-	-	-	21,50	21,90	22,60	18,40	-	-	-	-	21,10	22,60	18,40	
Al (mg/L)	-	-	-	1,8000	1,1000	0,6501	0,9454	-	-	0,4212	-	0,9833	1,8000	0,4212	
Cd (mg/L)	-	-	-	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	0,0001	0,0001	0,0001	
Ca (mg/L)	-	-	-	8,0000	4,7000	5,9000	7,3000	-	-	6,5000	-	6,4800	8,0000	4,7000	
Cu (mg/L)	-	-	-	0,0243	0,0009	0,0160	0,0136	-	-	0,0100	-	0,0130	0,0243	0,0009	
Cr (mg/L)	-	-	-	0,0011	0,0024	0,0004	0,0004	-	-	0,0100	-	0,0029	0,0100	0,0004	
Fe (mg/L)	-	-	-	1,0000	0,6000	1,0000	0,4000	-	-	0,3000	-	0,6600	1,0000	0,3000	
F ⁻ (mg/L)	-	-	-	0,2500	-	-	-	-	-	-	-	0,2500	0,2500	0,2500	
Mg (mg/L)	-	-	-	1,8000	1,3000	1,5000	1,5000	-	-	2,1000	-	1,6400	2,1000	1,3000	
Mn (mg/L)	-	-	-	0,0072	0,0034	0,0058	0,0055	-	-	0,0087	-	0,0061	0,0087	0,0034	
Na (mg/L)	-	-	-	2,6000	2,6000	3,0000	2,5000	-	-	2,7000	-	2,6800	3,0000	2,5000	
Zn (mg/L)	-	-	-	5,9000	0,6000	0,0140	0,0086	-	-	0,0150	-	1,3075	5,9000	0,0086	
Hg (mg/L)	-	-	-	0,0003	-	-	-	-	-	-	-	0,0003	0,0003	0,0003	

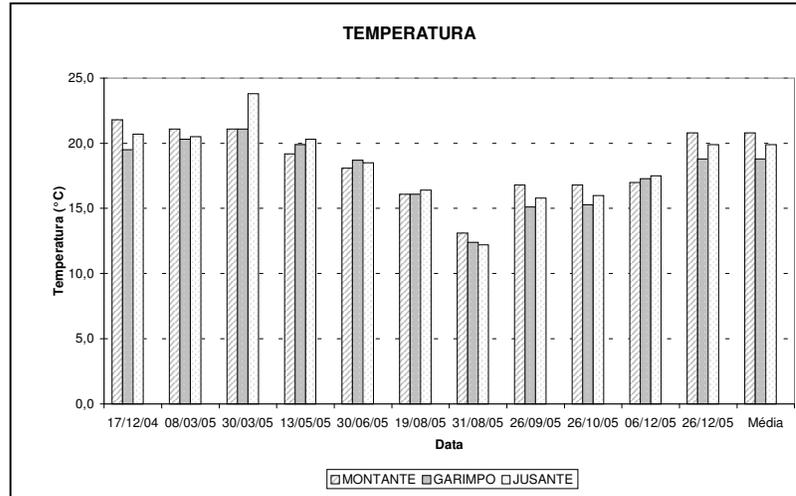


Figura 5.1 – Valores de temperatura da água, em tempo seco.

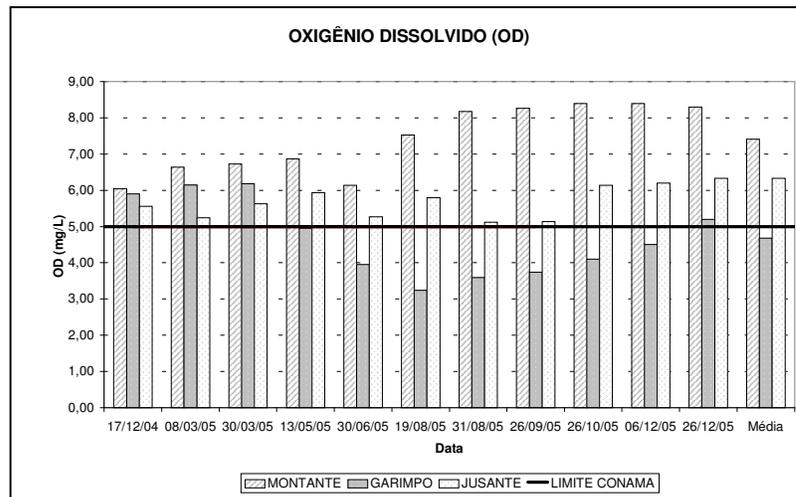


Figura 5.2 – Valores de oxigênio dissolvido, em tempo seco.

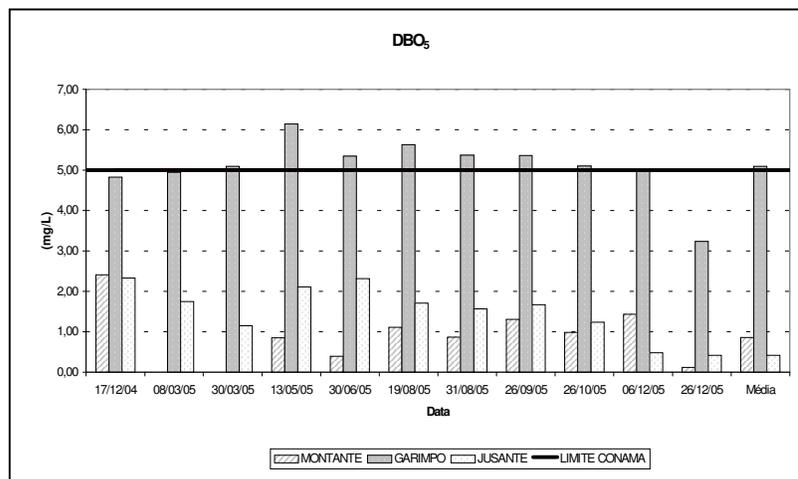


Figura 5.3 – Valores de DBO₅, em tempo seco.

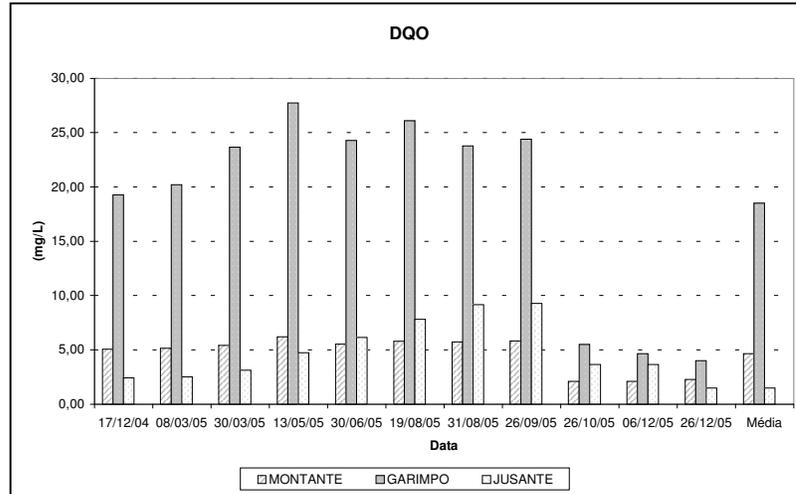


Figura 5.4 – Valores de DQO, em tempo seco.

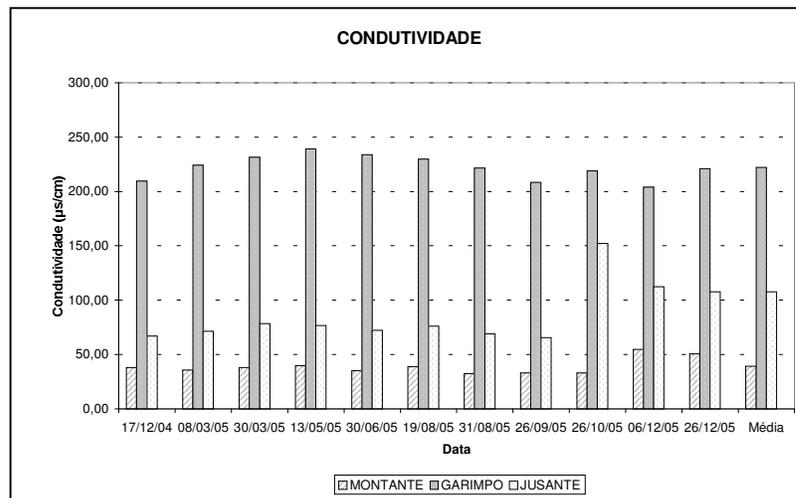


Figura 5.5 Valores de condutividade elétrica , em tempo seco.

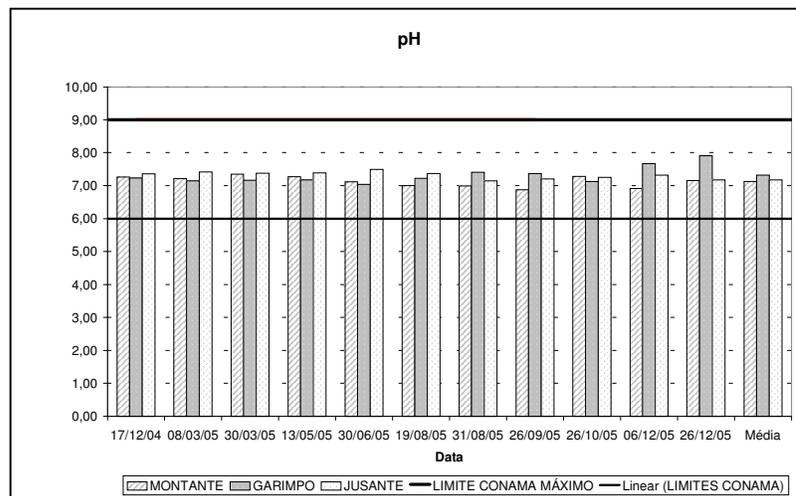


Figura 5.6 – Valores de pH, em tempo seco.

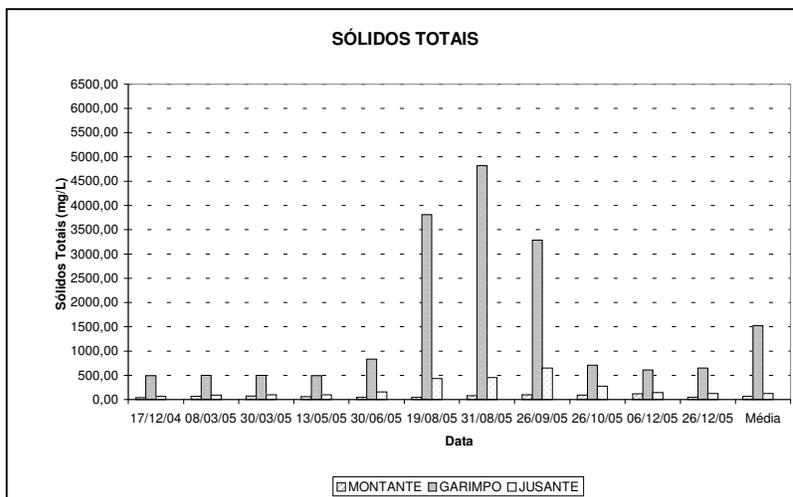


Figura 5.7 – Valores de sólidos totais, em tempo seco.

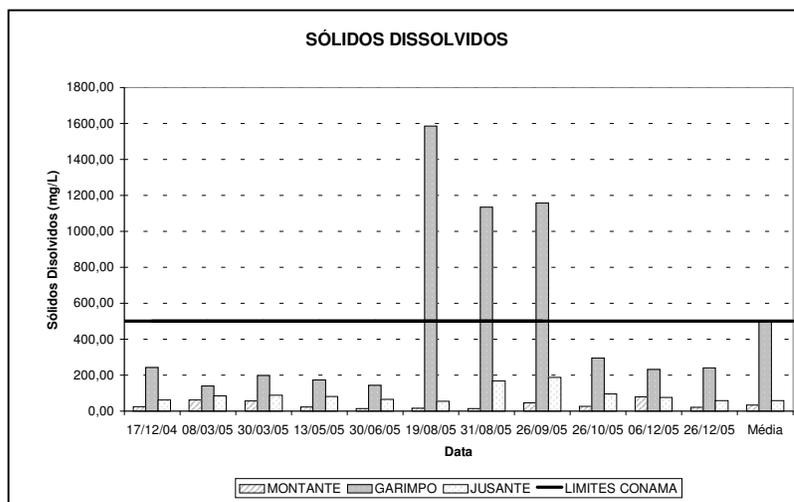


Figura 5.8 – Valores de sólidos dissolvidos, em tempo seco.

