

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica Cancela

O monitoramento das características de qualidade da água na bacia foi realizado na estação fluviográfica Cancela. A bacia apresenta contribuição de esgoto doméstico lançado de maneira indevida no corpo de água, o que vem comprometendo significativamente sua qualidade.

Foi desenvolvida uma análise da qualidade da água em períodos de tempo seco e durante os eventos de precipitação, no intuito de avaliar a influência do escoamento superficial sobre o corpo d'água receptor.

Os dados da bacia Cancela e os da bacia Alto da Colina, obtidos por Paz (2004), foram comparados entre si, possibilitando uma análise dos processos intervenientes quanto ao uso e ocupação do solo, uma vez que as duas apresentam características diferentes.

Os dados de qualidade da água obtidos na bacia hidrográfica Cancela apresentam-se disponíveis no anexo A.

5.1.1. Análises das características de tempo seco

Os valores encontrados para as características de qualidade da água na estação de monitoramento encontram-se na tabela 9.

A bacia hidrográfica Cancela apresentou concentração, média, de oxigênio dissolvido de 2,8 mg/L, variando de 0,4 a 7,5 mg/L, onde as maiores concentrações ocorreram nos menores períodos de tempo seco antecedente, observou-se também que as menores concentrações ocorreram nas coletas realizadas pela tarde, explicada pela maior contribuição de esgoto a partir deste turno no corpo d'água. Esta variação diária da qualidade da água na bacia foi possível de ser observada em dois dias de coletas realizadas em intervalos de uma hora, com diferentes características sazonais.

Paz, 2004, encontrou para a bacia hidrográfica Alto da Colina concentração, média, de oxigênio dissolvido de 4,53 mg/L para a estação AC-I, com características urbanas e para estação AC-II, com características rurais, concentração, média, de

6,73 mg/L. Estes valores comparados com a média de 2,8 mg/L da bacia Cancela, indicam o baixo grau da qualidade da água na bacia monitorada, atribuído ao lançamento de esgoto no corpo receptor e ao alto índice de urbanização quando comparado à bacia Alto da Colina.

Quanto à demanda bioquímica de oxigênio, DBO_5 , indicadora do conteúdo orgânico, a bacia Cancela apresentou concentração média de 32,9 mg/L, variando de 8,7 a 87,3mg/L, estas concentrações são mais elevadas que as encontradas na bacia Alto da Colina, onde para a área urbana, AC-I, foi de 13,8 mg/L e para a área rural, AC-II, 2,4 mg/L. As diferenças entre os valores para as três áreas demonstram as interferências do uso e ocupação do solo na qualidade da água.

O resultado da análise bacteriológica indicou a alta contaminação da água por coliformes totais (CT) e fecais (CF), onde suas contagens médias foram $8,3 \times 10^6$ NMP/100mL para coliformes totais, e $1,2 \times 10^6$ NMP/100mL para coliformes fecais, com variação de $2,0 \times 10^4$ a $5,1 \times 10^7$ NMP/100mL e $7,4 \times 10^3$ a $1,0 \times 10^7$ NMP/100mL, respectivamente. Observa-se que duas coletas apresentaram problemas na contagem, dia 21/05/04 e 20/09/04, esta última foi realizada após o evento de precipitação onde as amostras do mesmo também apresentaram o problema, levando a crer que foi lançada alguma substância que anulou a presença dos organismos nas amostras, considerando que a diluição não foi alterada. Paz, 2004, determinou para a área urbana, AC-I, o número médio para coliformes totais de $1,9 \times 10^6$ NMP/100mL e para coliformes fecais de $8,8 \times 10^5$ NMP/100mL. Já a área rural da bacia, AC-II, apresentou $9,9 \times 10^5$ NMP/100mL de coliformes totais e $4,3 \times 10^4$ NMP/100mL de coliformes fecais.

Comparando os resultados, de coliformes totais e fecais entre as duas bacias, nota-se que ambas apresentam valores bacteriológicos elevados, principalmente nas áreas urbanas onde os valores foram semelhantes apesar da diferença entre as duas áreas, a área rural apresentou valores menores para o parâmetro.

A bacia hidrográfica Cancela apresentou concentração média para o parâmetro condutividade elétrica de 363,8 μ S/cm. Este valor foi maior que os encontrados nas estações AC-I e AC-II, sendo estes de 176,9 e 96,6 μ S/cm, respectivamente. Estas diferenças estão associadas ao alto grau de substâncias dissolvidas na água, principalmente na bacia Cancela.

Os parâmetros pH, temperatura apresentaram pequenas variações entre as coletas analisadas, a turbidez apresentou maior alteração em duas medições nos dias 22/04/04 e 17/08/04.

5.1.2. Análises das características do escoamento superficial

Para o desenvolvimento deste capítulo foram utilizados os dados das coletas pontuais e dos amostradores de nível ascendente e descendente. Os hidrogramas dos eventos analisados encontram-se no anexo B.

Na tabela 10 apresentam-se os valores obtidos para as Concentrações Médias do Evento (CME), na bacia hidrográfica Cancela, durante o período amostrado.

Analisando o conteúdo orgânico, DBO, dos eventos observou-se que ocorreu uma variabilidade nos valores das CME entre os eventos, onde o valor máximo supera, aproximadamente, em 12 vezes o mínimo. No evento do dia 10/06/04 houve um problema com a diluição da amostra, dificultando à determinação do parâmetro, pois o consumo de oxigênio foi maior que a diluição utilizada, portanto, foi adotado os valores mínimos encontrados nos ensaios para o evento, após esta ocorrência tornou-se necessário aumentar a diluição das amostras.

As CME dos parâmetros de coliformes totais e fecais permaneceram dentro de uma pequena faixa de variação, exceto os eventos dos dias 02/03/04 e 20/09/04. O primeiro apresentou valores acima dos demais para os dois parâmetros, justificado pelas elevadas temperaturas. No segundo ocorreu uma queda no número de coliformes totais e um resultado negativo nos ensaios de coliformes fecais nas amostras coletadas na subida do hidrograma, acima da cota 53 cm até o pico. A explicação para este acontecimento foi o lançamento de alguma substância química, pois as amostras continham cheiro de combustível, o que, provavelmente, pode ter sido a causa da anulação dos resultados, uma vez que o lançamento de esgoto não foi interrompido. A média das CME entre os eventos foi de $1,2 \times 10^7$ NMP/100mL para coliformes totais e $1,7 \times 10^6$ NMP/100mL para coliformes fecais.

TABELA 10 - Concentrações Médias dos Eventos Monitorados na Bacia Hidrográfica do Cancela.

<i>CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS EVENTOS</i>									
Data do Evento	DBO (mg/L)	Colif. Totais (NMP/100mL)	Colif. Fecais (NMP/100mL)	Temp. (°C)	Cond. (µS/cm)	pH	Turbidez (UT)	SSt (mg/L)	SSv (mg/L)
01/02/04**	20,25	3,0 x 10 ⁷	1,5 x 10 ⁶	29,64	-	6,95	25,00	5803,40	485,08
02/03/04*	75,20	5,2 x 10 ⁷	1,6 x 10 ⁷	23,23	-	7,24	86,68	346,99	57,25
13/03/04**	72,97	2,3 x 10 ⁷	1,2 x 10 ⁶	23,46	-	7,01	358,43	4953,47	199,39
22/04/04**	71,53	7,0 x 10 ⁶	4,6 x 10 ⁵	21,88	212,62	7,07	195,48	729,39	54,87
10/06/04**	>75,08	8,1 x 10 ⁶	4,4 x 10 ⁵	16,11	209,28	7,06	233,21	7,53	1,38
23/06/04*	128,63	7,1 x 10 ⁶	4,7 x 10 ⁵	18,28	241,14	7,12	89,00	222,56	58,76
13/07/04*	244,38	1,8 x 10 ⁷	1,4 x 10 ⁶	17,20	253,78	-	282,80	3000,19	595,18
29/07/04*	82,78	3,9 x 10 ⁶	8,5 x 10 ⁵	15,27	234,53	-	134,58	455,94	168,81
06/08/04*	87,84	1,0 x 10 ⁷	6,2 x 10 ⁵	15,16	216,82	-	152,94	475,16	97,69
17/08/04*	203,02	2,5 x 10 ⁷	1,0 x 10 ⁶	17,48	307,16	7,13	178,88	1012,38	457,85
10/09/04**	67,75	5,2 x 10 ⁶	4,9 x 10 ⁵	18,99	170,14	7,28	313,52	496,77	138,62
20/09/04**	34,76	3,6 x 10 ⁵	1,2 x 10 ⁵	20,15	130,54	7,07	301,13	719,43	139,44
13/10/04**	231,25	1,7 x 10 ⁶	1,2 x 10 ⁵	20,33	228,79	7,36	325,41	1708,63	366,37
16/10/04**	77,37	4,1 x 10 ⁶	1,5 x 10 ⁵	23,81	185,67	7,34	366,48	855,19	144,22
23/10/04*	176,02	6,5 x 10 ⁶	7,5 x 10 ⁵	20,71	173,83	7,31	211,06	518,91	107,59
03/11/04*	77,20	2,4 x 10 ⁶	3,6 x 10 ⁵	21,50	160,31	7,27	384,20	459,98	102,45
09/11/04**	75,74	8,4 x 10 ⁶	5,2 x 10 ⁵	21,08	348,68	7,62	146,95	252,62	94,56
06/12/04**	167,31	9,7 x 10 ⁶	1,9 x 10 ⁶	26,90	209,39	7,28	248,62	1732,58	259,10
Média	111,41	1,2 x 10 ⁷	1,6 x 10 ⁶	20,62	218,85	7,21	224,13	1319,51	196,03
Máximo	244,38	5,2 x 10 ⁷	1,6 x 10 ⁷	29,64	348,68	7,62	384,20	5803,40	595,18
Mínimo	20,25	3,6 x 10 ⁵	1,2 x 10 ⁵	15,16	130,54	6,95	25,00	7,53	1,38

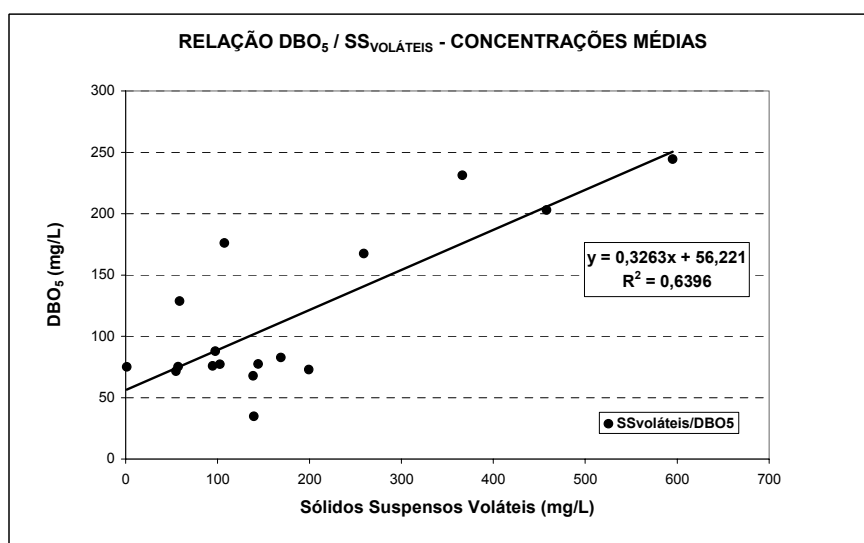
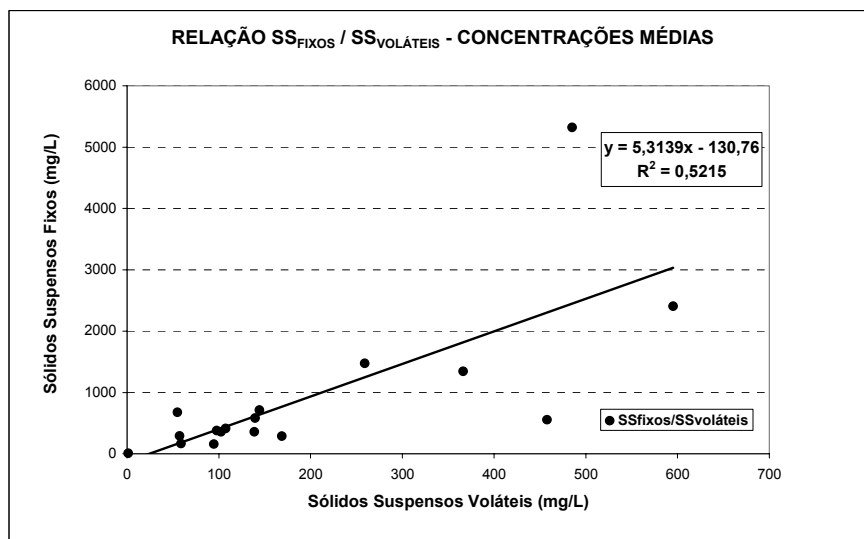
* dados obtidos de coletas pontuais

** dados obtidos dos amostradores de nível

Os parâmetros sólidos suspensos totais (SSt) e voláteis (SSv) apresentaram CME elevadas e variáveis entre os eventos. A bacia mostrou-se favorável a ocorrência de desmoronamentos das margens, portanto, o parâmetro mostrou-se maior à medida que aumentavam as características da precipitação.

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

As figuras 13 e 14 apresentam as correlações das CME do parâmetro sólidos suspensos voláteis com os parâmetros sólidos suspensos fixos (SSf) e DBO₅, respectivamente, os quais mostraram relação direta com o parâmetro em questão. A correlação SSv/DBO₅ mostra que os sólidos voláteis são indicadores do conteúdo orgânico, no caso DBO₅ (Larsen, 1998). A correlação SSf/SSv não foi melhor devido à variação das CME entre os eventos analisados.



As figuras 15 a 19 mostram as correlações entre as CME dos parâmetros DBO₅, CT, CF, SSf e SSv, obtidas através das coletas superficiais e com os amostradores de nível, simultaneamente, durante os mesmos eventos. Esta correlação indica a eficiência do uso dos amostradores instantâneos de nível em eventos que não são possíveis de serem monitorados manualmente.