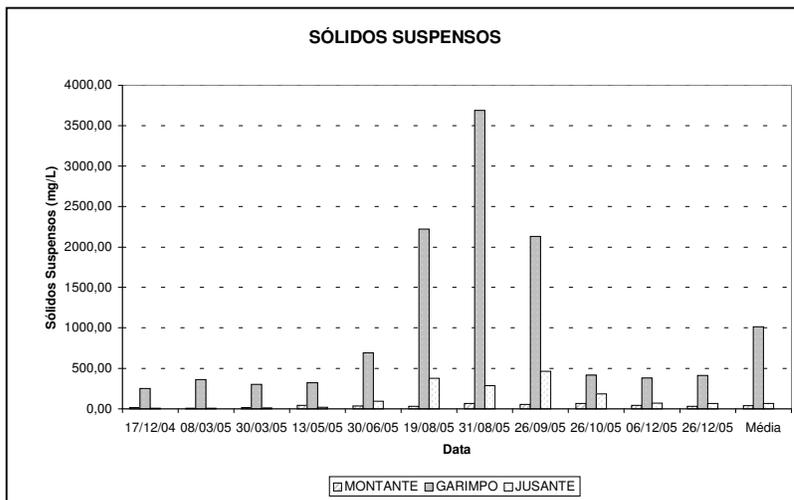


Figura 5.9 – Valores de sólidos suspensos, em tempo seco.

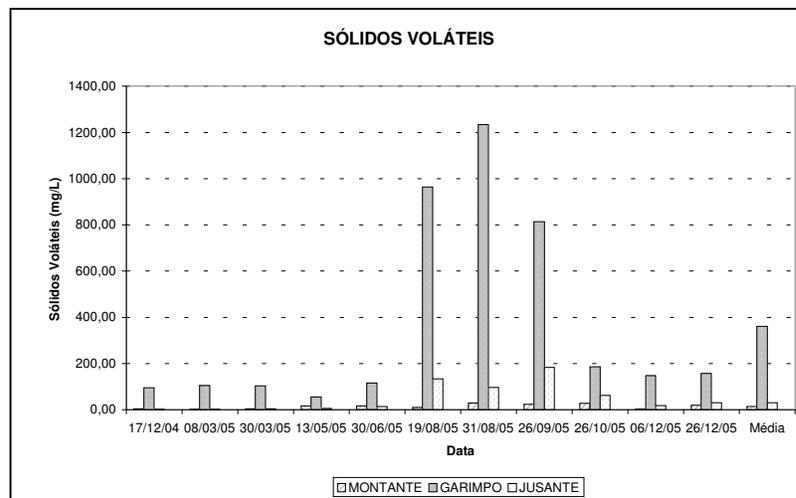


Figura 5.10 – Valores de sólidos voláteis, em tempo seco.

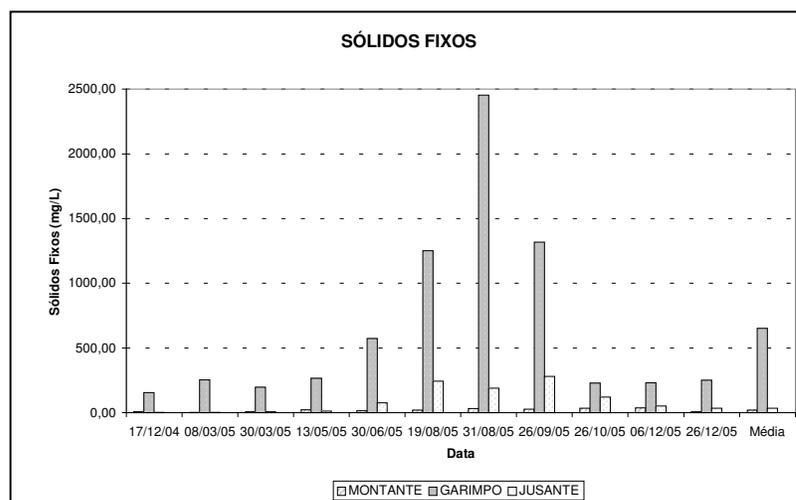


Figura 5.11 – Valores de sólidos fixos, em tempo seco.

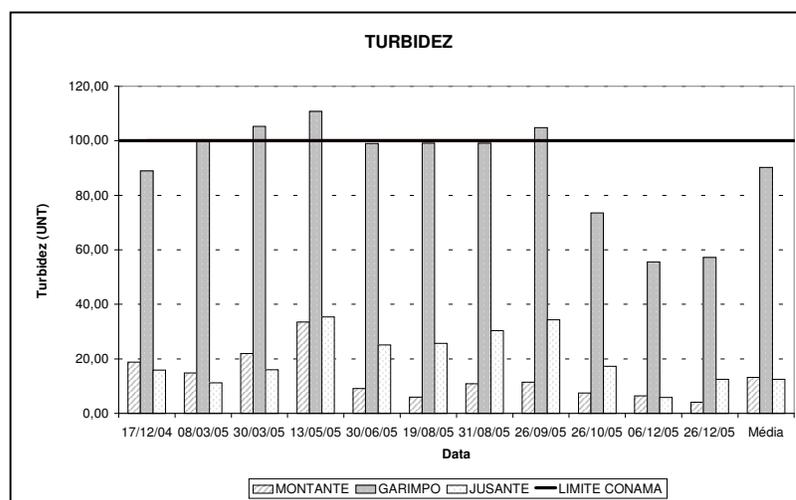


Figura 5.12 – Valores de turbidez, em tempo seco.

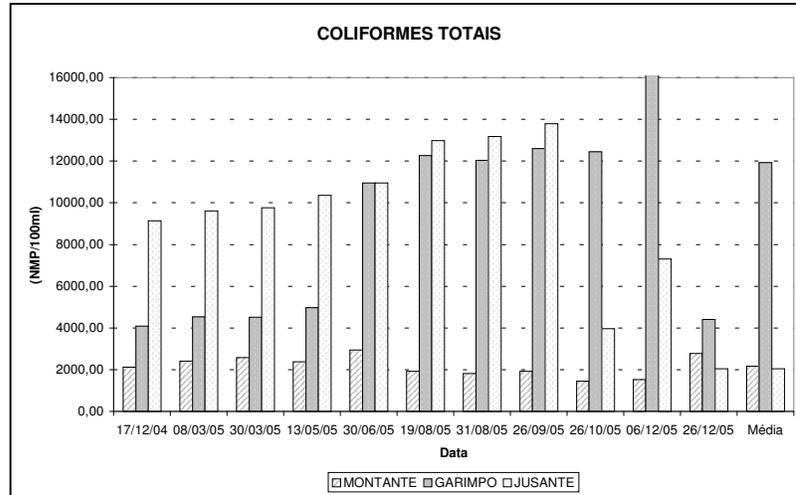


Figura 5.13 – Valores de coliformes totais, em tempo seco.

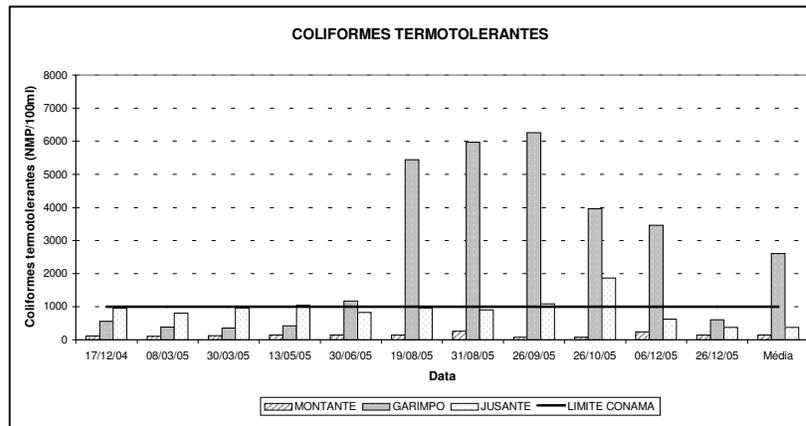


Figura 5.14 – Valores de coliformes termotolerantes, em tempo seco.

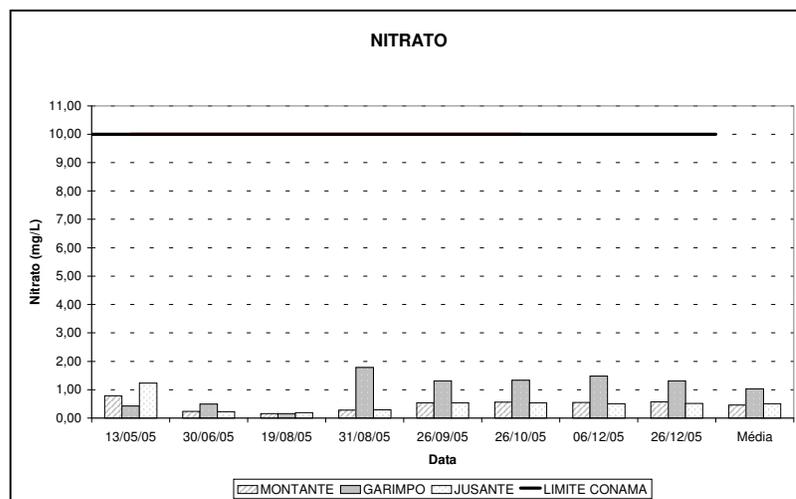


Figura 5.15 – Valores de nitrato, em tempo seco.

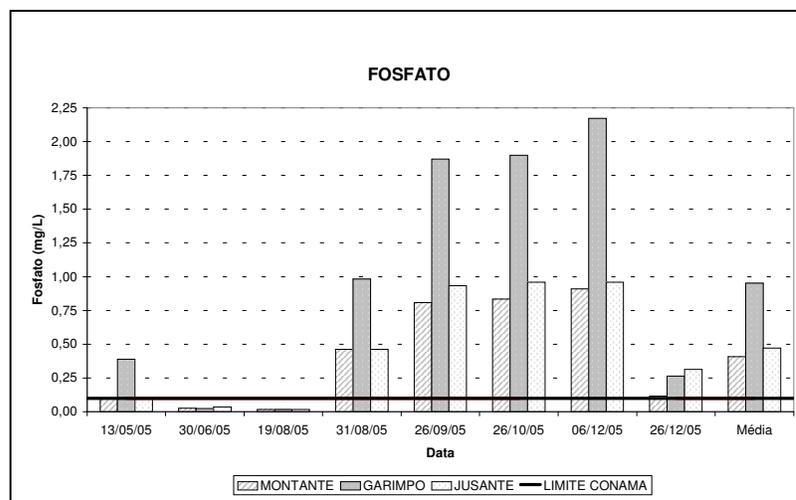


Figura 5.16 – Valores de fosfato, em tempo seco.

5.1.2 - Análises das características do escoamento superficial

No ponto de jusante, além das coletas em tempo seco, foram realizadas coletas durante os eventos de precipitação, através de um amostrador instantâneo de nível ascendente (ANA), instalado na seção de amostragem e de coletas manuais.

Foram analisados treze eventos. Neste período, foram desprezados apenas os eventos que produziram pequeno escoamento superficial, pois estes não atingiam o bico de admissão de água dos amostradores. Os hidrogramas e hietogramas dos eventos analisados encontram-se no anexo A.1. As planilhas das coletas do escoamento superficial encontram-se no anexo A.2.

Como foram coletadas amostras somente durante a subida da onda de cheia, foi feita uma simplificação, na descida dos hidrogramas foi considerado o ponto de pico do hidrograma e o ponto final.

Na tabela 5.4, apresentam-se os valores obtidos para as Concentrações Médias do Evento (CME), na bacia hidrográfica em estudo, durante o período amostrado. As CME's foram superiores às obtidas em tempo seco, indicando que o escoamento superficial afeta a qualidade da água do corpo receptor.

Os parâmetros sólidos totais (ST), suspensos (SSt), dissolvidos (SDT), sólidos suspensos fixos (SSf), voláteis (SSv) e turbidez apresentaram CME elevadas e variáveis entre os eventos. A média das CME entre todos os eventos foi de 479,37

mg/L para ST, 320,60 mg/L para SSt, 160,51 mg/L para SDt, 112,57 mg/L para SSv, 209,12 mg/L para SSf e de 64,68 UNT.

Os parâmetros condutividade elétrica, pH e os metais apresentaram pequena variação entre os eventos para as CME.

Tabela 5.4 - Concentrações médias dos eventos monitorados na bacia.

Parâmetros	DATA DO EVENTO														Média	Máximo	Mínimo
	16/07/05	21/08/05	23/08/05	10/09/05	24/09/05	04/10/05	13/10/05	14/10/05	21/10/05	06/11/05	24/11/05	08/01/06	12/01/06				
Cond. (µS/cm)	72,87	70,32	68,29	61,27	61,23	54,39	55,17	93,06	152,52	157,58	95,77	127,53	115,13	91,16	157,58	54,39	
pH	6,94	7,30	7,09	7,00	7,04	6,77	6,89	7,01	7,21	7,07	7,13	7,05	6,59	7,01	7,30	6,59	
ST (mg/L)	448,12	817,03	471,10	536,91	644,05	1124,86	434,26	336,01	302,29	328,22	211,83	245,07	332,11	479,37	1124,86	211,83	
SSt (mg/L)	320,68	532,91	298,77	354,59	462,78	784,26	285,82	223,06	199,27	224,48	123,02	153,06	205,14	320,60	784,26	123,02	
SDt (mg/L)	127,43	284,12	195,23	182,07	181,26	340,52	148,44	112,95	103,02	103,75	88,81	92,00	126,98	160,51	340,52	88,81	
SSv (mg/L)	113,04	140,29	101,39	122,97	175,38	275,47	117,24	82,28	73,06	74,12	50,77	67,35	70,04	112,57	275,47	50,77	
SSf (mg/L)	207,64	392,62	197,39	231,87	287,41	522,66	168,60	140,78	126,21	150,36	72,25	85,71	135,10	209,12	522,66	72,25	
Turbidez(UNT)	51,45	66,61	36,91	79,88	71,92	180,02	79,31	65,97	26,90	43,83	34,36	40,56	63,10	64,68	180,02	26,90	
Al (mg/L)	0,5972	0,5643	0,3952	-	-	-	-	-	-	-	0,3364	-	-	0,4730	0,5972	0,3364	
Ca (mg/L)	4,7000	6,7510	7,0121	-	-	-	-	-	-	-	5,0439	-	-	5,8767	7,0121	4,7000	
Cu (mg/L)	0,0322	0,0165	0,0185	-	-	-	-	-	-	-	0,0035	-	-	0,0177	0,0322	0,0035	
Cr (mg/L)	0,0189	0,0004	0,0004	-	-	-	-	-	-	-	0,0032	-	-	0,0057	0,0189	0,0004	
Fe (mg/L)	0,4815	0,3518	0,2775	-	-	-	-	-	-	-	0,2427	-	-	0,3384	0,4815	0,2427	
Mg (mg/L)	1,3373	1,5482	1,5495	-	-	-	-	-	-	-	1,4719	-	-	1,4767	1,5495	1,3373	
Mn (mg/L)	0,0208	0,0055	0,0057	-	-	-	-	-	-	-	0,0039	-	-	0,0090	0,0208	0,0039	
Na (mg/L)	2,4506	2,8211	2,6347	-	-	-	-	-	-	-	2,5427	-	-	2,6123	2,8211	2,4506	
Zn (mg/L)	0,0274	0,0097	0,0198	-	-	-	-	-	-	-	0,0143	-	-	0,0178	0,0274	0,0097	

As figuras a seguir mostram os polutogramas dos três maiores eventos do período analisado, onde se observa que o pico de concentrações normalmente ocorre antes do pico das vazões. As figuras 5.17, 5.18 e 5.19 mostram os polutogramas do parâmetro sólidos suspensos (SSt) e as figuras 5.20, 5.21 e 5.22 apresentam os polutogramas do parâmetro turbidez, para os dias 10/09/05, 23/09/05 e 04/10/05.

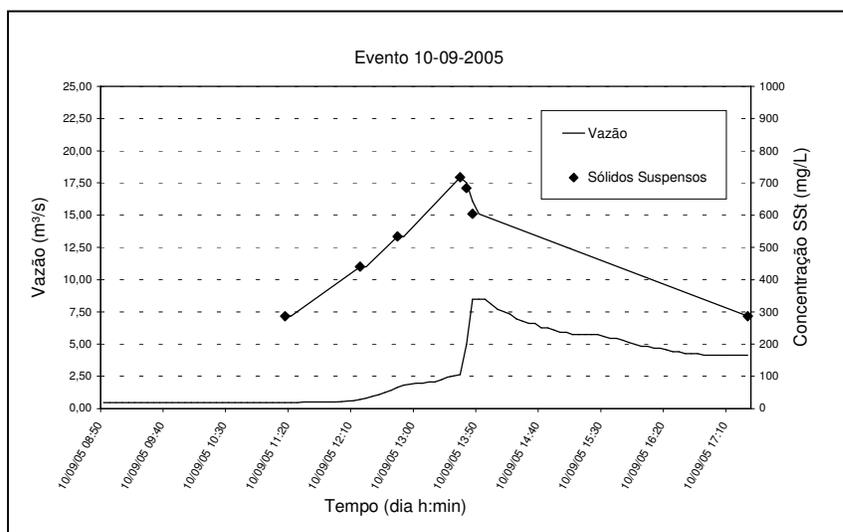


Figura 5.17 – Polutograma do parâmetro SSt do dia 10/09/05.

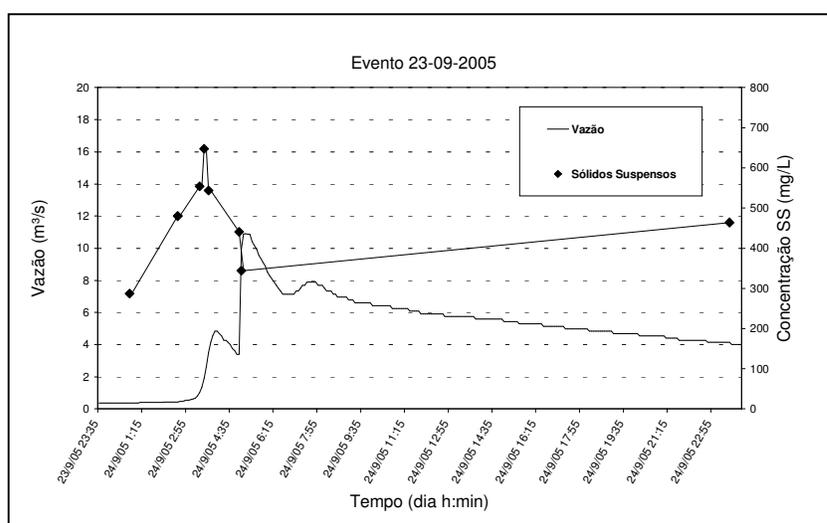


Figura 5.18 – Polutograma do parâmetro SSt do dia 23/09/05.

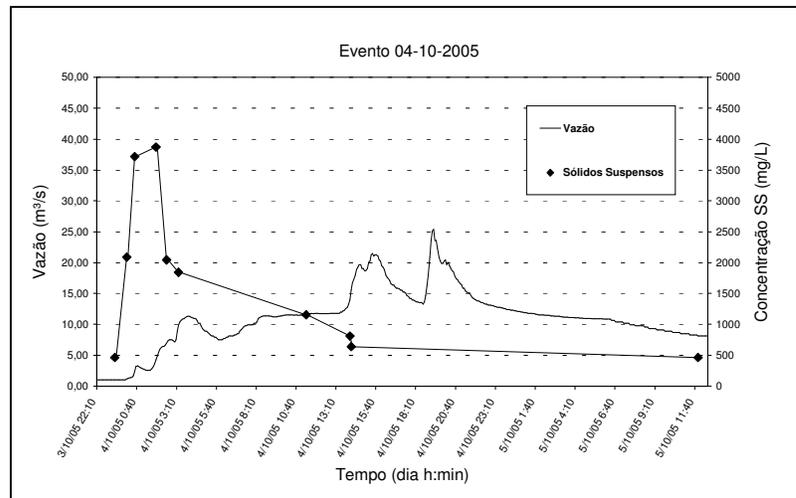


Figura 5.19– Polutograma do parâmetro SSt do dia 04/10/05.

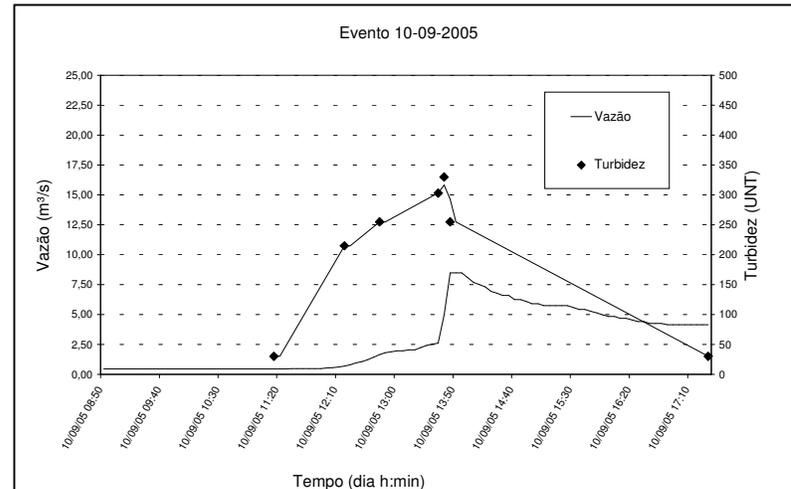


Figura 5.20 – Polutograma do parâmetro Turbidez do dia 10/09/05.

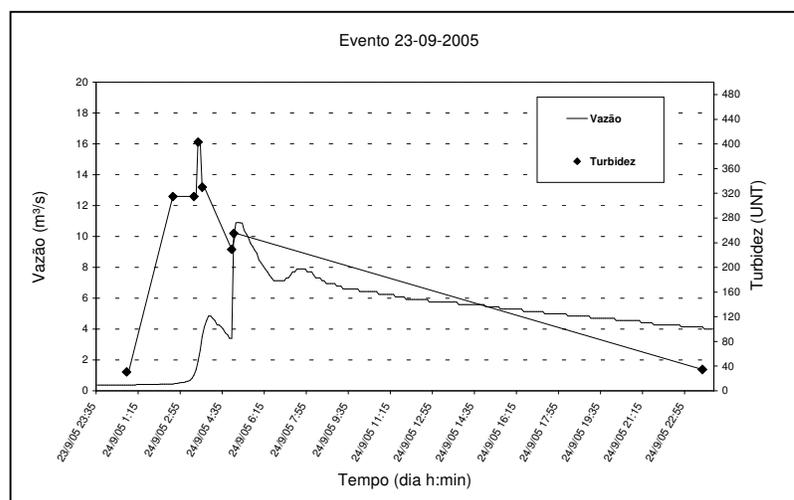


Figura 5.21 – Polutograma do parâmetro turbidez do dia 23/09/05.

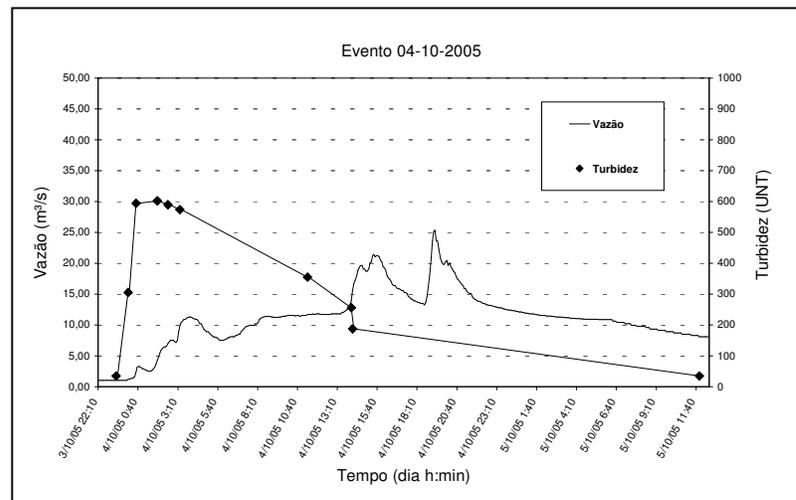


Figura 5.22 – Polutograma do parâmetro Turbidez do dia 04/10/05.