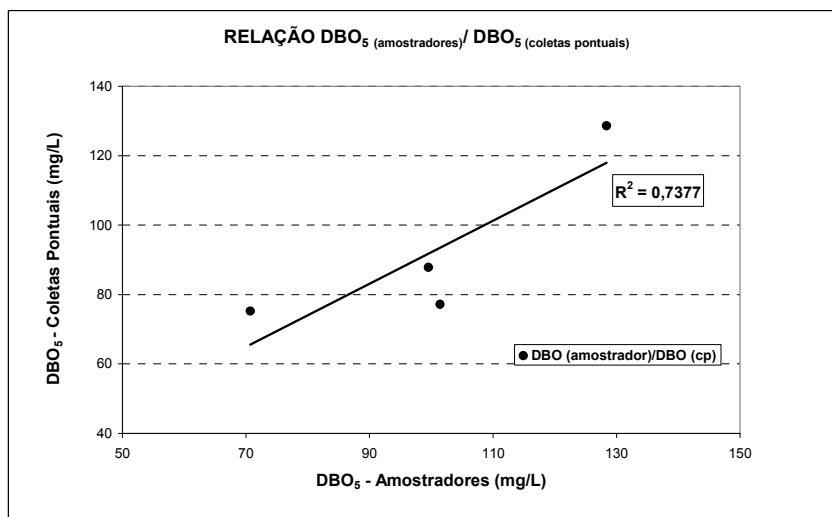


FIGURA 15 - Correlação entre coletas superficiais e dos amostradores – Parâmetro: DBO₅

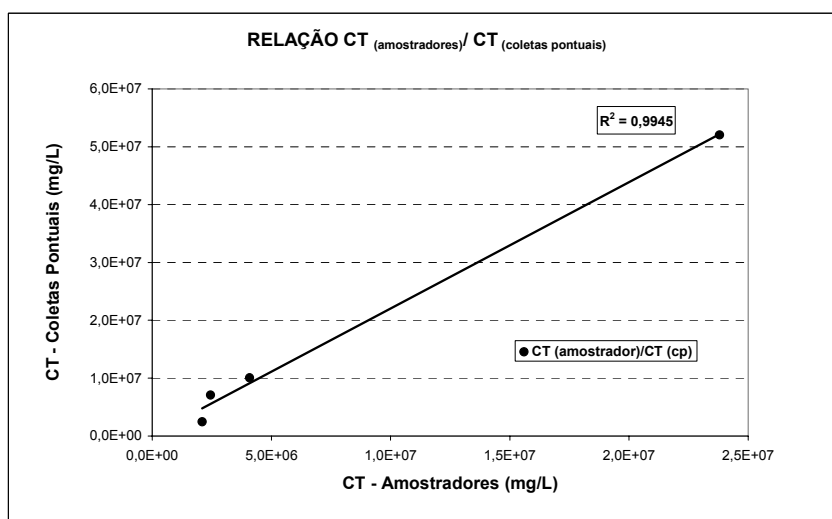


FIGURA 16 - Correlação entre coletas superficiais e dos amostradores – Parâmetro: CT

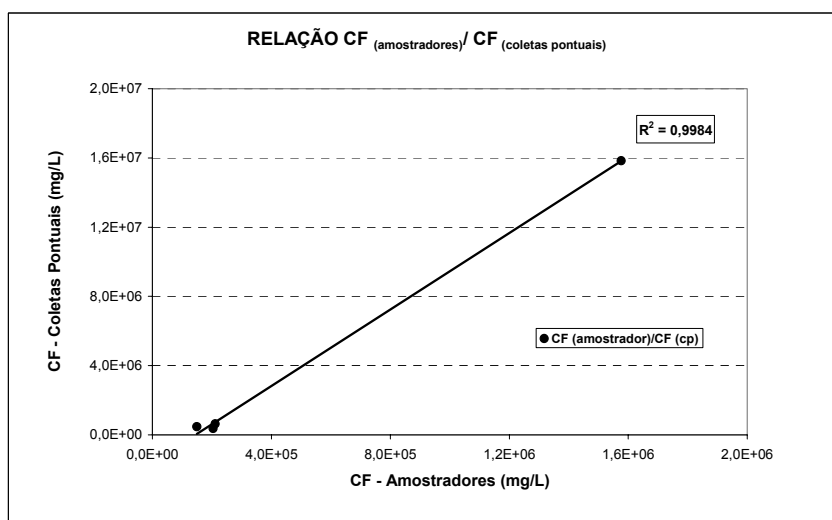


FIGURA 17 - Correlação entre coletas superficiais e dos amostradores – Parâmetro: CF

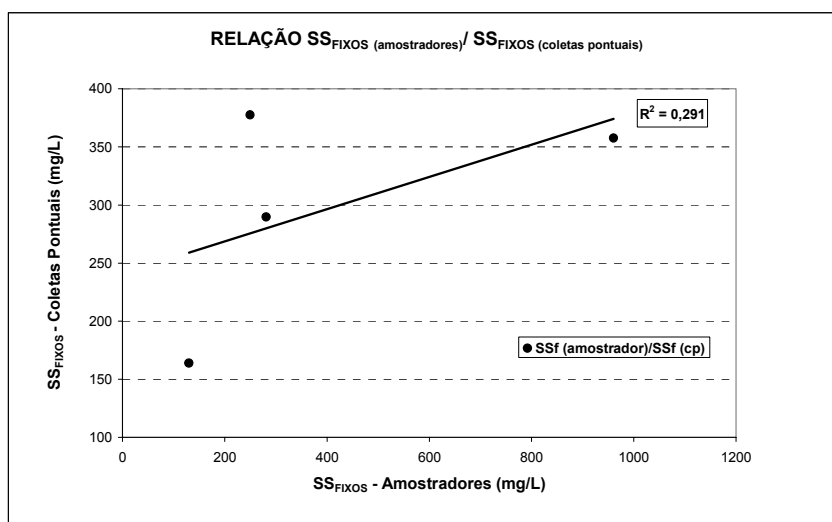


FIGURA 18 - Correlação entre coletas superficiais e dos amostradores – Parâmetro: SSf

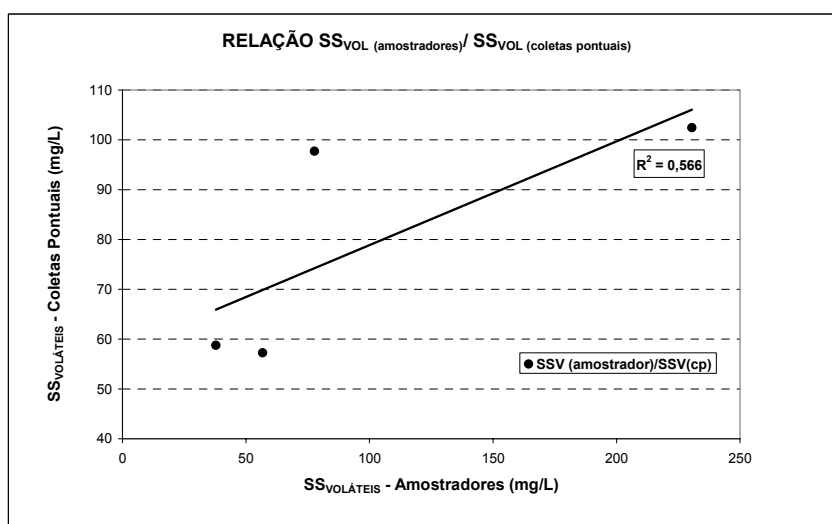


FIGURA 19 - Correlação entre coletas superficiais e dos amostradores – Parâmetro: SSv

O parâmetro DBO_5 apresentou boa correlação entre os tipos de coleta, onde o R^2 observado foi 0,74, mostrando a tendência entre os dados.

Os parâmetros coliformes totais e fecais apresentaram a mesma tendência entre os tipos de coletas, o R^2 para os parâmetros foram de 0,994 e 0,998, respectivamente.

Já para os parâmetros SSf e SSv esta correlação não se mostrou muito satisfatória, devidamente explicada pelo local onde as coletas foram realizadas. As coletas superficiais foram realizadas no centro da seção de amostragem e as coletas com os amostradores nas margens da seção, onde neste local foi identificada a influência dos desmoronamentos das margens, resultando concentrações médias

maiores, principalmente, para o parâmetro sólidos suspensos fixos, que apresentou R^2 igual a 0,29.

5.1.2.1. Carga Difusa do escoamento superficial

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

A tabela 11 apresenta os valores encontrados para a massa poluente transportada em cada evento monitorado.

Observações feitas (tabela 11) indicaram que não existiu correlação entre a massa poluente transportada e o período de tempo seco antecedente ao evento para os parâmetros indicados na tabela.

TABELA 11 - Massa total transportada pelo escoamento superficial na Bacia Hidrográfica do Cancela.

Data do Evento	Parâmetro de Qualidade da Água				PTSA (dias)	I (mm/h)	Prec. (mm)
	DBO ₅ (g)	Colif. Totais (NMP)	Colif. Fecais (NMP)	SSt (g)			
01/02/04	8,0x10 ⁰⁵	1,2x10 ¹²	5,9x10 ¹⁰	2,4x10 ⁰⁸	2	15,99	29,31
02/03/04	2,5x10 ⁰⁵	1,7x10 ¹¹	5,2x10 ¹⁰	1,1x10 ⁰⁶	16	5,32	13,29
13/03/04	3,0x10 ⁰⁶	9,3x10 ¹¹	4,8x10 ¹⁰	2,0x10 ⁰⁸	5	18,47	83,09
22/04/04	5,0x10 ⁰⁵	4,9x10 ¹⁰	3,2x10 ⁰⁹	5,1x10 ⁰⁶	1	9,55	21,5
10/06/04	2,2x10 ⁰⁶	2,4x10 ¹¹	1,3x10 ¹⁰	3,3x10 ⁰⁷	16	22,83	43,85
23/06/04	1,3x10 ⁰⁶	7,3x10 ¹⁰	4,8x10 ⁰⁹	2,3x10 ⁰⁶	13	3,61	21,1
13/07/04	6,4x10 ⁰⁵	4,6x10 ¹⁰	3,7x10 ⁰⁹	7,8x10 ⁰⁶	10	4,62	4,62
29/07/04	7,0x10 ⁰⁵	3,3x10 ¹⁰	7,2x10 ⁰⁹	3,9x10 ⁰⁶	15	1,84	37,67
06/08/04	1,6x10 ⁰⁶	1,9x10 ¹¹	1,2x10 ¹⁰	8,9x10 ⁰⁶	8	2,85	32,14
17/08/04	9,6x10 ⁰⁵	1,2x10 ¹¹	4,8x10 ⁰⁹	4,8x10 ⁰⁶	11	4,2	8,73
10/09/04	1,5x10 ⁰⁶	1,2x10 ¹¹	1,1x10 ¹⁰	1,1x10 ⁰⁷	19	2,72	12,71
20/09/04	4,6x10 ⁰⁶	4,7x10 ¹⁰	1,7x10 ⁰⁹	9,4x10 ⁰⁷	10	3,53	46,9
13/10/04	3,1x10 ⁰⁶	2,2x10 ¹⁰	1,7x10 ⁰⁹	2,3x10 ⁰⁷	20	8,44	18,99
16/10/04	2,4x10 ⁰⁶	1,3x10 ¹¹	4,5x10 ⁰⁹	2,6x10 ⁰⁷	4	6,62	30,33
23/10/04	2,4x10 ⁰⁶	9,0x10 ¹⁰	1,0x10 ¹⁰	7,2x10 ⁰⁶	5	4,25	12,72
03/11/04	3,2x10 ⁰⁶	1,0x10 ¹¹	1,5x10 ¹⁰	1,9x10 ⁰⁷	11	8,71	39,92
09/11/04	8,0x10 ⁰⁵	8,9x10 ¹⁰	5,4x10 ⁰⁹	2,7x10 ⁰⁶	4	4,27	9,62
06/12/04	1,5x10 ⁰⁶	8,8x10 ¹⁰	1,8x10 ¹⁰	1,6x10 ⁰⁷	27	12,01	34,18
Total	3,2x10 ⁰⁷	3,7x10 ¹²	2,8x10 ¹¹	6,8x10 ⁰⁸			
Média	1,8x10 ⁰⁶	2,1x10 ¹¹	1,5x10 ¹⁰	3,9x10 ⁰⁷			
Máximo	4,6x10 ⁰⁶	1,2x10 ¹²	5,9x10 ¹⁰	2,4x10 ⁰⁸			
Mínimo	2,5x10 ⁰⁵	2,2x10 ¹⁰	1,7x10 ⁰⁹	1,1x10 ⁰⁶			

A massa poluente, com exceção de alguns eventos, apresentou pequena tendência a aumentar com a intensidade média do evento e com o total precipitado.

A massa poluente depositada sobre a superfície da bacia no período de estiagem e transportada para o corpo d'água durante o escoamento superficial, pode ser considerada como sendo a massa poluente de contribuição da drenagem pluvial urbana.

Durante o período monitorado foram analisados dezoito eventos, sendo estes os que apresentaram escoamento superficial e com período de tempo seco antecedente ao evento maior que um dia. Neste período foram desprezados apenas os eventos que produziram pequeno escoamento superficial, pois estes não atingiam o bico de admissão de água dos amostradores, e os eventos que apresentaram vários picos sucessivos, com intervalos de tempo menores que um dia. Para eventos noturnos foram utilizados os dados obtidos através dos amostradores de nível ascendente e descendente.

Na estimativa da carga difusa somou-se a massa de poluente dos eventos ocorridos no período monitorado e dividiu-se pelo intervalo de tempo, deste período, resultando, portanto, a carga poluente difusa transportada pela drenagem pluvial da área em estudo. Para os cálculos foi considerada a área de 4,95 km², período monitorado de 310 dias e a população da bacia foi, aproximadamente, 18.082 habitantes.

A tabela 12 expressa os valores para a carga determinada na bacia.

TABELA 12 - Carga difusa total transportada pelo escoamento superficial na Bacia Hidrográfica do Cancela.

<i>Parâmetro</i>	<i>função da área da bacia</i>	<i>função do número de habitantes</i>
DBO ₅	75,06 kg/ha/ano	2,05 kg/hab/ano
Coliformes Totais	8,9x10 ¹² organismos/ha/ano	2,4x10 ¹¹ organismos/hab/ano
Coliformes Fecais	6,5x10 ¹¹ organismos/ha/ano	1,8x10 ¹⁰ organismos/hab/ano
SSt	1685,8 kg/ha/ano	46,36 kg/hab/ano

Os valores de carga difusa na bacia hidrográfica Cancela apresentaram-se menores que os citados na bibliografia (De Luca et al., 1991). Estas variações são justificadas pelas diferenças existentes quanto aos fatores intervenientes como: tipo

de uso e ocupação do solo; porcentagem de impermeabilização; intensidade da poluição atmosférica e de veículos automotores.

A bacia hidrográfica Cancela apesar da alta degradação ambiental existente, não possui registros de problemas de poluição atmosférica, como nos grandes centros urbanos e industriais. Outro aspecto a ser considerado é que a bacia possui 35% de sua área impermeabilizada, logo, a área permeável, de maior dimensão, retém parte desta carga que acaba não atingindo diretamente o corpo receptor.

Para uma melhor avaliação deste aspecto foi determinada a carga difusa na bacia hidrográfica Alto da Colina, através dos dados obtidos por Paz, 2004. Esta análise proporciona uma comparação real entre duas bacias, que apesar de suas diferenças, localizam-se numa região com características semelhantes.