A figura 5.23 apresenta a boa correlação das CME do parâmetro sólidos suspensos com a turbidez, onde R^2 observado foi de 0,7248. A figura 5.24 mostra que existe uma relação direta entre as concentrações dos parâmetros sólidos suspensos fixos (SSf) e sólidos suspensos voláteis (SSv), sendo que o R^2 observado foi de 0,8810.

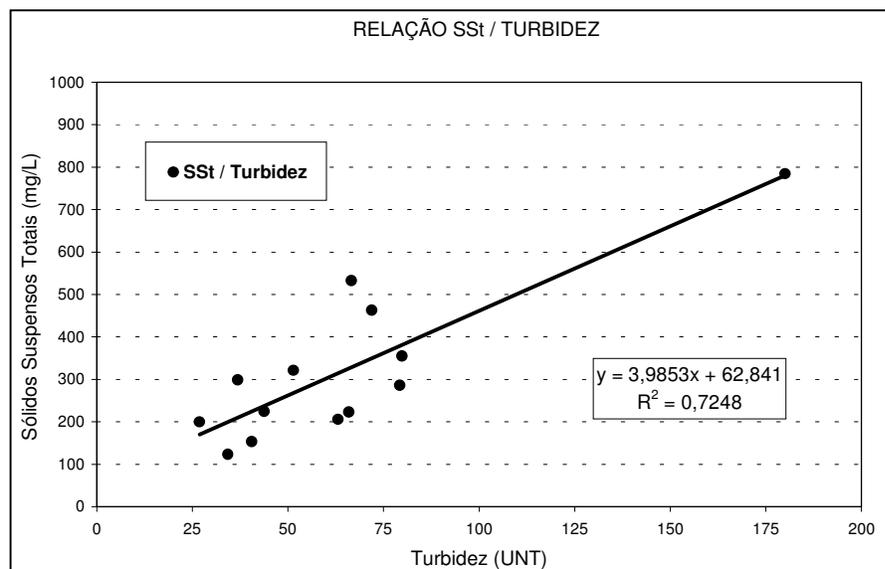


Figura 5.23 – Correlação entre Sólidos Suspensos (SSt) e Turbidez.

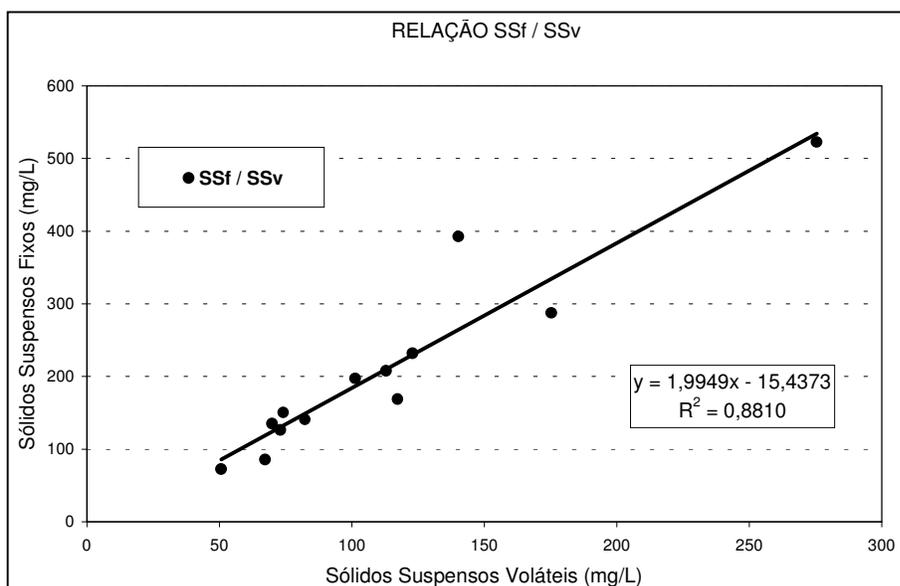


Figura 5.24 – Correlação entre Sólidos Suspensos Fixos (SSf) e Sólidos Suspensos Voláteis (SSv).

5.1.2.1 Carga difusa do escoamento superficial

A carga poluente transportada pelo escoamento superficial na bacia hidrográfica em estudo foi calculada diminuindo a carga de cada intervalo de tempo medido da carga de base, ou seja, de tempo seco.

Como não foram monitoradas as concentrações durante a descida da onda de cheia foi feita uma simplificação; na descida dos hidrogramas foram considerados somente dois pontos: o ponto de pico do hidrograma e o ponto final.

A tabela 5.5 apresenta os valores encontrados para a massa poluente transportada em cada evento monitorado. A carga média entre todos os eventos foi de 126,24 ton para sólidos totais, 87,75 ton para sólidos suspensos totais, 38,80 ton para sólidos dissolvidos totais, 31,08 ton para sólidos suspensos voláteis e 57,91 ton para sólidos suspensos fixos.

As concentrações dos parâmetros apresentaram tendência em aumentar com o volume do escoamento superficial e com o total precipitado. Não foram observadas correlações entre a massa poluente e a intensidade média da precipitação ou entre a massa poluente e o período de tempo seco antecedente. Na figura 5.25 é mostrada a correlação encontrada entre a massa de sólidos totais e o volume escoado, onde R^2 observado foi de 0,9344. A figura 5.26 mostra a correlação

encontrada entre a massa de sólidos suspensos totais e o total precipitado, onde R^2 observado foi de 0,7779.

Os resultados mostram que a carga poluente da bacia em estudo consiste basicamente de sedimentos, que são transportados para o corpo d'água durante o escoamento superficial.

Tabela 5.5 - Massa transportada pelo escoamento superficial na bacia em estudo.

Data do Evento	Parâmetros					PTSA (dias)	Im (mm/h)	Prec (mm)	Vol (m ³)
	ST (ton)	SSt (ton)	SDt (ton)	SSv (ton)	SSf (ton)				
16/07/05	2,28	2,28	0,33	0,90	1,02	1	1,78	20,30	1297
21/08/05	3,31	2,06	1,24	0,50	1,56	1	4,27	19,06	3249
23/08/05	41,39	26,36	18,82	9,02	17,34	1	2,36	21,23	85002
10/09/05	41,23	27,39	13,82	9,54	17,88	6	4,69	33,64	77496
24/09/05	195,18	141,45	53,73	53,97	87,47	9	5,63	54,91	294179
04/10/05	1246,09	867,46	378,55	301,99	581,91	1	5,00	102,53	1051780
13/10/05	5,54	3,64	1,91	1,65	1,99	5	3,83	19,15	8300
14/10/05	87,03	57,77	29,27	21,87	35,90	0	3,98	38,24	242456
21/10/05	3,65	2,37	1,28	1,13	1,24	4	2,68	16,51	61809
06/11/05	5,52	3,90	1,61	1,25	2,66	15	2,14	24,21	33083
24/11/05	1,86	1,10	0,77	0,44	0,65	19	8,33	30,56	9953
08/01/06	1,34	0,84	0,50	0,37	0,47	7	23,38	52,60	5270
12/01/06	6,69	4,16	2,53	1,41	2,75	2	33,06	41,32	19824
Média	126,24	87,75	38,80	31,08	57,91	-	-	-	-
Máximo	1246,09	867,46	378,55	301,99	581,91	-	-	-	-
Mínimo	1,34	0,84	0,33	0,37	0,47	-	-	-	-

ST = sólidos totais, SSt = sólidos suspensos totais, SDt = sólidos dissolvidos totais, SSv = sólidos suspensos voláteis, SSf = sólidos suspensos fixos, PTSA = período de tempo seco antecedente, Im = intensidade média da precipitação, Prec = precipitação total, Vol = Volume escoado.

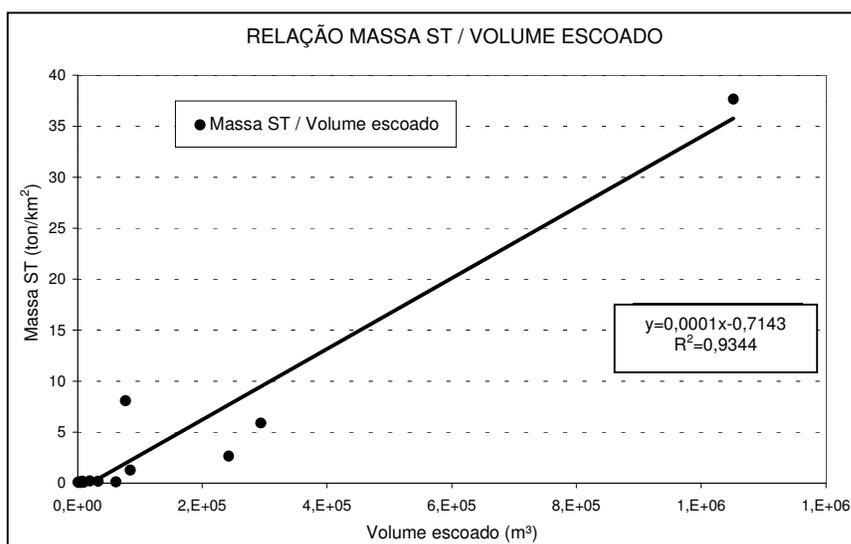


Figura 5.25 - Correlação entre massa de sólidos totais e o volume escoado.

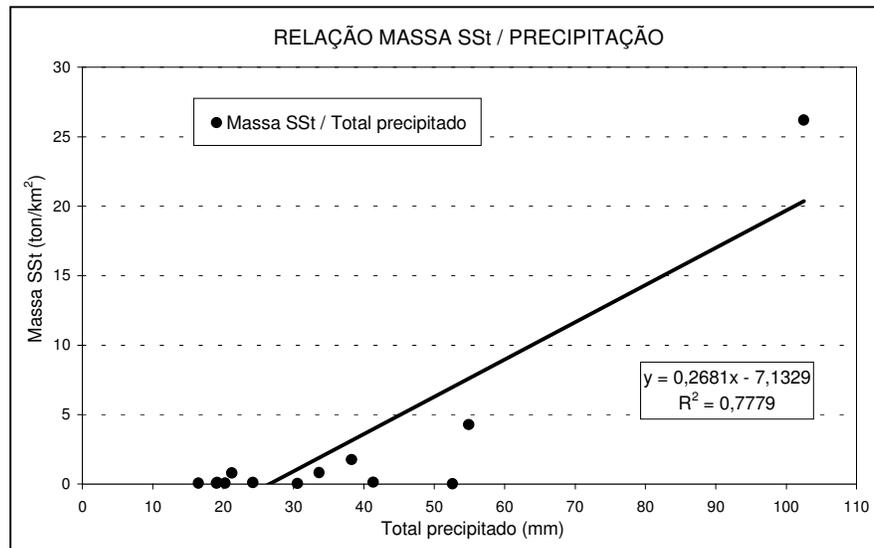


Figura 5.26 - Correlação entre massa de sólidos suspensos totais e a precipitação.

5.1.2.2 Distribuição dos poluentes em função do volume: Curvas M(V)

As figuras 5.27 a 5.33 apresentam as curvas M(V) referentes aos eventos registrados na bacia em estudo para os parâmetros analisados.

Os parâmetros sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos, sólidos suspensos voláteis, sólidos suspensos fixos e turbidez, apresentaram as curvas M(V) acima do bissetor na maioria dos eventos, indicando que a carga poluente não foi distribuída uniformemente ao longo do volume escoado, ou seja, do hidrograma de cheia. Na maioria dos eventos as curvas permaneceram acima de 45° demonstrando que o pico da carga ocorreu antes do pico do hidrograma, indicando a presença da carga de lavagem.

Entretanto, as curvas dos parâmetros condutividade elétrica e pH permaneceram sobre o bissetor na maioria dos eventos indicando sua distribuição constante durante todo o escoamento superficial, e não apresentando o fenômeno da carga de lavagem.

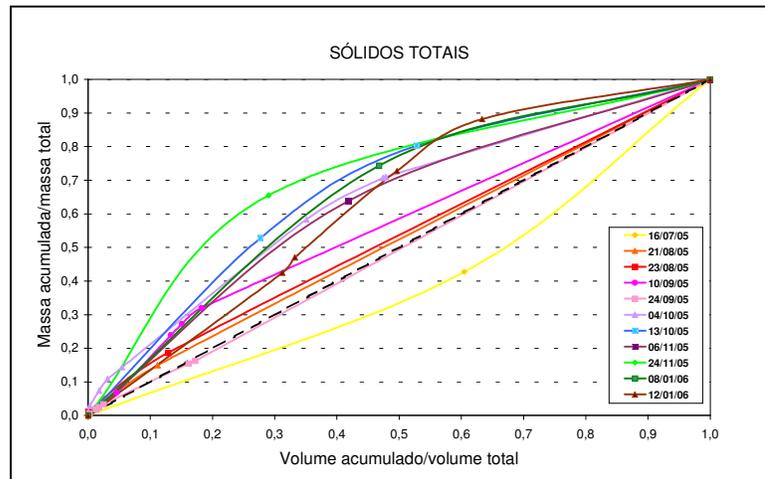


Figura 5.27 - Curvas $M(V)$ do parâmetro sólidos totais dos eventos analisados

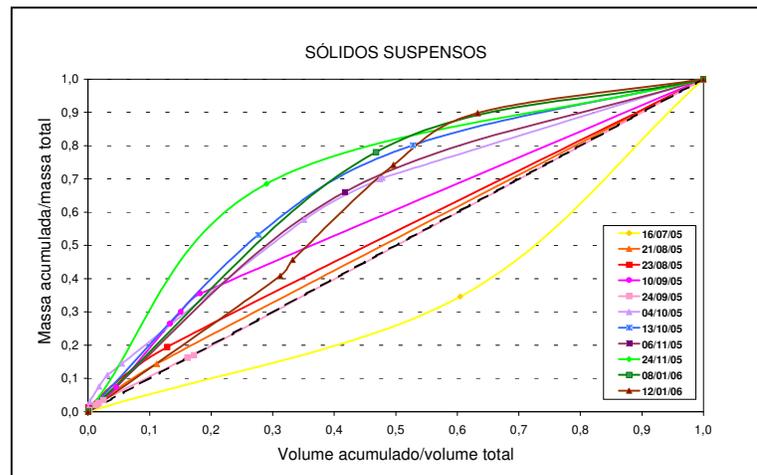


Figura 5.28- Curvas $M(V)$ do parâmetro sólidos suspensos dos eventos analisados

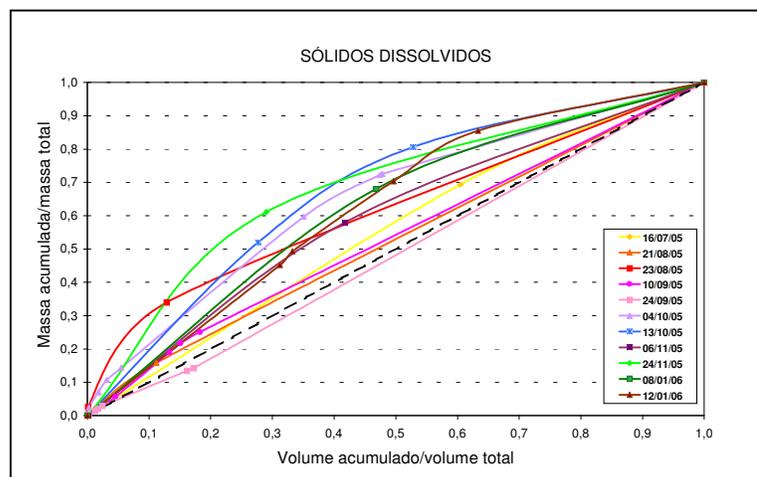


Figura 5.29 - Curvas $M(V)$ do parâmetro sólidos dissolvidos dos eventos analisados

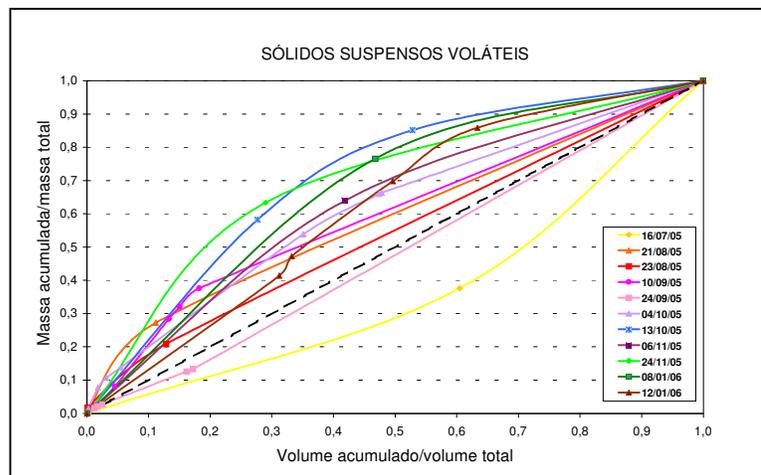


Figura 5.30- Curvas M(V) do parâmetro sólidos suspensos voláteis dos eventos analisados

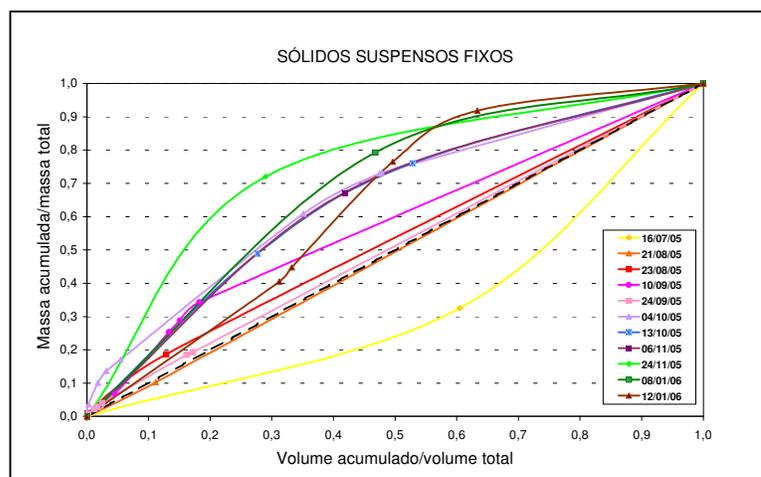


Figura 5.31- Curvas M(V) do parâmetro sólidos suspensos fixos dos eventos analisados

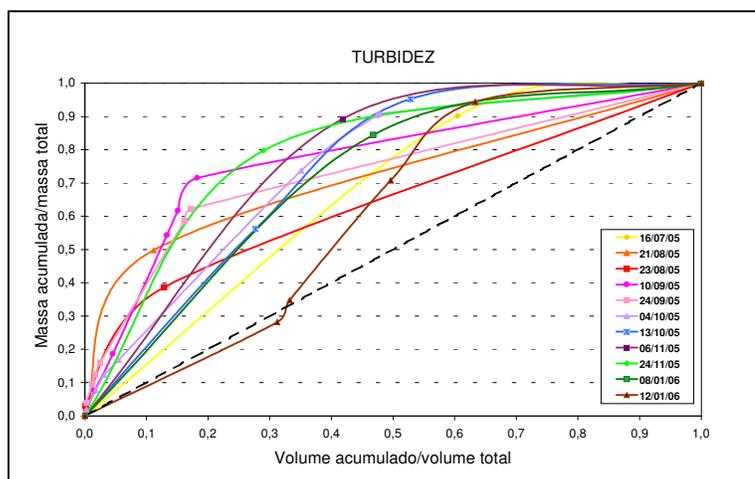


Figura 5.32 - Curvas M(V) do parâmetro turbidez dos eventos analisados

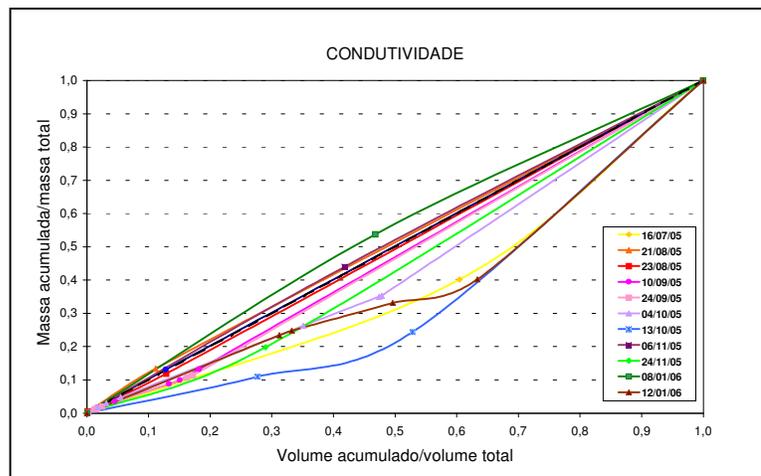


Figura 5.33- Curvas M(V) do parâmetro condutividade dos eventos analisados

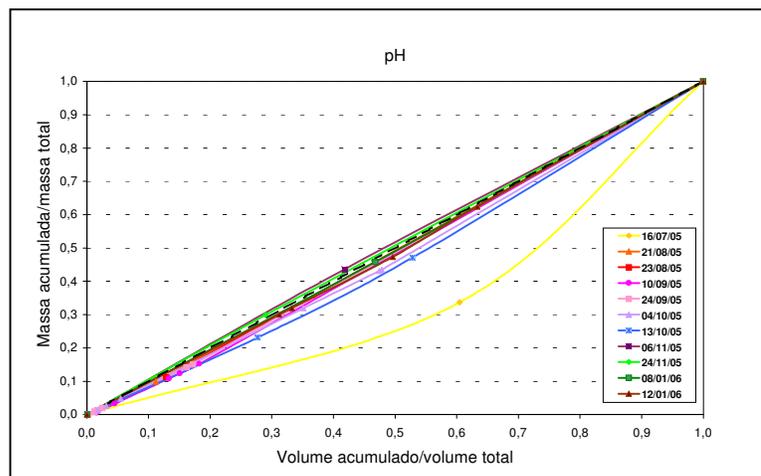


Figura 5.34 - Curvas M(V) do parâmetro pH dos eventos analisados

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo visou avaliar a qualidade da água, em uma sub-bacia nas cabeceiras da bacia hidrográfica do Rio Ibicuí-Mirim. Esta bacia está localizada no município de São Martinho da Serra – RS, onde estão em operação garimpos de pedras preciosas (ágatas e ametistas).

A qualidade da água foi avaliada através de coletas em períodos de tempo seco e úmido, possibilitando a obtenção da carga poluente do escoamento superficial.

Na análise das características de tempo seco, os resultados mostram que a contaminação orgânica, avaliada através da DBO₅, DQO, OD e sólidos suspensos voláteis, é muito pequena, mas com crescimento de montante para jusante da área de extração mineral. O aumento dos níveis de coliformes totais e termotolerantes, ao longo do curso d'água pode ser justificada pela a atividade agropastoril que é desenvolvida no entorno das áreas de garimpo da bacia em estudo.

As concentrações elevadas de Alumínio, Cobre, Ferro, Zinco e Fosfato, podem ser devido às características geológicas da bacia. Mas, cabe salientar que houve um aumento dos teores naturais dos parâmetros Cálcio, Cobre, Ferro, Fosfato, Magnésio, Manganês, Nitrato, Sódio e Zinco na água. Esse incremento pode ser devido à atividade de garimpo, pela dissolução de compostos químicos na drenagem.

Os elevados valores de condutividade elétrica no ponto de garimpo indicam a presença de sais dissolvidos na água, de origem geoquímica. Além disso, houve um aumento nas concentrações de sólidos e turbidez após a área de extração mineral, devido aos grandes remanejamentos de rochas e movimentações de terra.

Na bacia em estudo obtiveram-se Concentrações Médias dos Eventos (CME) superiores às obtidas em tempo seco, indicando que o escoamento superficial afeta a qualidade da água do corpo receptor.

A média das CME entre todos os eventos foi de 479,37 mg/L para sólidos totais, 320,60 mg/L para sólidos suspensos totais, 160,51 mg/L para sólidos dissolvidos totais, 112,57 mg/L para sólidos suspensos voláteis, 209,12 mg/L para sólidos suspensos fixos e de 64,68 UNT para turbidez.

A massa poluente transportada nos eventos mostrou tendência a aumentar com o volume escoado e o total precipitado, não foi observada correlação da massa poluente com a intensidade média do evento ou com o período de tempo seco antecedente.