A tabela 13 apresenta a massa total transportada nos eventos monitorados por Paz, 2004, na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

TABELA 13 - Massa total transportada pelo escoamento superficial na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

Estação	Parâmetro			
	DBO ₅ (g)	Colif. Totais (NMP)	Colif. Fecais (NMP)	SSt (g)
AC-I	3,4x10 ⁶	3,5x10 ¹¹	6,0x10 ¹⁰	2,1x10 ⁸
AC-II	2,1x10 ⁶	4,1x10 ¹⁰	1,7x10 ⁹	1,9x10 ⁸

A tabela 14 apresenta a massa total transportada nos eventos monitorados na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

TABELA 14 - Carga difusa transportada pelo escoamento superficial na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

Estação	Parâmetro			
	DBO ₅ (kg/ha/ano)	Colif. Totais (organismos/ha/ano)	Colif. Fecais (organismos/ha/ano)	SSt (kg/ha/ano)
AC-I	30,4	3,1x10 ¹²	5,4x10 ¹¹	1859,5
AC-II	24,6	4,8x10 ¹¹	2,0x10 ¹⁰	2252,9

Observa-se, como esperado, que a área urbana da bacia, AC-I, apresentou valores de carga difusa maiores que na área rural, AC-II, justificado pela contribuição do sistema de esgoto combinado a montante da estação AC-I.

Comparando-se esses valores de carga da bacia Alto da Colina com os da bacia Cancela, constatou-se que esta apresentou carga difusa mais elevada que as

estações AC-I e AC-II, porém os valores de SSt foram maiores na bacia Alto da Colina devido ao manejo das áreas agrícolas. Esta comparação permite avaliar os fatores que influenciam na qualidade da água da bacia hidrográfica Cancela em relação à bacia Alto da Colina, em virtude de suas semelhanças quanto às condições climáticas e poluição atmosférica, ao contrário dos casos estudados apresentados na revisão bibliográfica.

Os principais fatores que diferem uma bacia da outra e que influenciam na qualidade do escoamento superficial foram: (1) Tipo de uso e ocupação do solo; (2) tamanho das áreas; (3) Impermeabilização da superfície do solo.

5.1.2.2. Estimativa da Carga de Lavagem

Na avaliação do fenômeno da carga de lavagem foram utilizados todos os eventos obtidos na bacia Cancela, exceto os que apresentaram problemas na obtenção das concentrações.

As figuras 20 a 28 apresentam as curvas $M(V)$ referentes aos eventos registrados na Bacia Hidrográfica Cancela para os parâmetros analisados.