A carga média entre todos os eventos foi de 126,24 ton para sólidos totais, 87,75 ton para sólidos suspensos totais, 38,80 ton para sólidos dissolvidos totais, 31,08 ton para sólidos suspensos voláteis e 57,91 ton para sólidos suspensos fixos.

A carga poluente consiste basicamente de sedimentos, provenientes das atividades de garimpo e agropastoril, que são transportados para o corpo d'água durante o escoamento superficial. Outro fato importante a mencionar é que a maior parte da área da bacia é permeável, por isso parte da carga poluente pode não atingir diretamente o corpo receptor.

Na avaliação das curvas M(V) observou-se que os parâmetros sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis, sólidos suspensos fixos e turbidez, permaneceram acima do bissetor, na maioria dos eventos, indicando a presença da carga de lavagem. Entretanto, as curvas dos parâmetros condutividade elétrica e pH permaneceram sobre o bissetor na maioria dos eventos, não apresentando o fenômeno da carga de lavagem.

A atividade de garimpo em São Martinho da Serra ainda está incipiente e, no entanto, os resultados indicam a interferência da extração de pedras preciosas na qualidade da água, principalmente nos parâmetros sólidos e turbidez. Existem perspectivas de crescimento da atividade na região, inclusive com o início da etapa de beneficiamento das pedras, o que poderá causar um aumento do processo de degradação ambiental da região.

Apesar desta atividade indicar impacto na qualidade da água, a poluição hídrica gerada por esses garimpos tem sido pouco estudada. O conhecimento sobre o processo extrativo das lavras e o passivo ambiental gerado ainda é escasso. A literatura existente sobre a poluição gerada por atividades mineradoras refere-se, principalmente, à drenagem e aos efluentes em termos de metais pesados ou elementos radioativos.

Face ao exposto recomenda-se o monitoramento dos recursos hídricos no entorno de áreas de garimpo e mineração, se possível, mesmo antes da abertura das minas, para que se possa estabelecer o limite natural das características da água no local, que servirá para comparar com os valores encontrados após o início

das atividades mineradoras. Bem como a intensificação de pesquisas nessa área, para que sejam gerados os dados, modelos e critérios de dimensionamento para as medidas de controle da poluição e os processos de tratamento dos efluentes.

Para contornar a poluição gerada pelos garimpos devem ser feitas medidas de controle desde o início da atividade, isso pode ser feito através de barragens (lagos) para contenção e sedimentação, que exigem manutenção contínua e devem ser monitoradas em longo prazo.

Deve ser prevista a recuperação ou reabilitação das áreas degradadas após o término da vida útil da mina. O ideal é que esta recuperação seja incluída na fase de planejamento da mina, e inclua várias medidas mitigadoras, como o decapeamento da lavra e estocagem da camada fértil do solo, a correta deposição ou reuso dos rejeitos e estéreis, o controle de taludes e das drenagens de superfície e subterrânea, recuperação das barragens de retenção de sedimentos, a revegetação do sítio alterado, e outras medidas que além de minimizarem o impacto visual, agem como atenuantes dos processos erosivos.

Através do gerenciamento dos recursos hídricos e das lições aprendidas com os erros de experiências degradantes anteriores, será possível conciliar o desenvolvimento econômico e o crescimento das atividades produtivas com a preservação da qualidade da água dos mananciais.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINI, I.M. *et al.* **Ágata do Rio Grande do Sul**. Ministério de Minas e Energia; Departamento Nacional de Produção Mineral. - Brasília: DNPM, 1998. 272 p. (Série Difusão Tecnológica, 5).

AKCIL, A.; KOLDAS, S. Acid Mine Drainage (AMD): Causes, treatment and case studies. **Journal of Cleaner Production**. Acesso em: 28 abr. 2005.

ALBERTI, E. A. *et al.* O caráter dicotômico da produção de ametista no Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência e Natura*. Santa Maria: v.25, p.189 - 210, 2003.

ANA/GEF/PNUMA/OEA. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco, Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). Enquadramento dos corpos d'água da bacia do rio São Francisco. Estudo Técnico de Apoio nº 5. Brasília: SFI/ANA; SPR/ANA; SOC/ANA, 2004. 110p.

APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20a ed., **Public Health Association Inc.**, New York, 1998.

ASLIBEKIAN, O.; MOLES, R. An investigation of environmental contamination at the Silver mines abandoned mines site in Ireland based on the preliminary delimitation of pollution hot spots. **Mine Water and the Environment**, Ireland: IMWA Springer-Verlag, 2001 v. 20, n. 2, p. 73-80.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O Meio Ambiente e os Recursos Hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed.; 2.reimpr. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 2001. V.4, p.849-875.

BERTRAND-KRAJEWSKI, J.; CHEBBO, G.; SAGET, A. Distribution of Pollutant Mass vs Volume in Stormwater Discharges and the First Flush Phenomenon. **Water Resource**, v. 32, n. 8, p. 2341-2356, 1998.

BEZERRA, O. Avaliação da Recuperação de Áreas Mineradas Degradadas no Brasil. In: Geologia Ambiental – UFC. Disponível em:
<http://www.geologiaambientalufc.hpg.ig.com.br>. Acesso em: 24 out. 2004.

BRAKENSIEK, D. L.; OSBORN, H. (coord.). **Field Manual for Research in Agricultural Hydrology**. Science and Education Administration; United States Department of Agriculture. - Washington, 1979. 547p. (Agriculture Handbook, 224).

BRITES, A. P. Z. **Avaliação da Qualidade da Água e dos Resíduos Sólidos no Sistema de Drenagem Urbana**. 2005.161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Hidráulica e Saneamento – HDS – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

BRITES, A. P. Z.; GASTALDINI, M. do C. C. ; SARTORI, A. Utilização de Amostradores Instantâneos de Água para Avaliação da Carga Poluente na Drenagem Pluvial Urbana. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL, 1., e SIMPÓSIO DE ÁGUAS DA AUGM, 1., 2005, Santa Maria. **Anais...** Porto Alegre: ABRH e AUGM, 2005.

CARUSO JUNIOR, F. Aspectos Ambientais da Atividade de Mineração de Areia e Cascalho na Bacia Hidrográfica do Rio Itapocú, Santa Catarina In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14., e SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 5., 2001, Aracaju. **Anais...** São Paulo: ABRH, 2001.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 375, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em: 27 mar. 2005.

CORSEUIL, H. X. **Carvão Ativado**: uma nova tecnologia de trabalho da drenagem ácida de minas de carvão. 1984. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, .

CYBIS, L. F. **Lixiviação Microbiológica Aplicada ao Controle da Poluição na Mineração do Carvão**. 1987. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DE LUCA, S. J. Avaliação Preliminar da Biolixiviação de Carvão e Rejeitos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 16., 1991, Goiânia/GO. **Anais...** Goiânia, 1991.

DE LUCA, S. J.; MILANO, L.B.; IDE, C.N. Rain and Urban Stormwater Quality. **Water Science and Technology**. Kyoto. v. 23, pp. 133-140, 1991.

DELETIC, A. The First Flush Load of Urban Surface Runoff. **Water Resource**. v. 32, n. 8, p. 2462-2470, 1998.

EVANGELOU, V. P.; VANDIVIERE, M.; CHAPPEL, M. Remediation of acid drainage through surface coating of iron sulfides. In: DIAS, L.E.; MELLO, J. W.V. (Org.) **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: ed. Folha de Viçosa Ltda, 1998. p. 59-68.

FIGUEIREDO, B.R. **Minérios e ambientes**. Campinas: Editora da Unicamp, 2000. 401p.

FIORENTINI, J.A. (coord.) **Ametista do Alto Uruguai**: aproveitamento e perspectivas de desenvolvimento. Ministério de Minas e Energia; Departamento Nacional de Produção Mineral. - Brasília: DNPM, 1998. 260p. (Série Difusão Tecnológica, 6).

FONSECA, F. Os Efeitos da Mineração sobre o Meio Ambiente. In: Geologia Ambiental – UFC. Disponível em:

<http://www.geologiaambientalufc.hpg.ig.com.br>. Acesso em: 24 out. 2004.

FONSECA, M. de O. A atividade dos “garimpos” e a atuação da FEAM no controle ambiental destas áreas no Estado de Minas Gerais. Disponível em:

<http://umveltprogramme.de/meioambiente99/tema03/fonseca/text.html> Acesso em: 24 abr. 2005.

GASTALDINI, M. C. C.; SEFFRIN, G. F. F.; PAZ, M. F. Diagnóstico Atual e Previsão Futura da Qualidade das Águas do Rio Ibicuí Utilizando o Modelo Qual2E. **Engenharia sanitária e ambiental**. v. 7, n. 3, p129-138, jul./set. 2002 e n. 4, out./dez. 2002.

GAZEA, B.; ADAM, K.; KONTOPOULOS, A. A review of passive systems for the treatment of acid mine drainage. **Minerals Engineering**, v. 9, n. 1, p. 23-42, jan. 2006.

GONÇALES, J. S. L. Mineração e Impactos Ambientais - Aspectos Legais e Econômicos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL, 8., 2004. **Anais...** 2004. p. 407-422.

GONÇALVES, L.D.P.; LIMA, N. de F.C.; SOUZA, R.N.B. de Impactos ambientais em área de garimpo: O caso do garimpo de Caxias, Município de Luís Domingues-MA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA, 10., 2003.

Anais eletrônicos... 2003. Disponível em:

www.cibergeo.org/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.4/116/116.htm. Acesso em: 24 de outubro de 2004.

GOMES, J. A. A. Perspectiva de Desenvolvimento de Meio Rural em São Martinho de Serra com a Criação da COOMAR – Cooperativa Martinhense de Garimpeiros de Região Central. Santa Maria, 2004.

GRASSI, M. T.; PRESTES, E. C.; QUINÁIA, S. P. Estimativa da Carga dos Metais Cu, Cd e Pb para a Bacia do Rio Bacacheri, em Curitiba (PR), a partir da Drenagem Urbana. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL, 1., e SIMPÓSIO DE ÁGUAS DA AUGM, 1., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: ABRH e AUGM, 2005.

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

GUPTA, K.; SAUL, A. J. Suspended solids in combined sewer flows. **Water Science Technology**. v. 33, n. 9, p.93-99, 1996.

HANCOCK, G. R. T. *et al.* A methodology for the assessment of rehabilitation success of post mining landscapes - sediment and radionuclide transport at the former Nabarlek uranium mine, Northern Territory, Austrália. **Science of the Total Environment**. n. 354, p. 103-119, 2006.

ICHIKI, A.; YAMADA, K.; OHNISHI, T. Prediction of runoff pollutant load considering characteristics of river basin. **Water Science Technology**. v. 33, n. 4-5, p. 117-126, 1996.

IDE, C. N. *et al.* Estudo Comparativo de Metodologias de Mostragem de Água Em Rios da Bacia do Alto Paraguai. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2005.

IDE, C. N.; LUCA, S. J. de. Qualidade da drenagem pluvial urbana. In: Simpósio Brasileiro de hidrologia e recursos hídricos, 4., 1985, São Paulo, **Anais...**São Paulo, 1985. p. 135-146.

IDE, C.N. **Qualidade da drenagem pluvial urbana**. 1984. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984.

IBGE. Ministério do Planejamento e Orçamento. Diretoria de Geociências. DIGEO 1/NE .1. **Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jequitinhonha**: Diretrizes Gerais para a Ordenação Territorial. Salvador, 1997. Disponível em:

<www.ibge.gov.br/home/geografia/ambientais/diagnosticos_levantamentos/jequitinhonha/jeq.pdf> Acesso em: 24 de outubro de 2004.

JOHNSON, D. B.; HALLBERG, K. B. Acid mine drainage remediation options: a review. **Science of the Total Environment**. n. 338, p. 3-14, 2005.

KALIN, M.; FYSON, A.; WHEELER, W. N. The chemistry of conventional and alternative treatment systems for the neutralization of acid mine drainage. **Science of The Total Environment**. Acesso em: 10 jan. 2006.

KAMBANI, S. M. Small-scale mining and cleaner production issues in Zambia. **Journal of Cleaner Production**. n. 11, p 141-146, 2003.

KOPEZINSKI, I. **Mineração x meio ambiente**: considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS,2000.

LAMEGO SIMÕES F°, F. F. *et al.* Impactos de mineração e sustentabilidade no semi-árido. Estudo de caso: Unidade de Concentração de Urânio - URA (Caetité, BA) In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15., 2003, Curitiba. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2003.