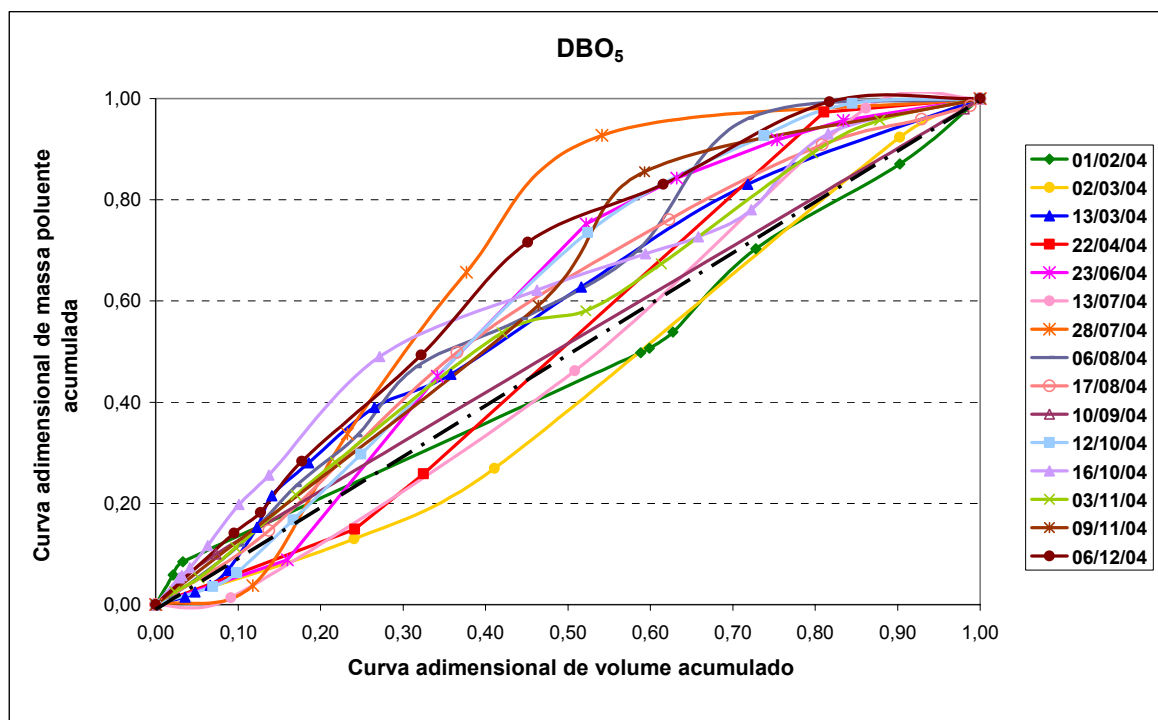


FIGURA 20 - Curvas $M(V)$ do parâmetro DBO_5 dos eventos analisados

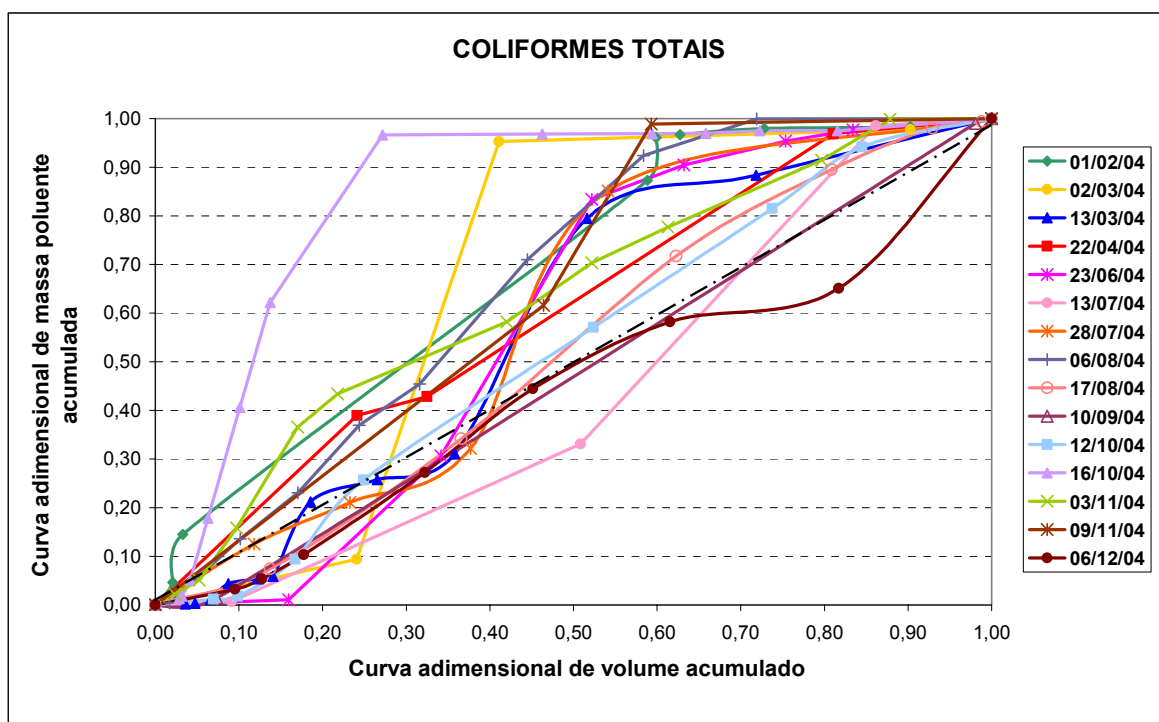


FIGURA 21 - Curvas M(V) do parâmetro CT dos eventos analisados

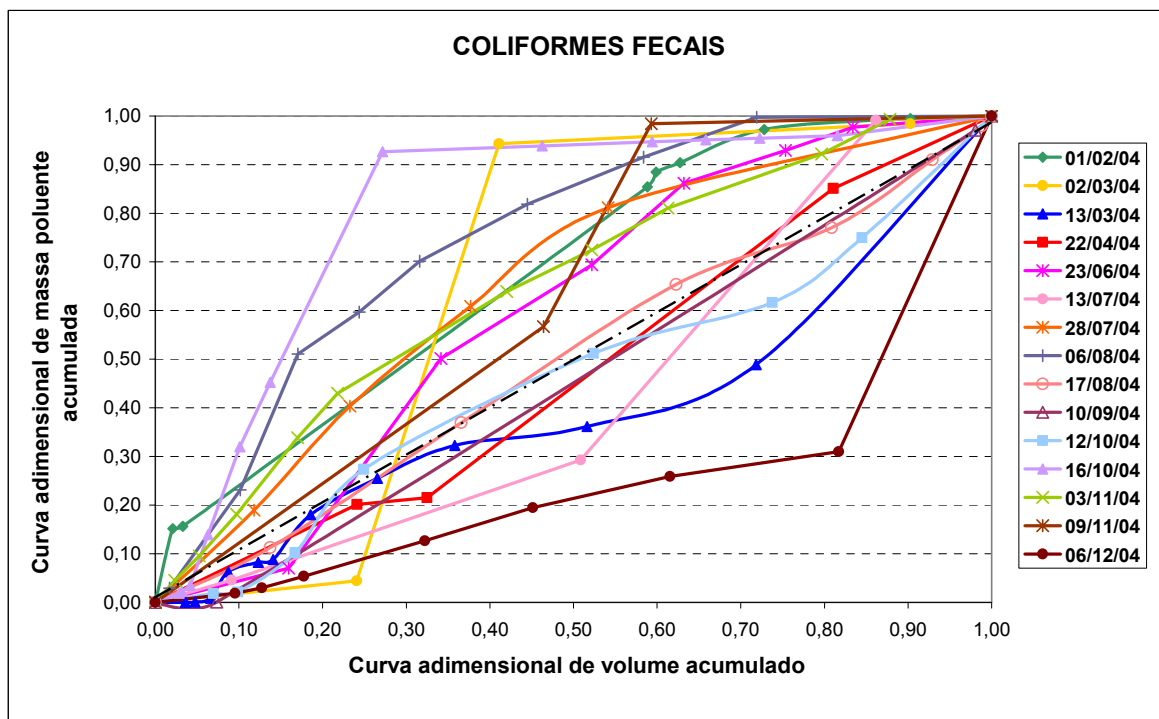


FIGURA 22 - Curvas M(V) do parâmetro CF dos eventos analisados

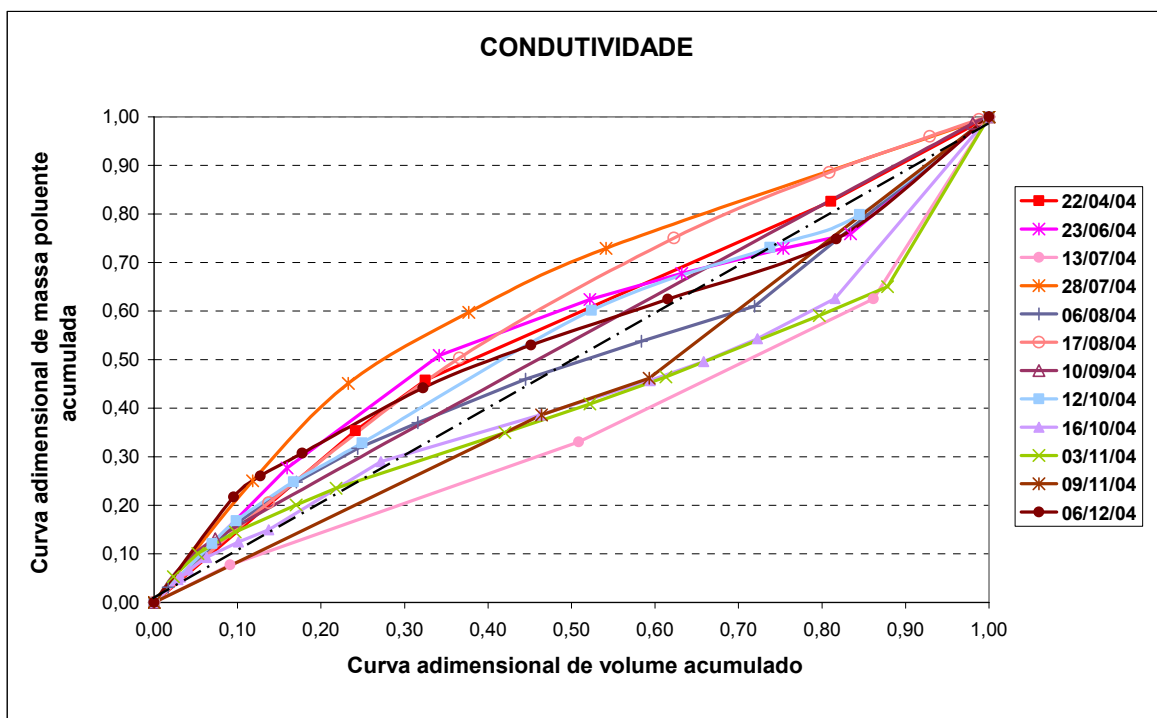


FIGURA 23 - Curvas M(V) do parâmetro Condutividade dos eventos analisados

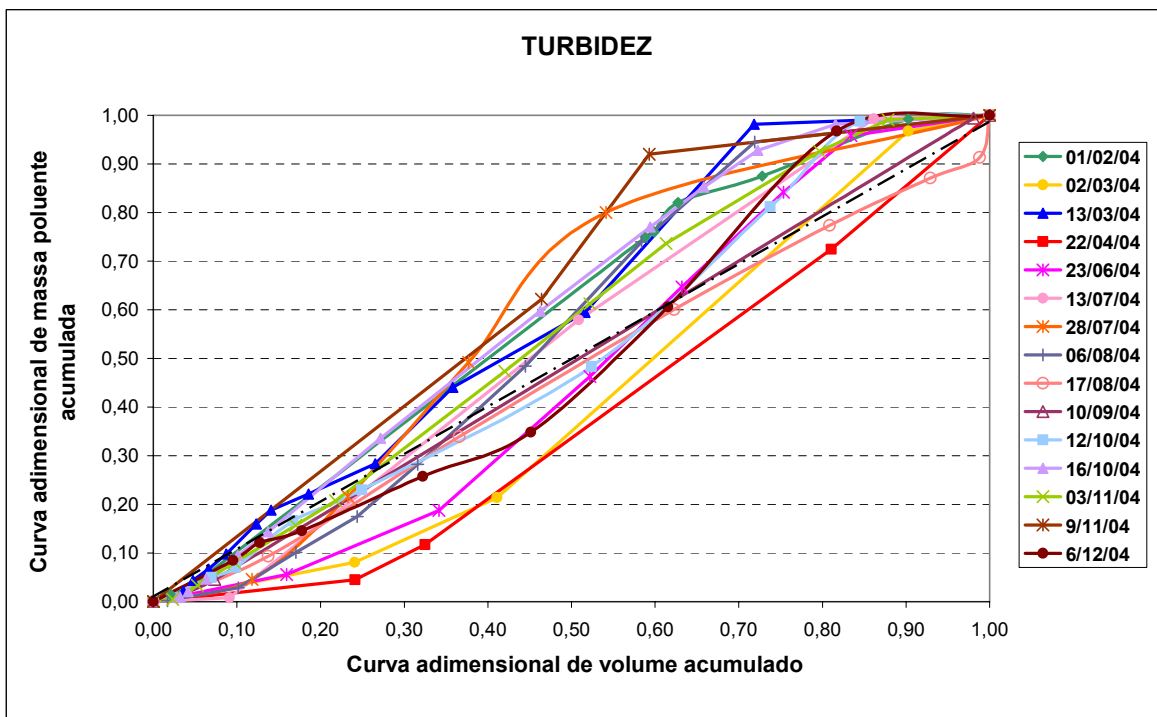


FIGURA 24 - Curvas M(V) do parâmetro Turbidez dos eventos analisados

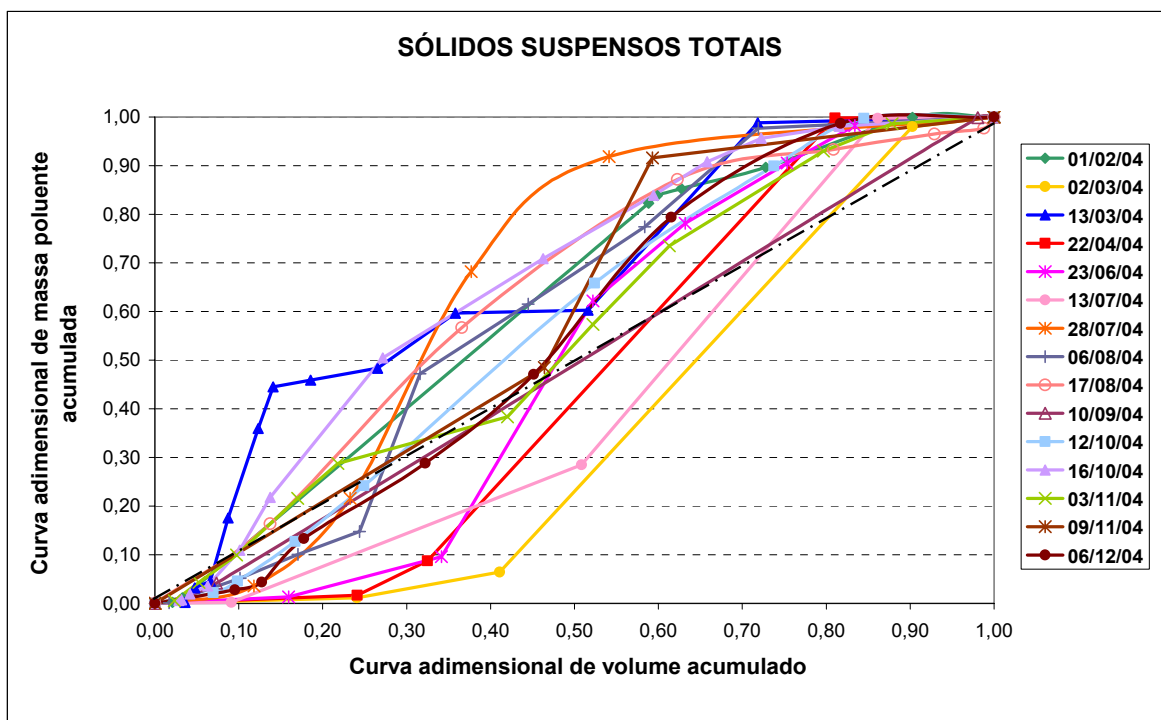


FIGURA 25 - Curvas M(V) do parâmetro SSt dos eventos analisados

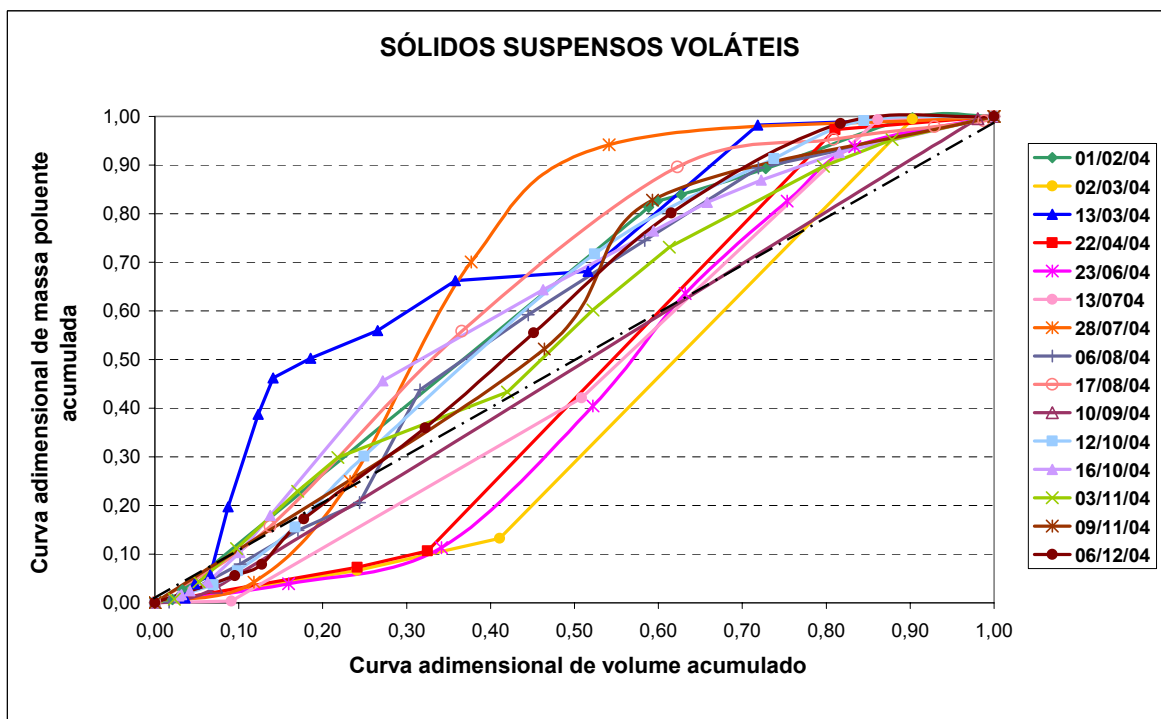


FIGURA 26 - Curvas M(V) do parâmetro SSv dos eventos analisados

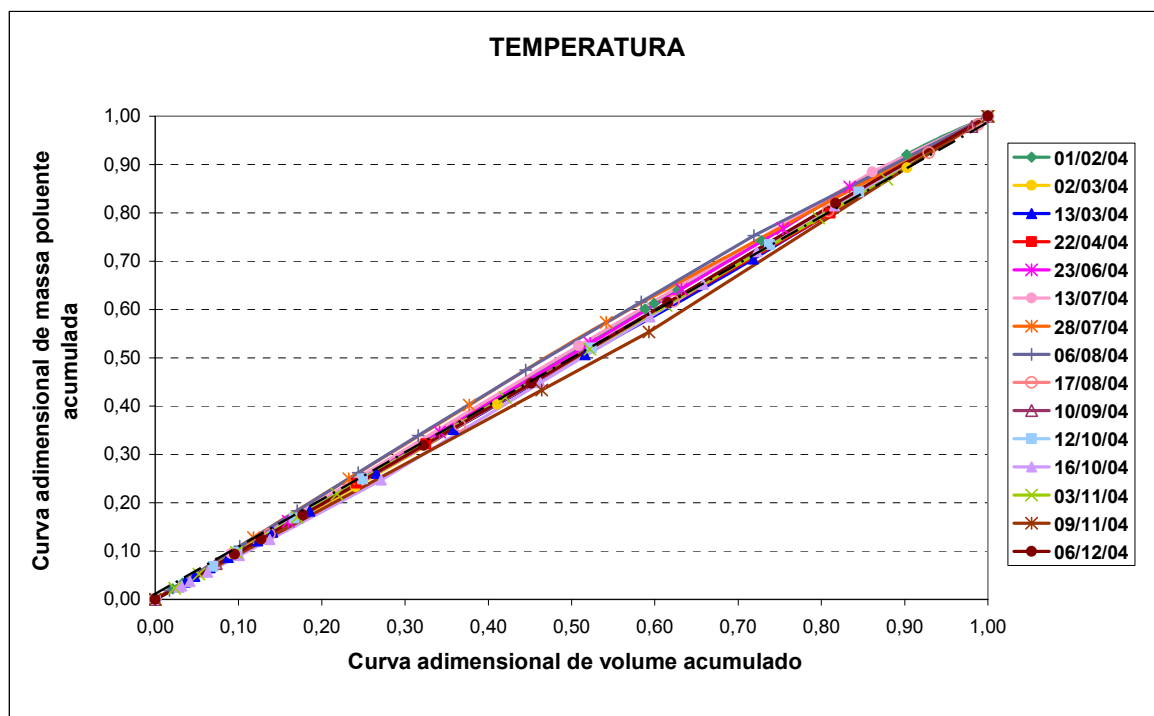


FIGURA 27 - Curvas M(V) do parâmetro Temperatura dos eventos analisados

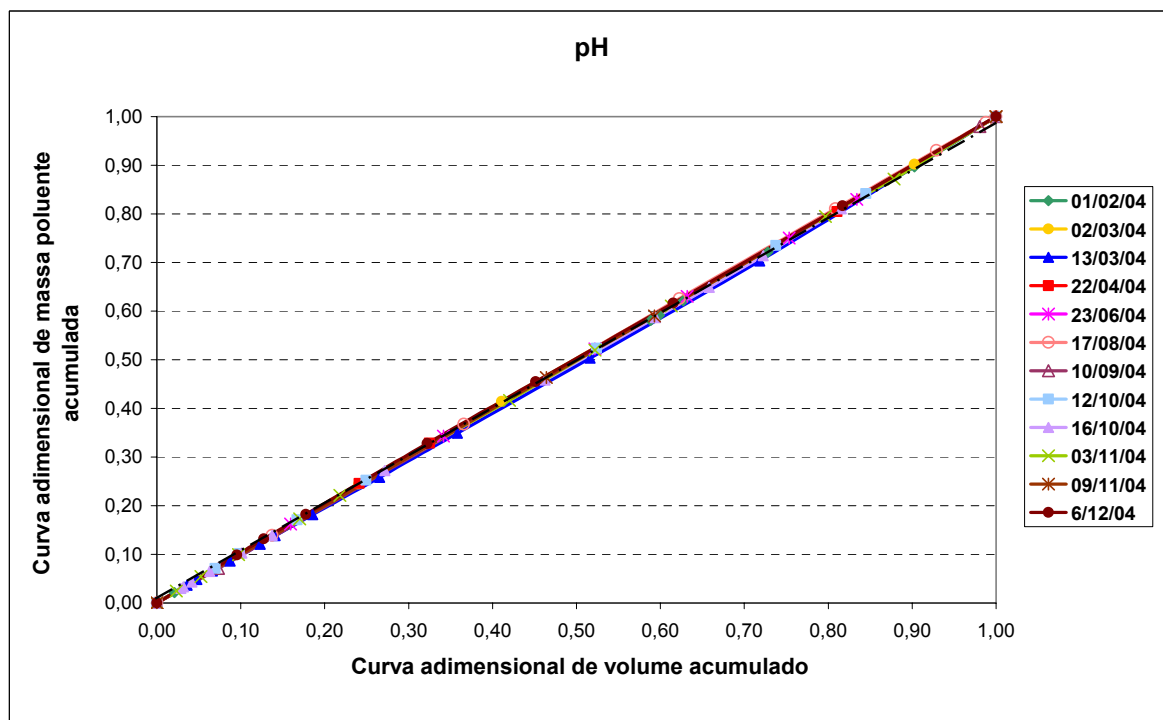


FIGURA 28 - Curvas M(V) do parâmetro pH dos eventos analisados

Os parâmetros DBO_5 , coliformes totais e fecais, condutividade elétrica, turbidez, sólidos suspensos totais e voláteis 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. Entretanto, as curvas dos parâmetros temperatura e pH permaneceram sobre o bissetor indicando sua distribuição constante durante todo o escoamento superficial.

As variações de temperatura nos meios aquáticos costumam ser brandas em função do elevado calor específico da água, de modo que ela pode absorver ou liberar calor à custa de pequenas variações de temperatura, segundo Braga et al., 2002. O pH da água pode ser alterado, significativamente, em decorrência do lançamento de despejos, porém, como o corpo d'água em estudo sofre com o lançamento de esgoto continuamente seu valor já apresenta-se alterado, não produzindo variações significativas durante a passagem da onda de cheia.

As figuras 29 a 31 apresentam o resultado da diferença entre as curvas adimensionais de massa poluente acumulativa e do volume escoado acumulativo através do tempo acumulativo do evento, para o parâmetro DBO_5 , tais resultados quando maiores que 0,2 indicam a ocorrência da carga de lavagem para o parâmetro.

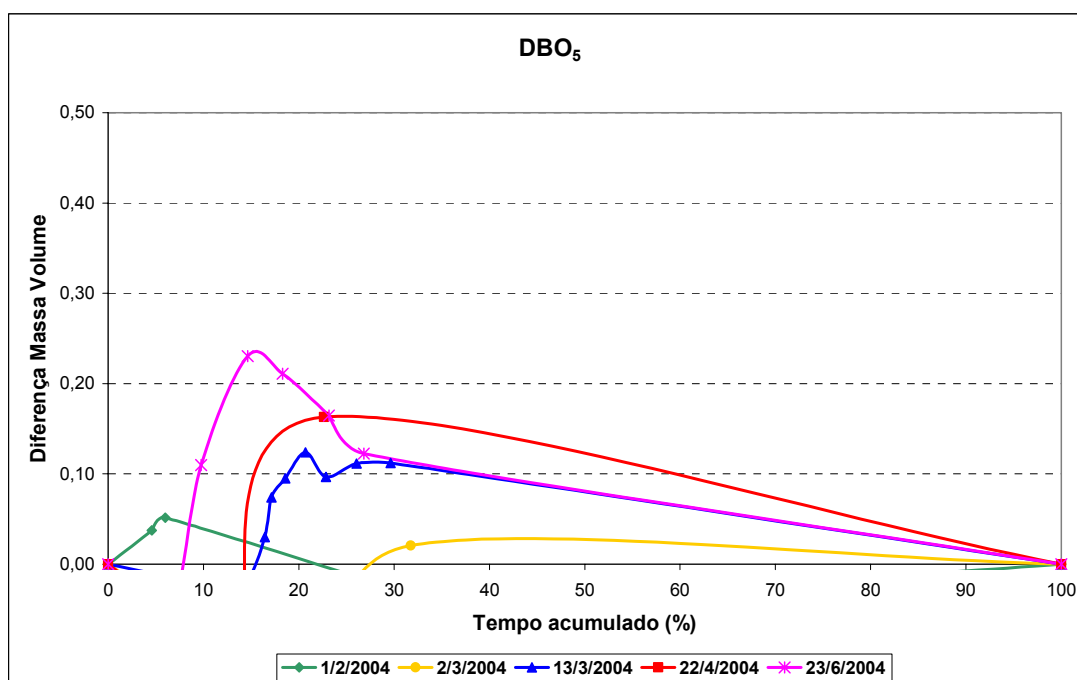


FIGURA 29 - Curvas Máxima Divergência – DBO_5 – Eventos: 01/02/04 - 02/03/04 - 13/03/04 - 22/04/04 - 23/06/04

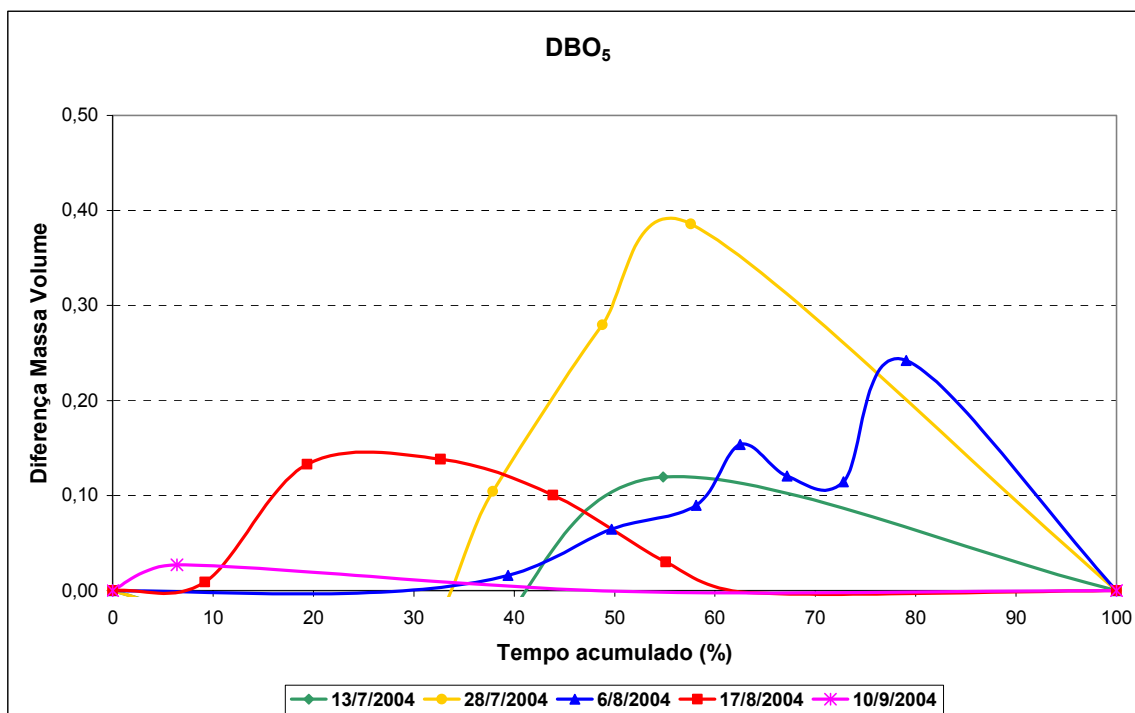


FIGURA 30 - Curvas Máxima Divergência – DBO_5 – Eventos: 13/07/04 - 28/07/04 - 06/08/04 - 17/08/04 - 10/09/04

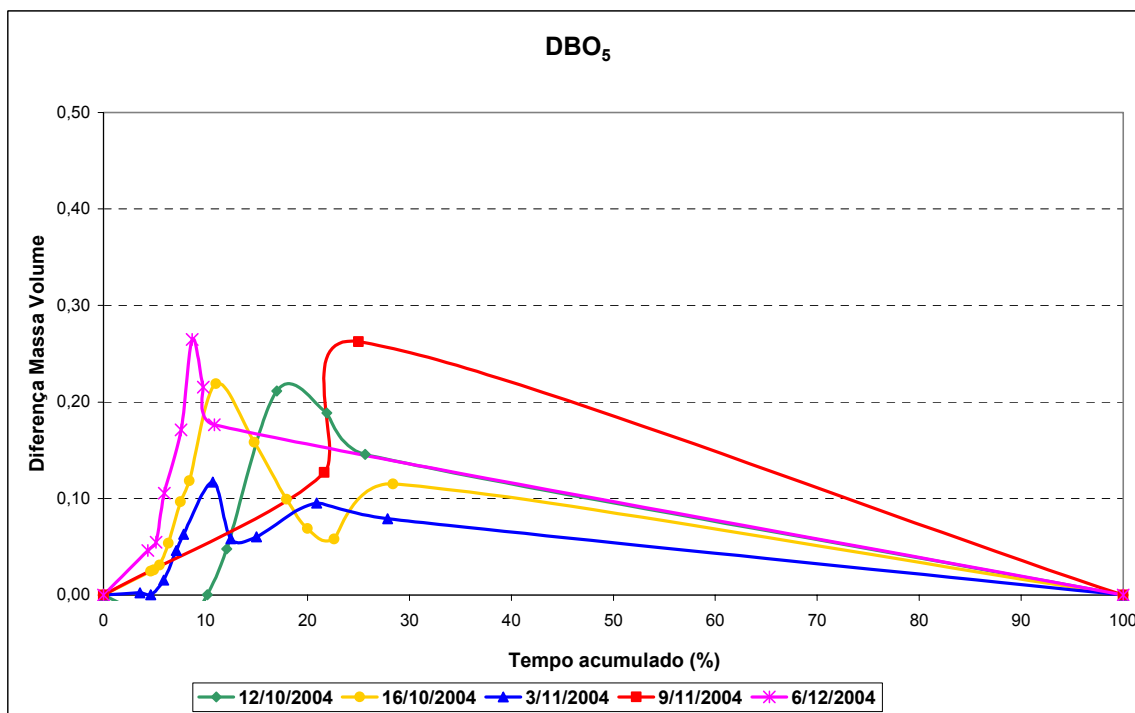


FIGURA 31 - Curvas Máxima Divergência – DBO_5 – Eventos: 12/10/04 - 16/10/04 - 03/11/04 - 09/11/04 - 06/12/04

As figuras de 32 a 34 apresentam o resultado da diferença entre as curvas $M(V)$ para o parâmetro coliformes totais, nos eventos analisados.

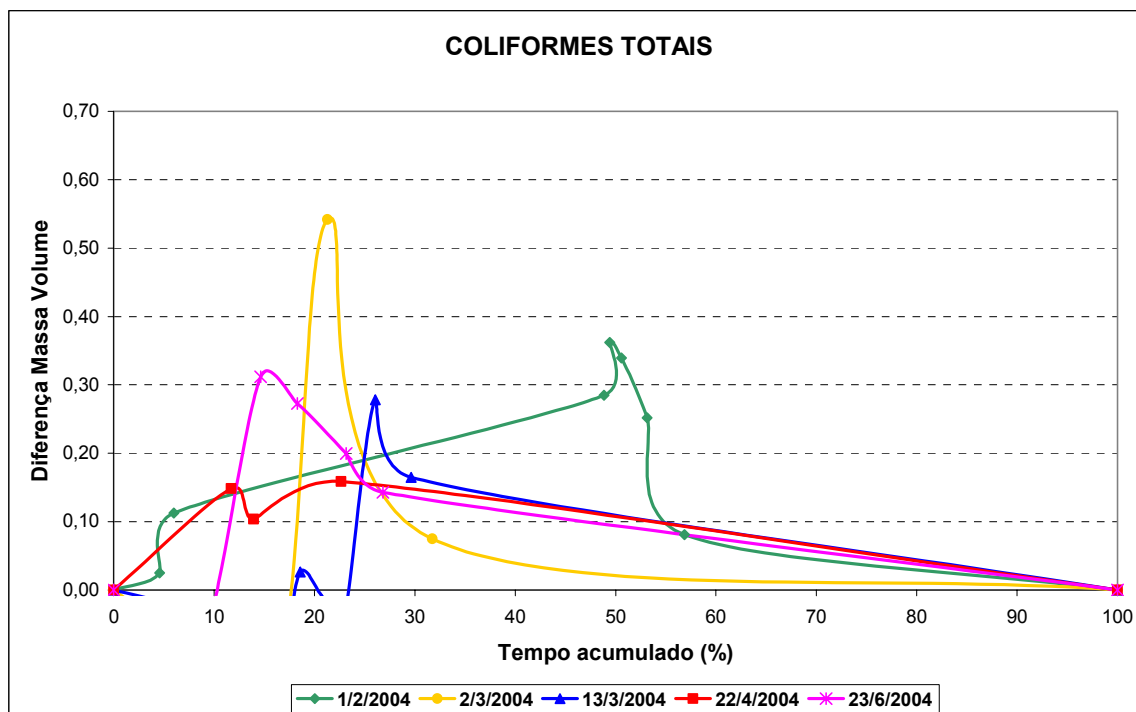


FIGURA 32 - Curvas Máxima Divergência – CT – Eventos: 01/02/04 - 02/03/04 - 13/03/04 - 22/04/04 - 23/06/04

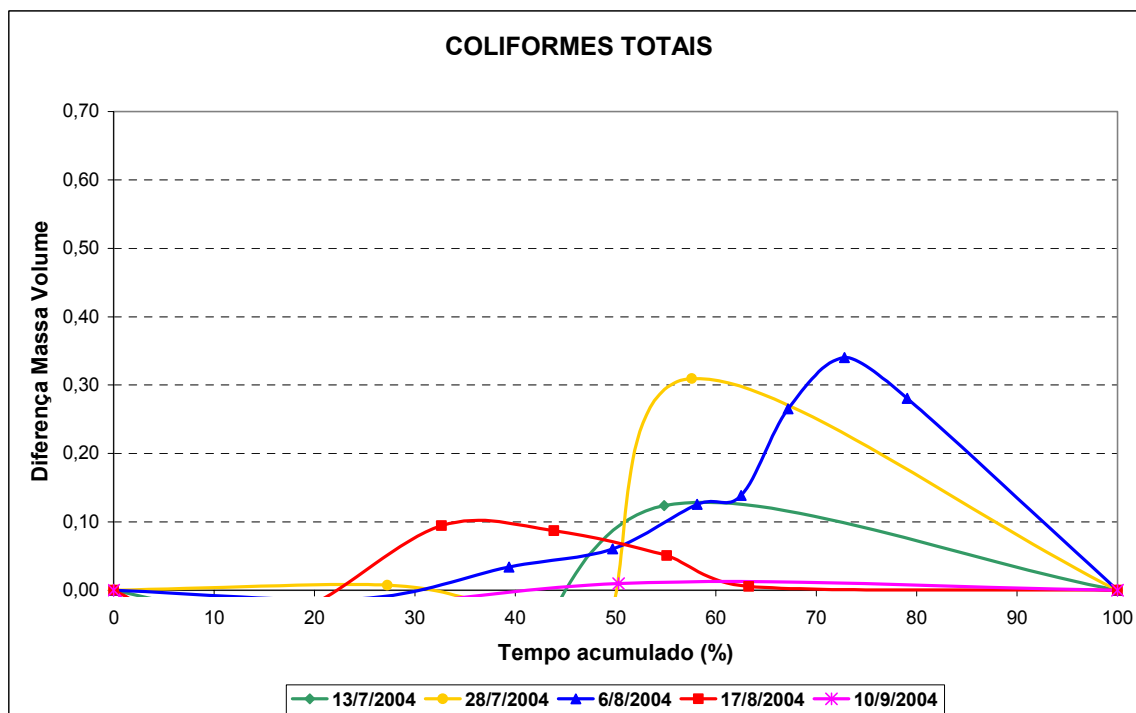


FIGURA 33 - Curvas Máxima Divergência – CT – Eventos: 01/02/04 - 02/03/04 - 13/03/04 - 22/04/04 - 23/06/04

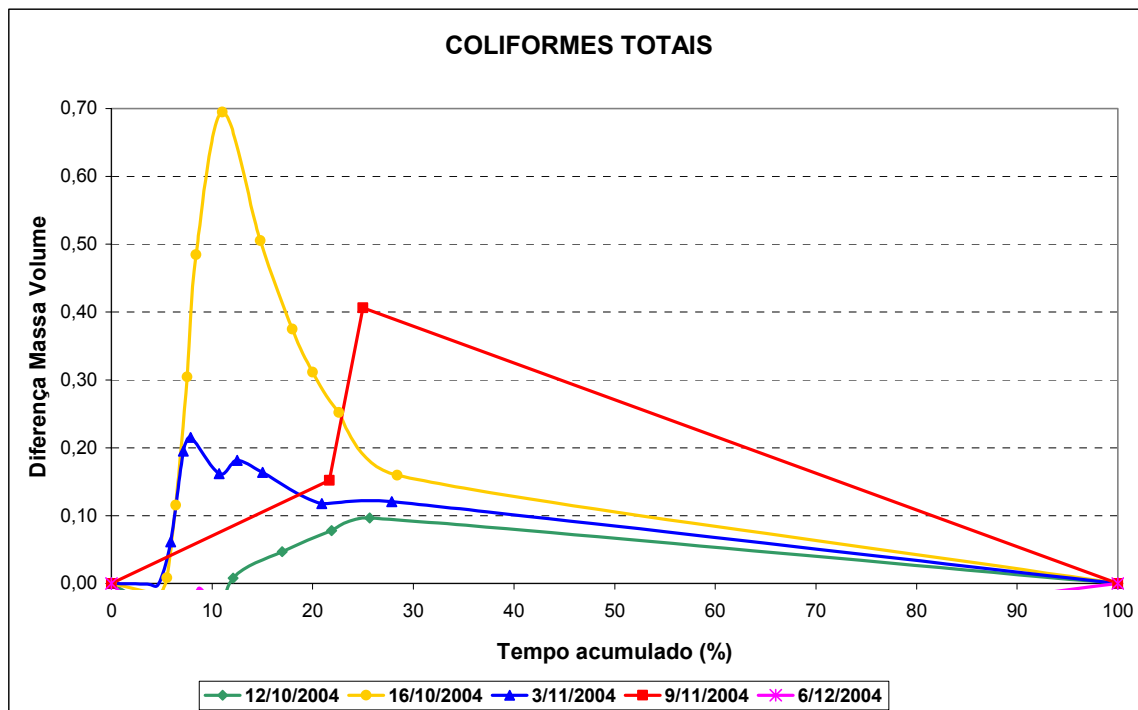


FIGURA 34 - Curvas Máxima Divergência – CT – Eventos: 12/10/04 - 16/10/04 - 03/11/04 - 09/11/04 - 06/12/04

As figuras de 35 a 37 apresentam o resultado da diferença entre as curvas $M(V)$ para o parâmetro coliformes fecais nos eventos analisados.