LEE, J. H.; BANG, K. W. Characterization of urban stormwater runoff. **Water Resource**, v 34, n 6 pp. 1773-1780, 2000.

LEE, J. H. *et al.* First flush analysis of urban storm runoff. **The science of the total Environmental**, pp. 163-175, 2002.

LIMA, H. V. C.; LIMA, L.C.T.M. Proposta de Programas de Monitoramento Quantitativo e Qualitativo das Águas Superficiais. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS

HÍDRICOS DO NORDESTE, 5., 2000, Natal. **Anais...** Natal: ABRH, 2000. v. 1, p. 621-629.

MACÊDO, J.B. de. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas & microbiológicas. Águas & Águas.** Juiz de Fora – MG, 2001.

MEYER, M. M. **Gestão Ambiental no Setor Mineral:** um estudo de caso. Florianópolis, 2000. 193f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental.** 2 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

NASCIMENTO, F. M. F.; SOARES, P. S. M. Quadro ambiental do distrito carbonífero nas bacias dos rios Tubarão, Araranguá e Urussanga, sul de Santa Catarina In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 14., Simpósio de Hidráulica de Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 5., 2001, Sergipe. **Anais...** Sergipe, 2001.

NEALA, C. *et al.* The water quality of the River Carnon, west Cornwall, November 1992 to March 1994: the impacts of Wheal Jane discharges **Science of the Total Environment.** n. 338, p. 23-39, 2005.

NOVOTNY, V. Diffusive Pollution From Agriculture – A Worldwide Outlook. **Water Science and Technology**, v. 39, n. 3, p. 1-13, 1999.

NOVOTNY, V. Integrated Water Quality Management. **Water Science and Technology.** v. 33, n. 4-5, p. 1-7, 1996.

OLIVEIRA, H. A. R. *et al.* Caracterização Preliminar da Qualidade da Drenagem Pluvial Rural: Rio Taquarizinho-MS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2005.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. Caracterização Quali-Quantitativa da Produção de Sedimentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 4., 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: ABRH, 2000. p. 35-50.

PAIVA, E. M. C. D. *et al.* Concentração de Sedimentos em Suspensão em uma Pequena Bacia Hidrográfica em Urbanização In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa, **Anais...** João Pessoa, 2001.

PAZ, M. **Estudo Comparativo da Carga de Lavagem em Bacias Urbana e Rural.** 2004. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Hidráulica e Saneamento – HDS – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

PEGRAM, G. C.; BATH, A.J. Role of non-point sources in the development of a water quality management plan for the Mgeni River Catchment. **Water Science Technology.** v. 32, n. 5-6, p.175-182, 1995.

PINTO, A. C. P.; NEPOMUCENO, A. L. Teste de predição e controle do processo de drenagem ácida na Rio Paracatu Mineração S. A. . In: DIAS, L.E.; MELLO, J. W.V. (Org.) **Recuperação de Áreas Degradadas.** Viçosa: ed. Folha de Viçosa Ltda, 1998. p. 59-68.

POMPÊO, M. L. M. *et al.* Qualidade da água em região alterada pela mineração de carvão na microbacia do rio Fiorita (Siderópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil). Maringá. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 26, n. 2, p. 125-136, 2004.

PORTO, M.F.A. Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.387-414.

PRADO FILHO, J. F.; SOUZA, M. P. O licenciamento ambiental da mineração no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais. In: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 4., 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: ABRH, 2000. p. 35-50.

RAVENGAI, S. *et al.* Water quality in an abandoned gold mining belt, Beatrice, Sanyati Valley, Zimbabwe. **Physics and Chemistry of the Earth**, n. 30, p. 826-831, 2005.

RIBEIRO, M. L. *et al.* Metais Pesados em Águas dos Rios da Bacia do Alto Paraguai. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2005.

SHEORAN, A.S.; SHEORAN, V. Heavy metal removal mechanism of acid mine drainage in wetlands: A critical review. **Minerals Engineering** Acesso em: 4 out. 2005.

SILVA, E. R. da S. **O Curso da Água na História: Simbologia, Moralidade e a Gestão de Recursos Hídricos.** 1998. Tese (Doutorado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, 1998.

SILVANO, J. **Avaliação de metais na água, nos sedimentos e nos peixes da lagoa Azul, formada por lavra de mineração de carvão a céu aberto, Siderópolis - SC.** Porto Alegre, 2003. 75f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Programa de Pós-graduação em Ecologia, UFRGS, 2003 .

TONDESKI, A. Landuse-Based Nonpoint Source Pollution. A Threat to Water Resoucers in Developing Countries. **Water Science Technology**. v. 33, n. 4-5, p. 53-61,1996.

TUCCI, C.E.M. Modelos de qualidade da água. In:__. **Modelos Hidrológicos.** 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: UFRGS: ABRH, 2005. p. 545-666.

UMEZAWA, P.K. **Previsão de deplúvio (washload) em rios de áreas elevadas.** 1979. 217 p. Dissertação (Mestrado em Hidrologia Aplicada). Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1979.

USEPA. Water Quality Act. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water. 1987. Disponível em:

<<http://www.epa.gov/Compliance/resources/policies/civil/cwa/retroacnewp-enalauth-mem.pdf>>. Acesso em : 15 dez. 2005.

USEPA. Acid Mine Drainage. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water. 2005. Disponível em: <http://www.epa.gov/region3/acidification/what_is_amd.htm> Acesso em : 15 dez. 2005.

USEPA. Identification and Description of Mineral Processing Sectors and Waste Streams - Final Technical Background Document. III. Mineral Commodities. Elemental Phosphorus, Fluorspar and Hydrofluoric Acid, Gemstones, Germanium, Gold and Silver, Iodine, Iron and Steel. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, 1998. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epaoswer/other/mineral/part5.pdf>> Acesso em : 15 dez. 2005.

USEPA Treatment Techniques. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water. . Disponível em: <<http://www.epa.gov/region3/acidification/treatment.htm>> Acesso em : 15 dez. 2005.

VIERA, V.; MENDES, I. A.; ROBAINA, L. E. Zoneamento ambiental da bacia do Rio Ibicuí-Mirim (RS) – 2002. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 5, ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 1, 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2004.

VON SPERLING, E.; JARDIM, F. A.; GRANDCHAMP, C. A. P. Qualidade da água durante a formação de lagos profundos em cavas de mineração: estudo de caso do lago de Águas Claras - MG. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 9, n. 3, jul/set. 2004. p. 250-259.

VON SPERLING, E. Qualidade da Água em Atividades de Mineração. In: DIAS, L.E.; MELLO, J. W.V. (Org.) **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: ed. Folha de Viçosa Ltda, 1998. p. 95-105.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental;

Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

WHITEHEAD, P. G.; COSBY, B. J.; PRIOR, H. The Wheal Jane wetlands model for bioremediation of acid mine drainage. **Science of the Total Environment**. n. 338, p. 125-135, 2005.

WHITEHEAD, P. G.; PRIOR, H. Bioremediation of acid mine drainage: an introduction to the Wheal Jane wetlands project. **Science of the Total Environment**. n. 338, p. 15-21, 2005.

WU, J. S. *et al.* Characterization and pollutant loading estimation for highway runoff. **Journal of Environmental Engineering**. v. 124, n.7, p. 584-592, 1998.

ANEXOS

Anexo 1 – Hidrogramas dos Eventos Analisados na Bacia Estudada

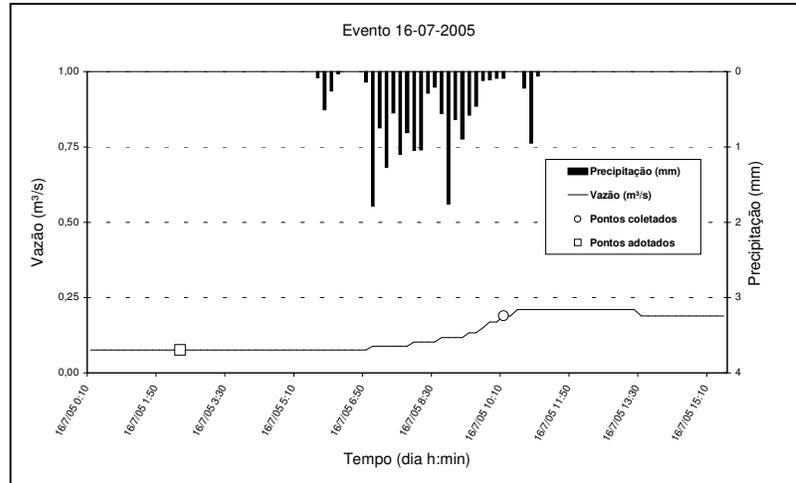


Figura A. 1 – Hidrograma do Evento 16/07/05

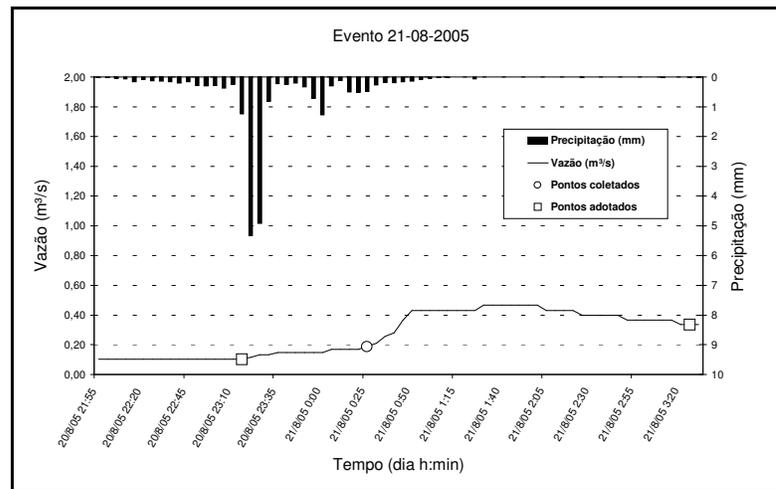


Figura A. 2 – Hidrograma do Evento 21/08/05

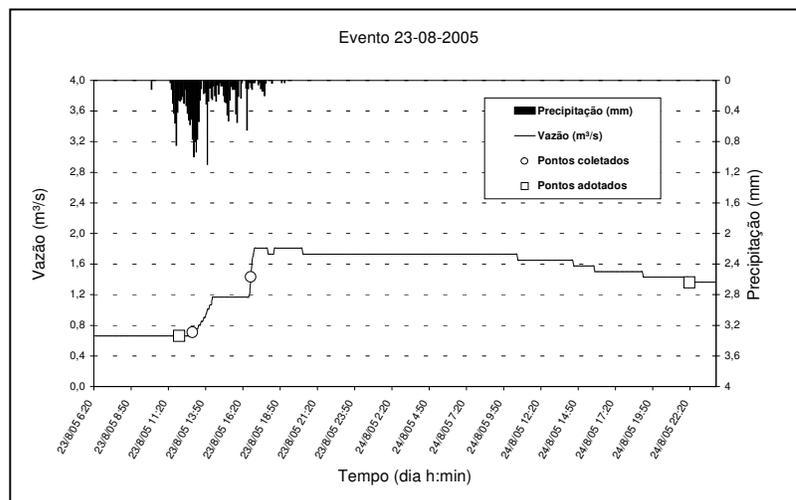


Figura A. 3 – Hidrograma do Evento 23/08/05

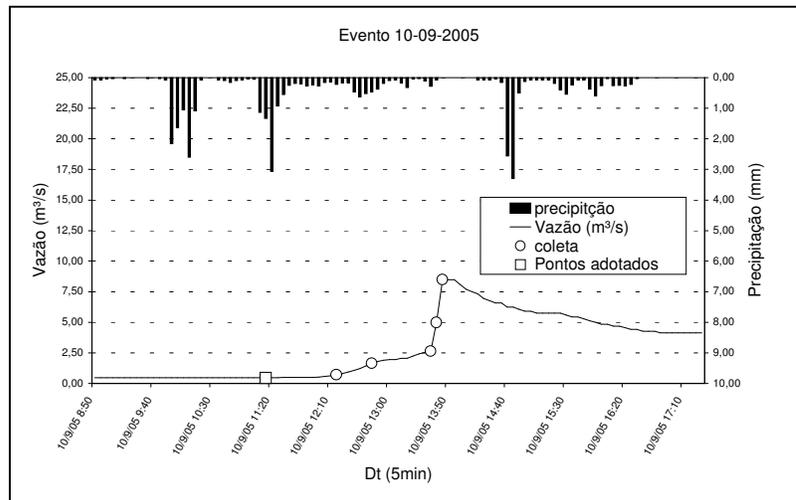


Figura A. 4 – Hidrograma do Evento 10/09/05

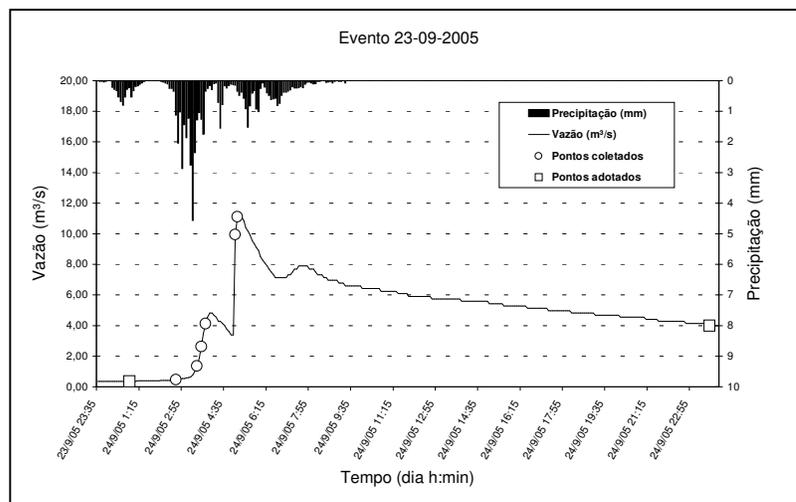


Figura A. 5 – Hidrograma do Evento 23/09/05

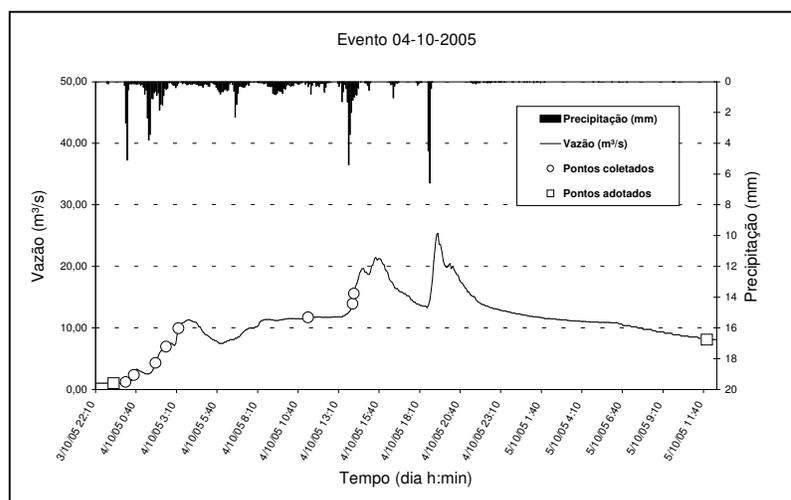


Figura A. 6 – Hidrograma do Evento 04/10/05

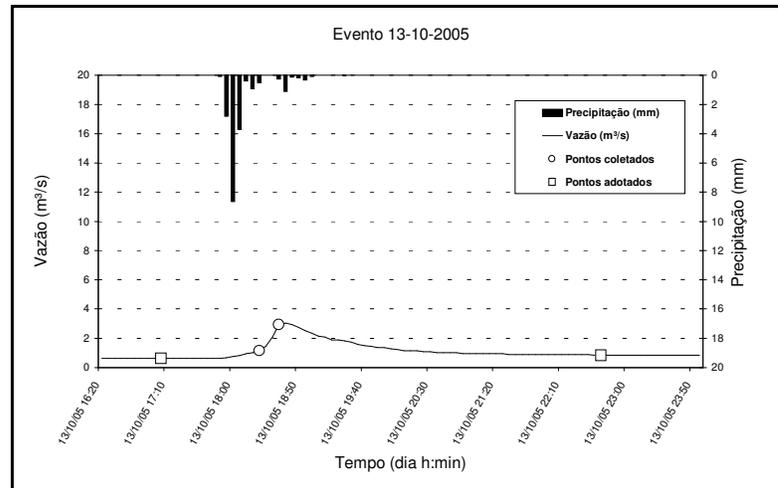


Figura A. 7 – Hidrograma do Evento 13/10/05

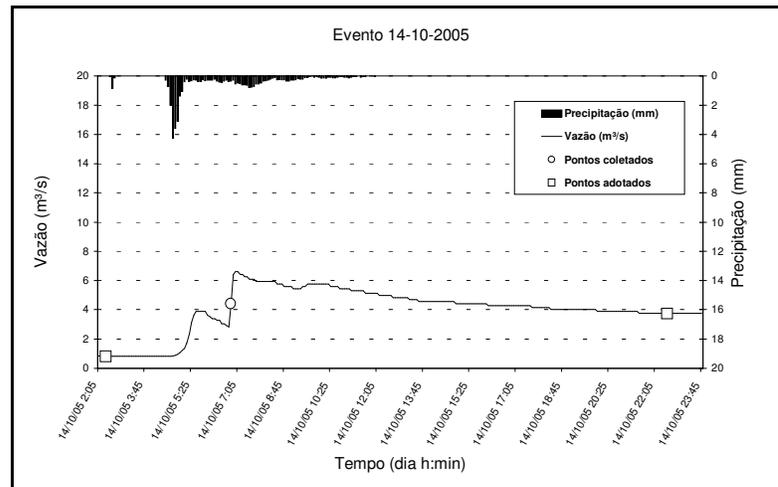


Figura A. 8 – Hidrograma do Evento 14/10/05

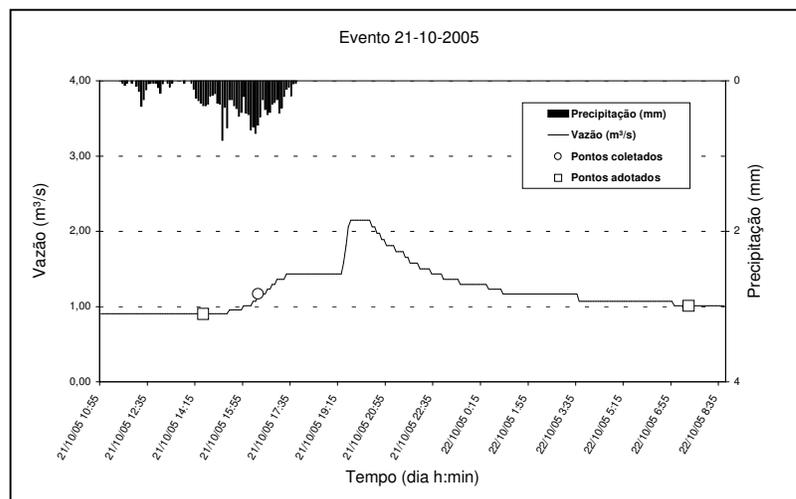


Figura A. 9 – Hidrograma do Evento 21/10/05

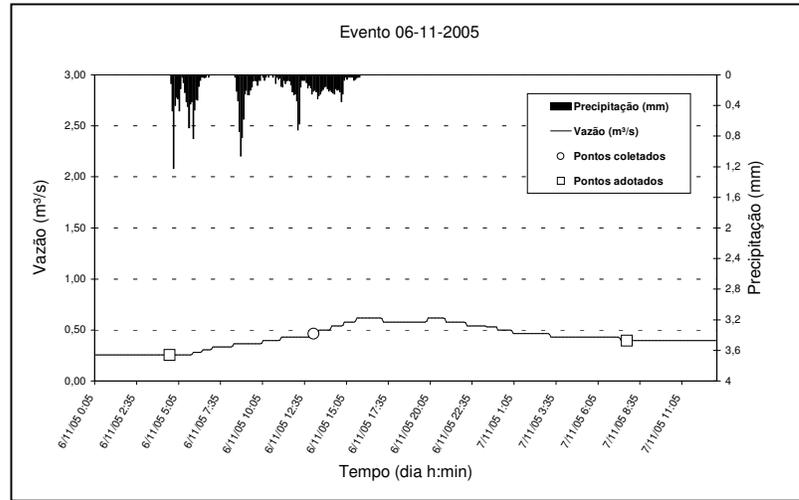


Figura A. 10 – Hidrograma do Evento 06/11/05

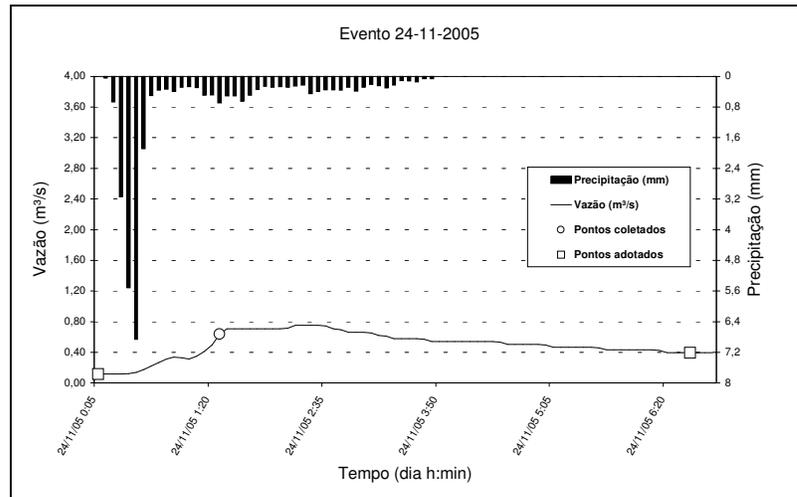


Figura A. 11 – Hidrograma do Evento 24/11/05

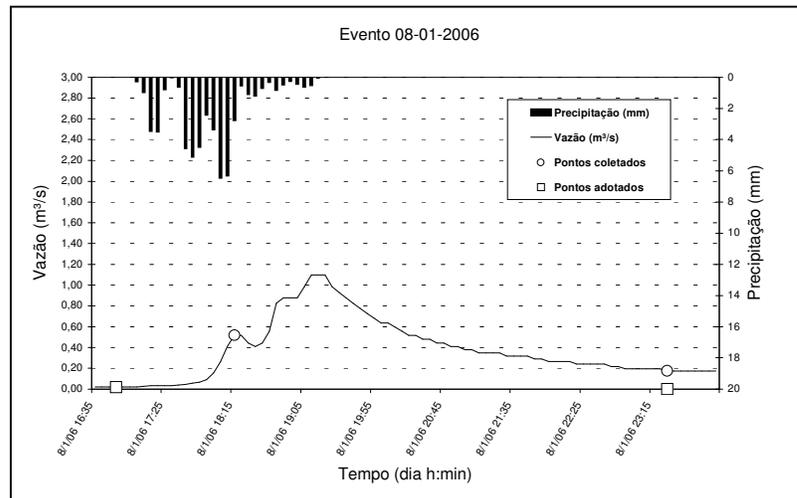


Figura A. 12 – Hidrograma do Evento 08/01/06

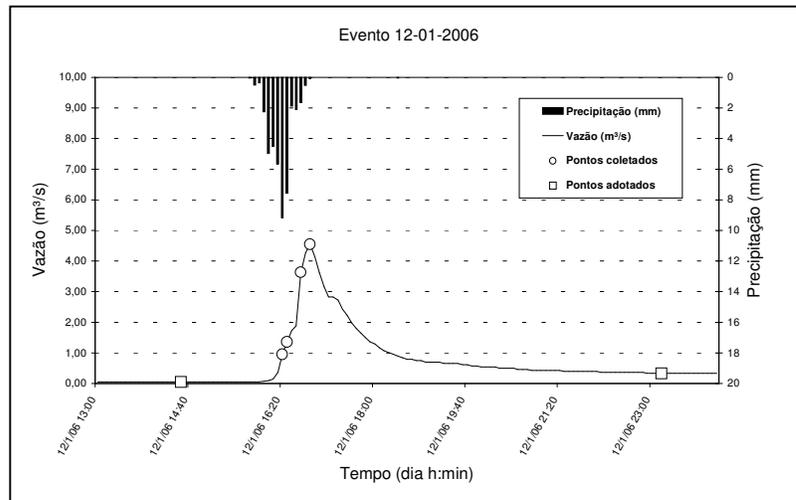


Figura A. 13 – Hidrograma do Evento 12/01/05

Anexo 2 – Planilhas das coletas do escoamento superficial