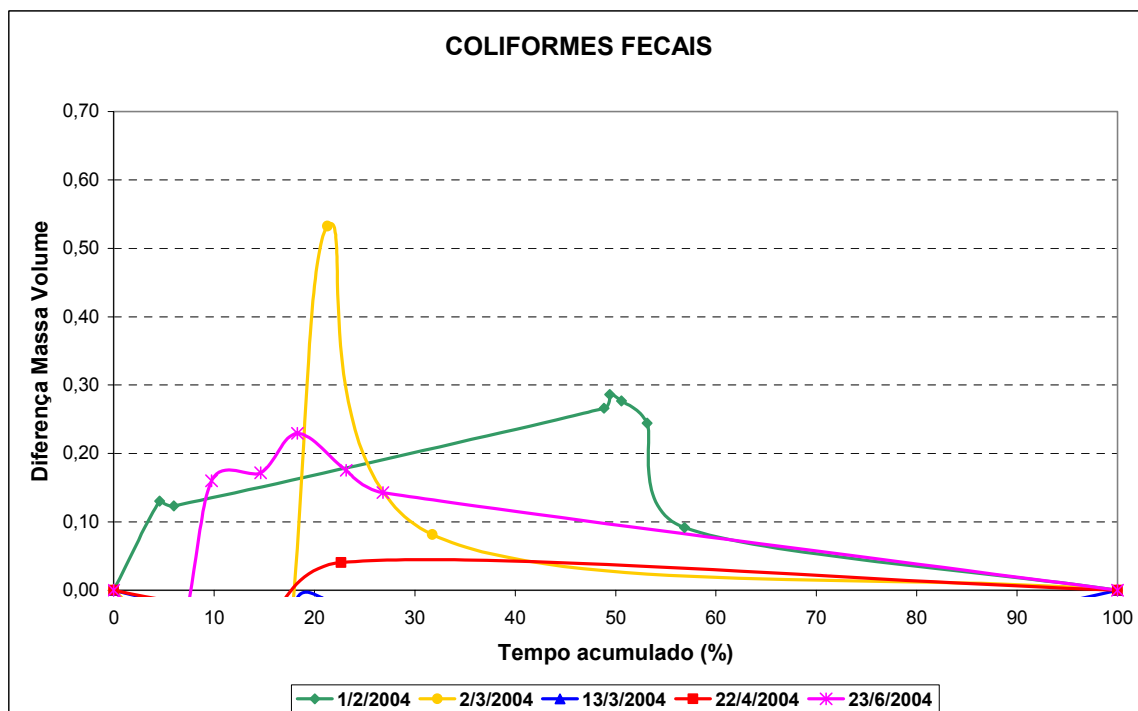


FIGURA 35 - Curvas Máxima Divergência – CF – Eventos: 01/02/04 - 02/03/04 - 13/03/04 - 22/04/04 - 23/06/04

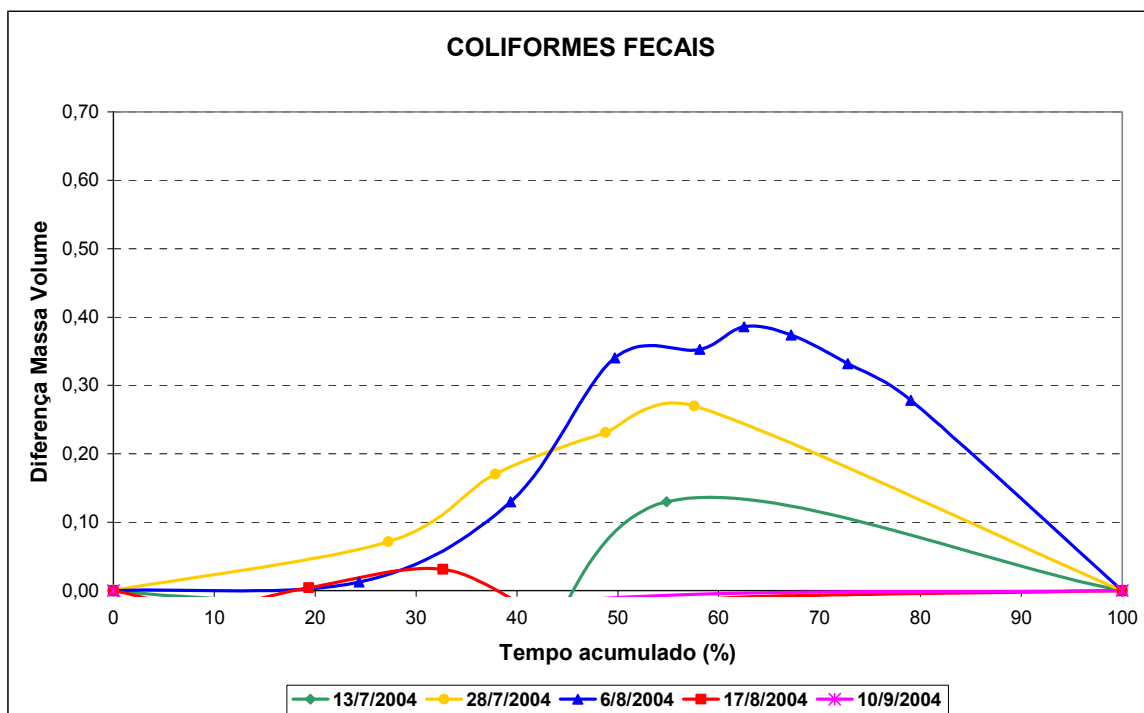


FIGURA 36 - Curvas Máxima Divergência – CF – Eventos: 13/07/04 - 28/07/04 - 06/08/04 - 17/08/04 - 10/09/04

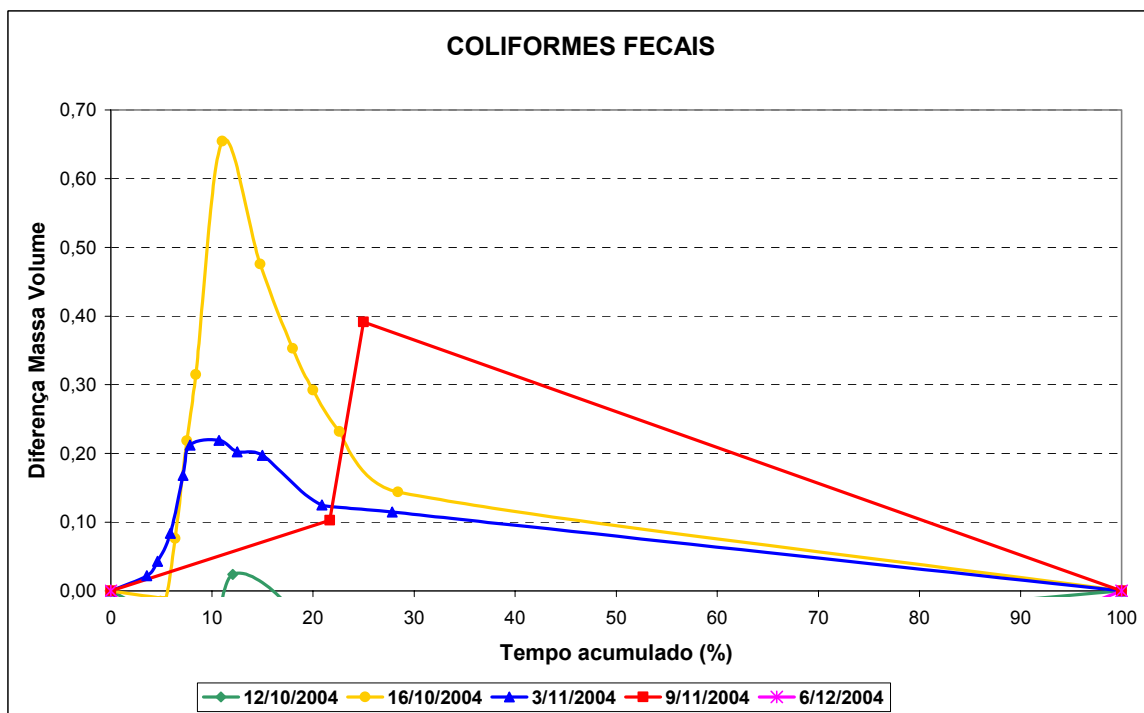


FIGURA 37 - Curvas Máxima Divergência – CF – Eventos: 12/10/04 - 16/10/04 - 03/11/04 - 09/11/04 - 06/12/04

As figuras de 38 a 40 apresentam o resultado da diferença entre as curvas M(V) para o parâmetro temperatura nos eventos analisados.

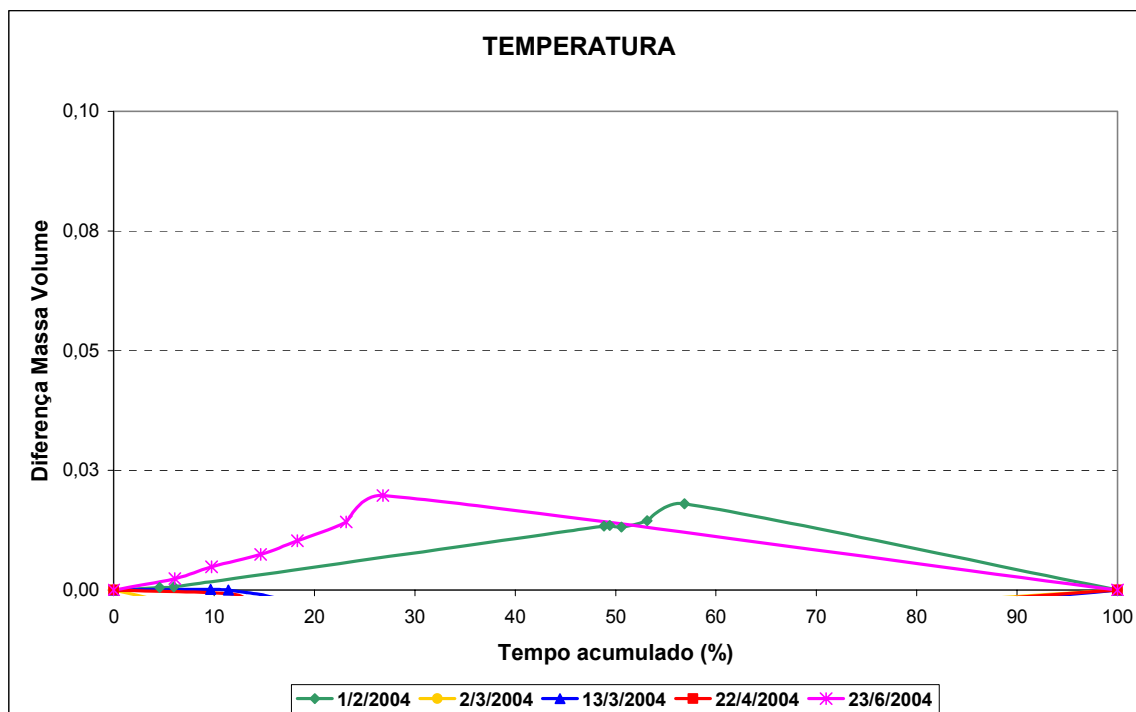


FIGURA 38 - Curvas Máxima Divergência – Temperatura – Eventos: 01/02/04 - 02/03/04 - 13/03/04 - 22/04/04 - 23/06/04

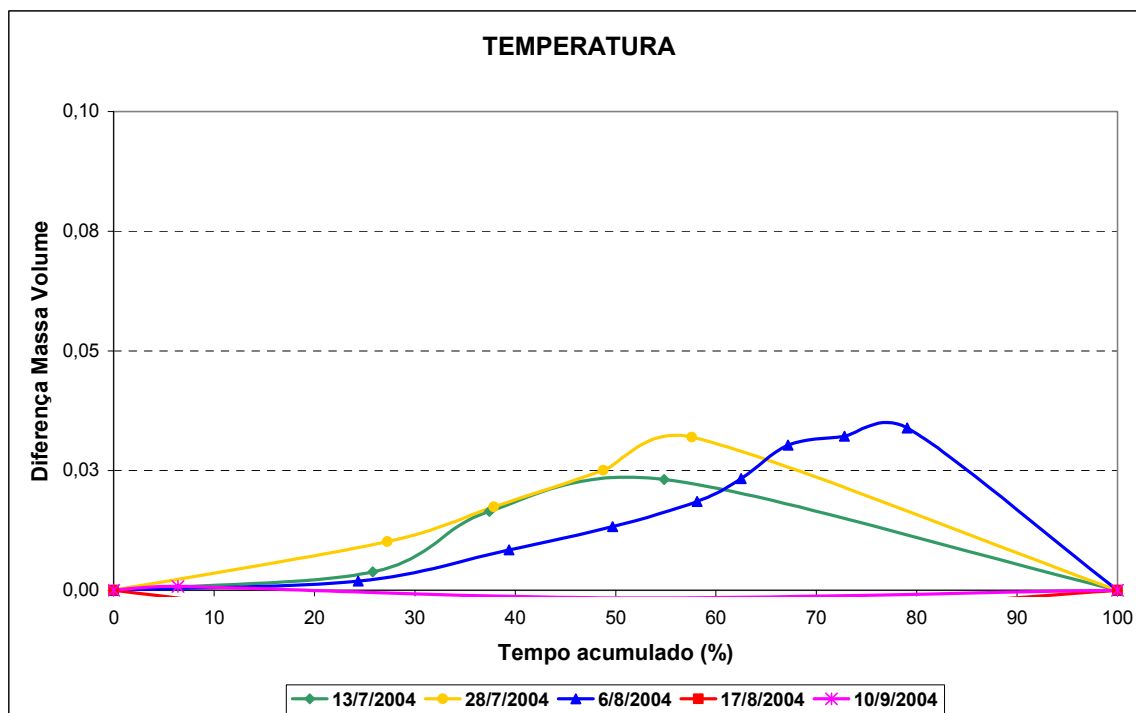


FIGURA 39 - Curvas Máxima Divergência – Temperatura – Eventos: 13/07/04 - 28/07/04 - 06/08/04 - 17/08/04 - 10/09/04

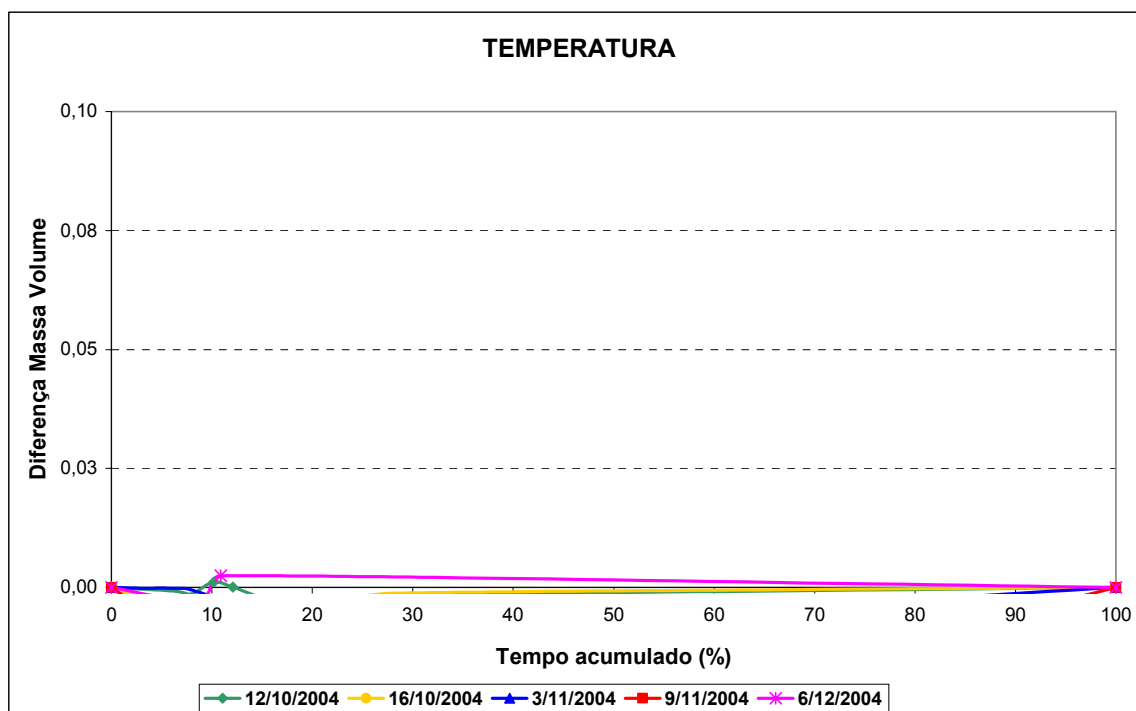


FIGURA 40 - Curvas Máxima Divergência – Temperatura – Eventos: 12/10/04 - 16/10/04 - 03/11/04 - 09/11/04 - 06/12/04

As figuras de 41 a 43 apresentam o resultado da diferença entre as curvas $M(V)$ para o parâmetro condutividade nos eventos analisados.

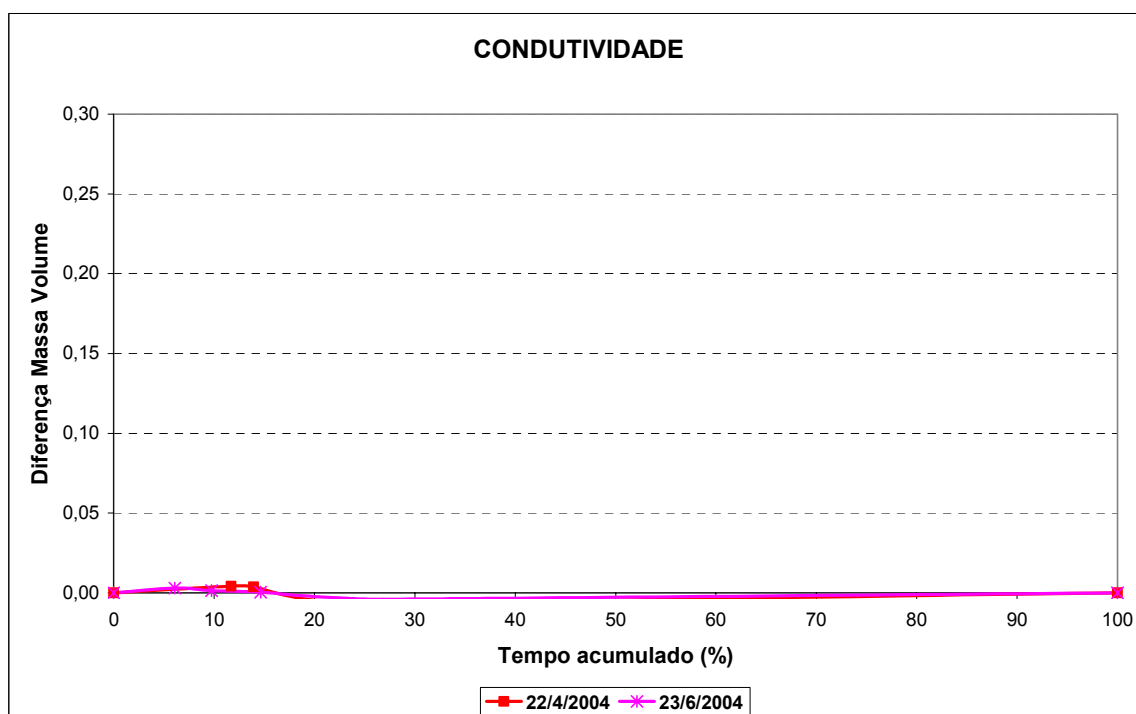


FIGURA 41 - Curvas Máxima Divergência – Condutividade – Eventos: 01/02/04 - 02/03/04 - 13/03/04 - 22/04/04 - 23/06/04

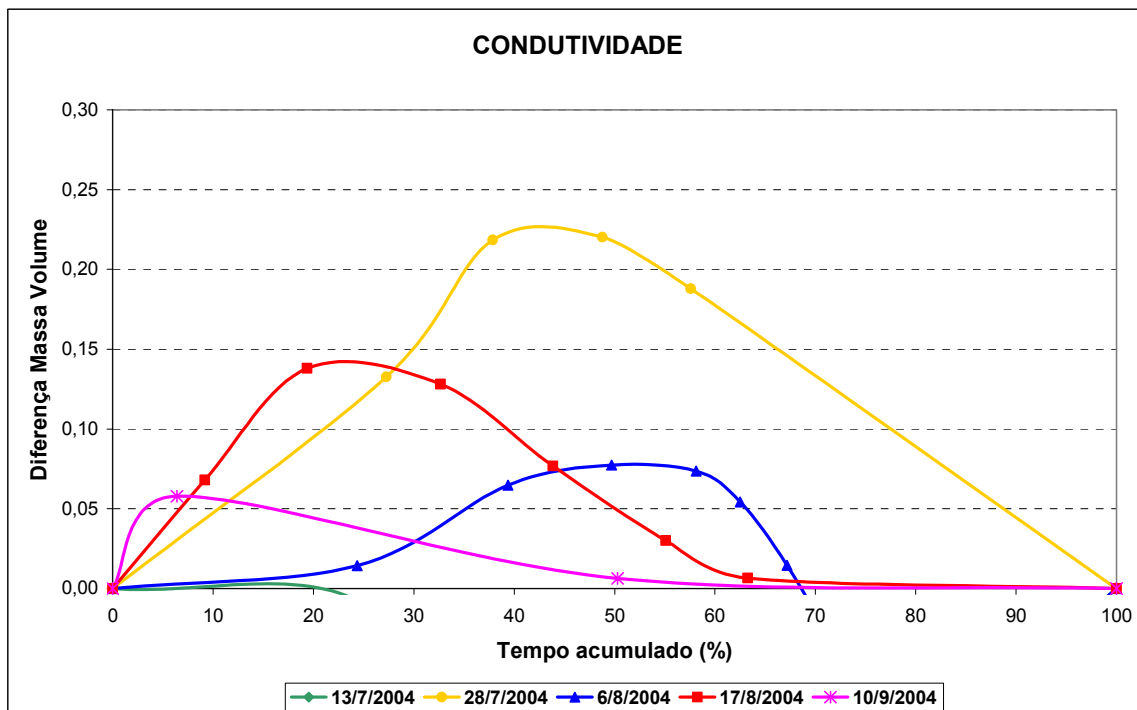


FIGURA 42 - Curvas Máxima Divergência – Condutividade – Eventos: 13/07/04 - 28/07/04 - 06/08/04 - 17/08/04 - 10/09/04

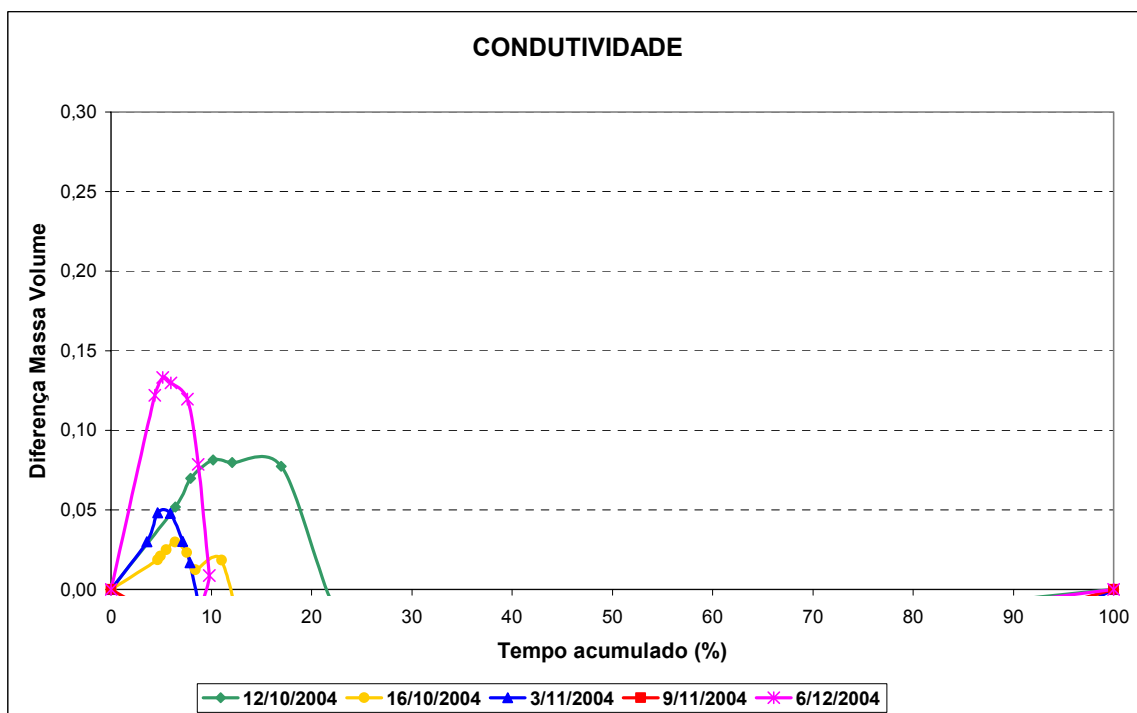


FIGURA 43 - Curvas Máxima Divergência – Condutividade – Eventos: 12/10/04 - 16/10/04 - 03/11/04 - 09/11/04 - 06/12/04

As figuras de 44 a 46 apresentam o resultado da diferença entre as curvas M(V) para o parâmetro pH nos eventos analisados.

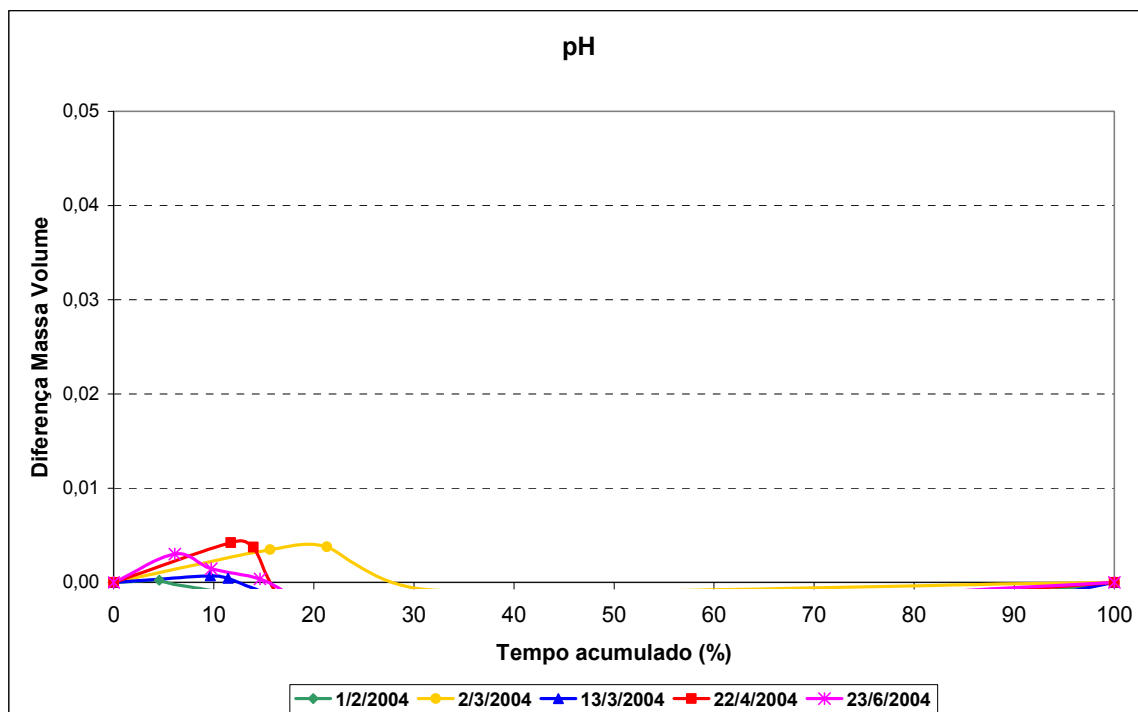


FIGURA 44 - Curvas Máxima Divergência – pH – Eventos: 01/02/04 - 02/03/04 - 13/03/04 - 22/04/04 - 23/06/04

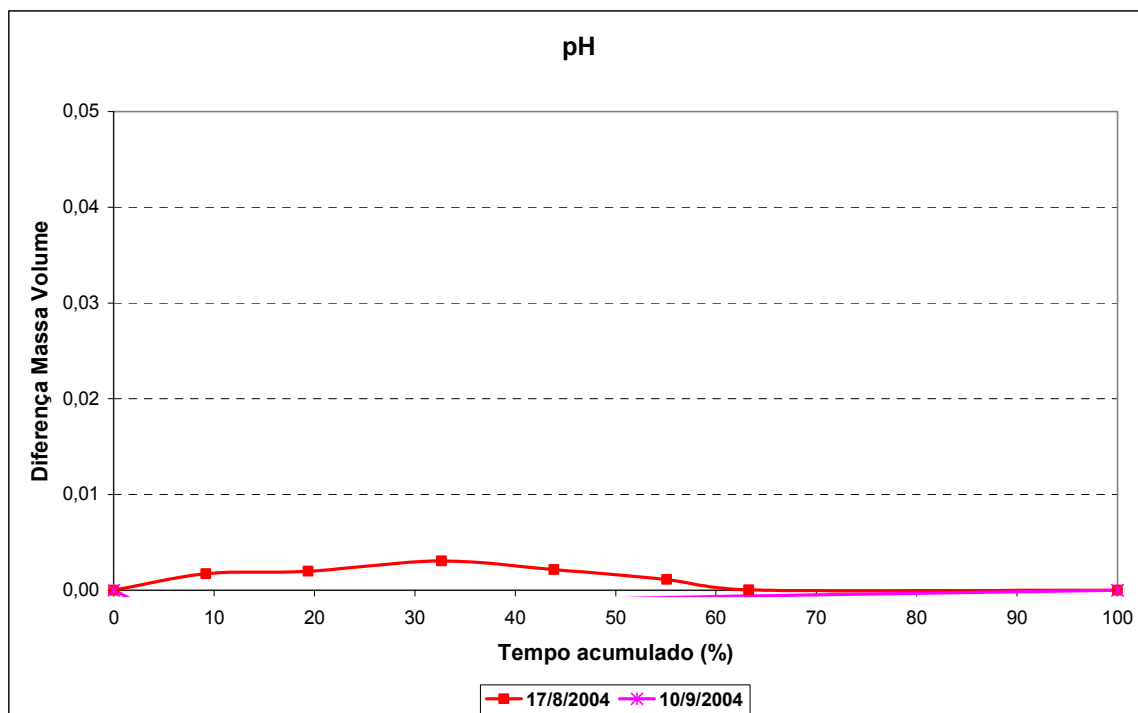


FIGURA 45 - Curvas Máxima Divergência – pH – Eventos: 13/07/04 - 28/07/04 - 06/08/04 - 17/08/04 - 10/09/04

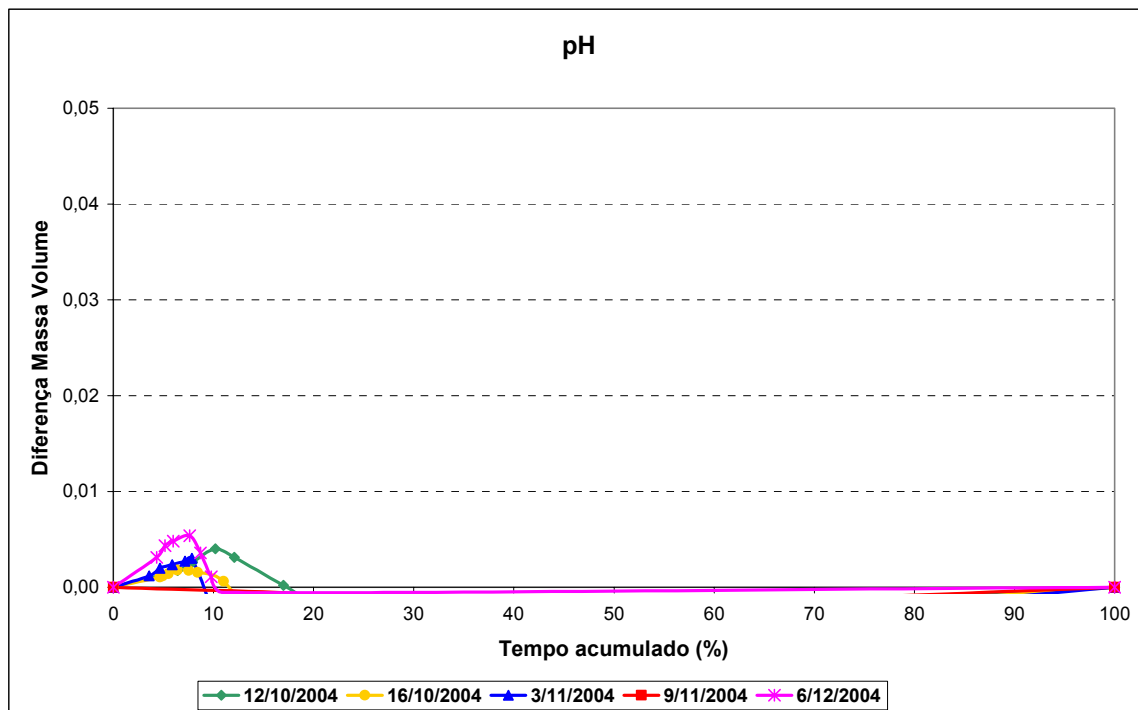


FIGURA 46 - Curvas Máxima Divergência – pH – Eventos: 12/10/04 - 16/10/04 - 03/11/04 - 09/11/04 - 06/12/04

As figuras de 47 a 49 apresentam o resultado da diferença entre as curvas $M(V)$ para o parâmetro turbidez nos eventos analisados.

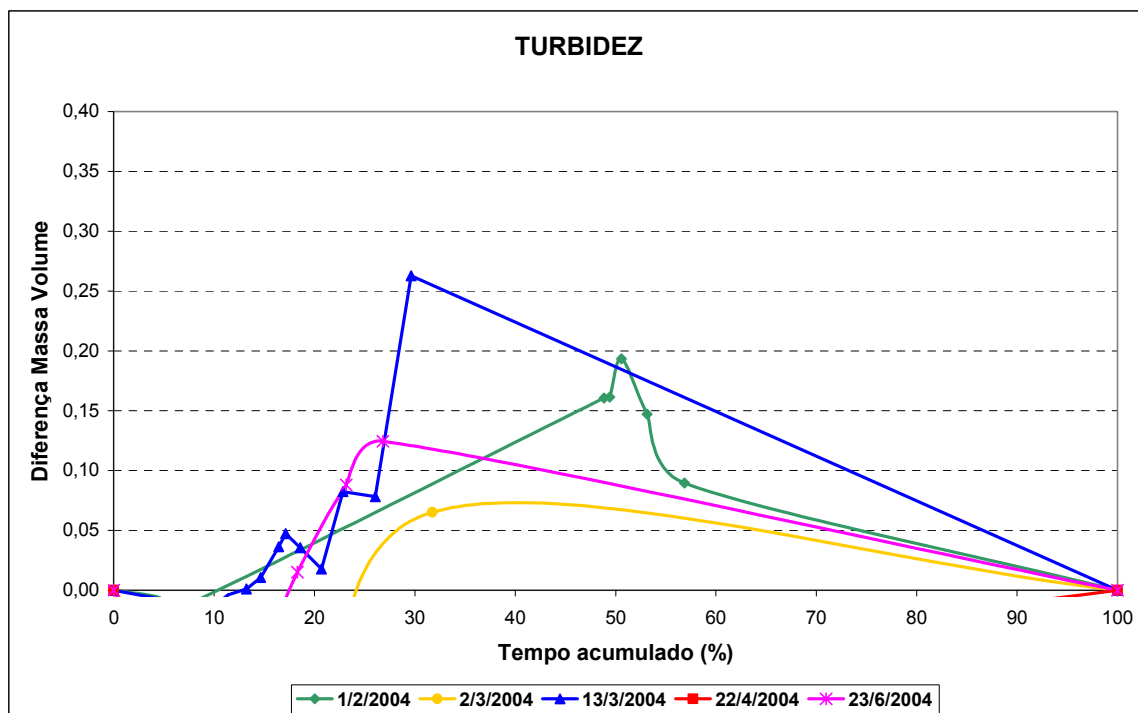


FIGURA 47 - Curvas Máxima Divergência – Turbidez – Eventos: 01/02/04 - 02/03/04 - 13/03/04 - 22/04/04 - 23/06/04

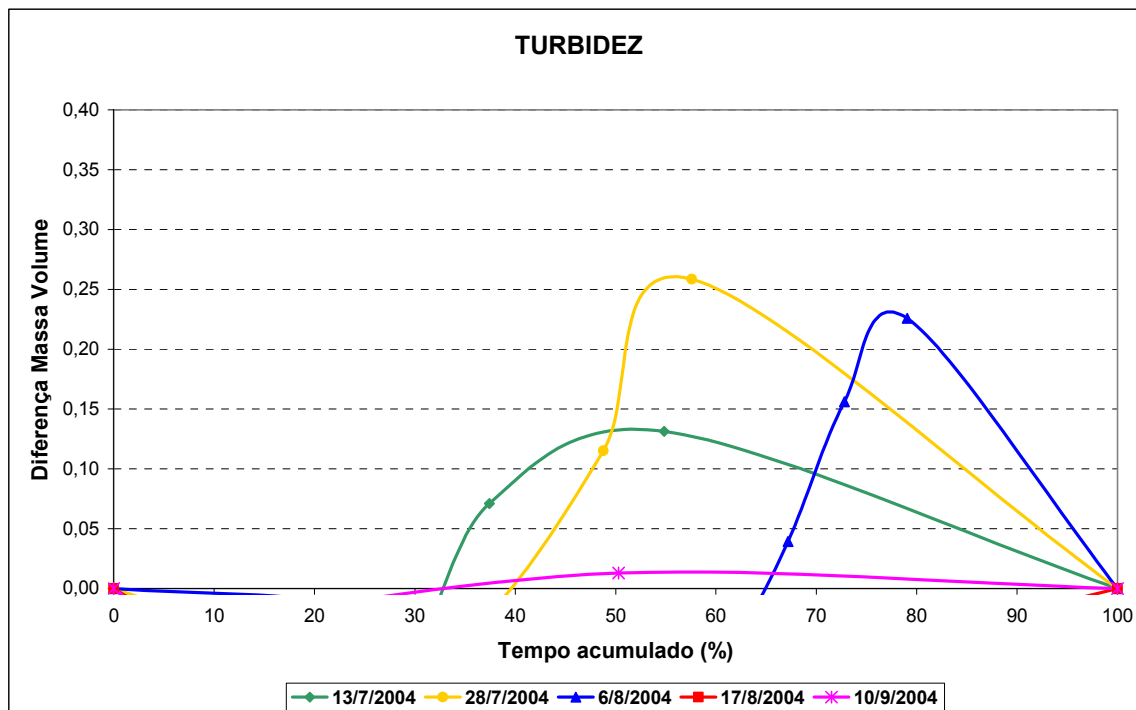


FIGURA 48 - Curvas Máxima Divergência – Turbidez – Eventos: 13/07/04 - 28/07/04 - 06/08/04 - 17/08/04 - 10/09/04

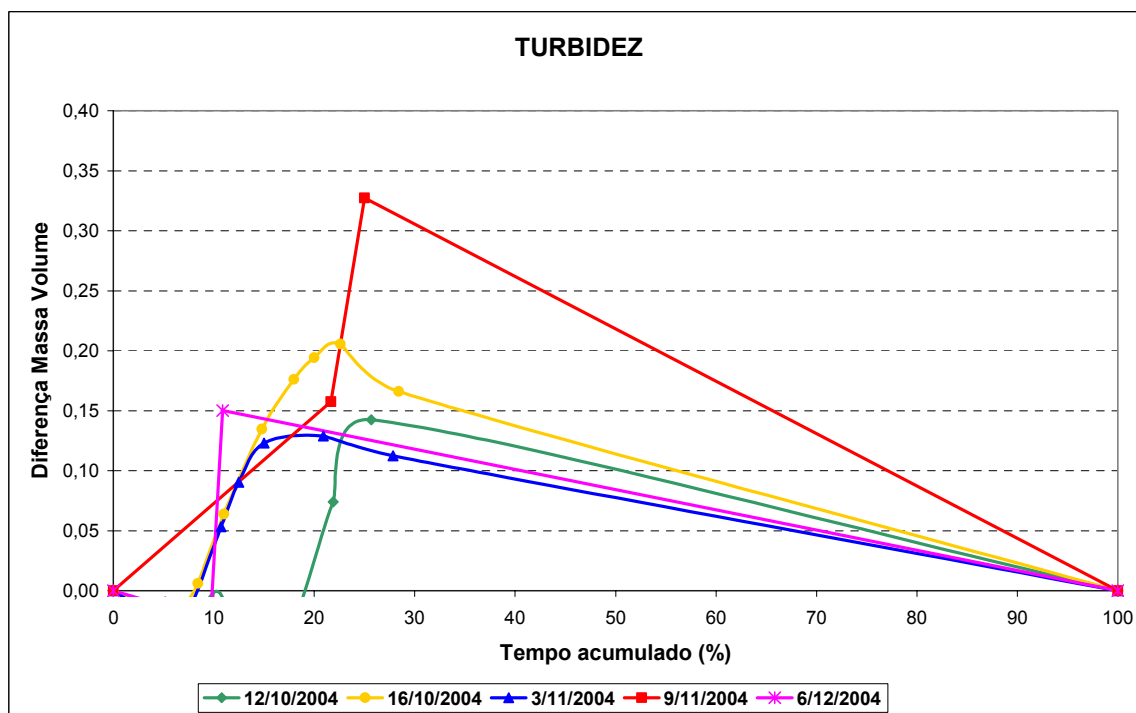


FIGURA 49 - Curvas Máxima Divergência – Turbidez – Eventos: 12/10/04 - 16/10/04 - 03/11/04 - 09/11/04 - 06/12/04

As figuras de 50 a 52 apresentam o resultado da diferença entre as curvas $M(V)$ para o parâmetro sólidos suspensos totais nos eventos analisados.

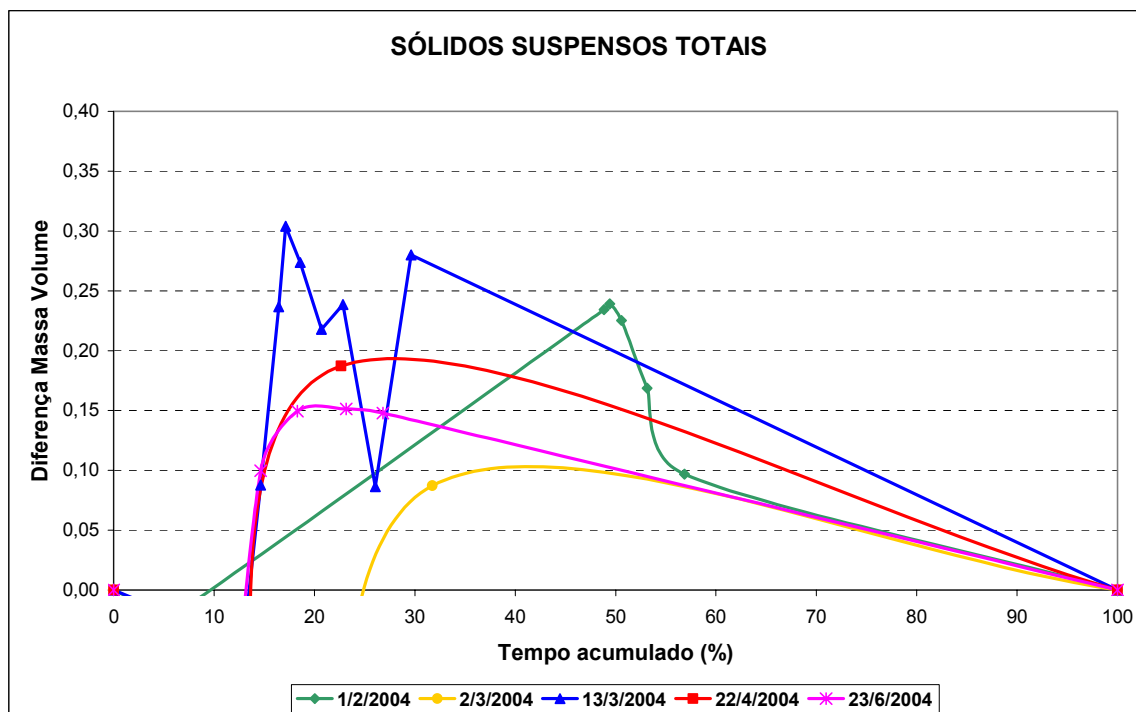


FIGURA 50 - Curvas Máxima Divergência – SSt – Eventos: 01/02/04 - 02/03/04 - 13/03/04 - 22/04/04 - 23/06/04

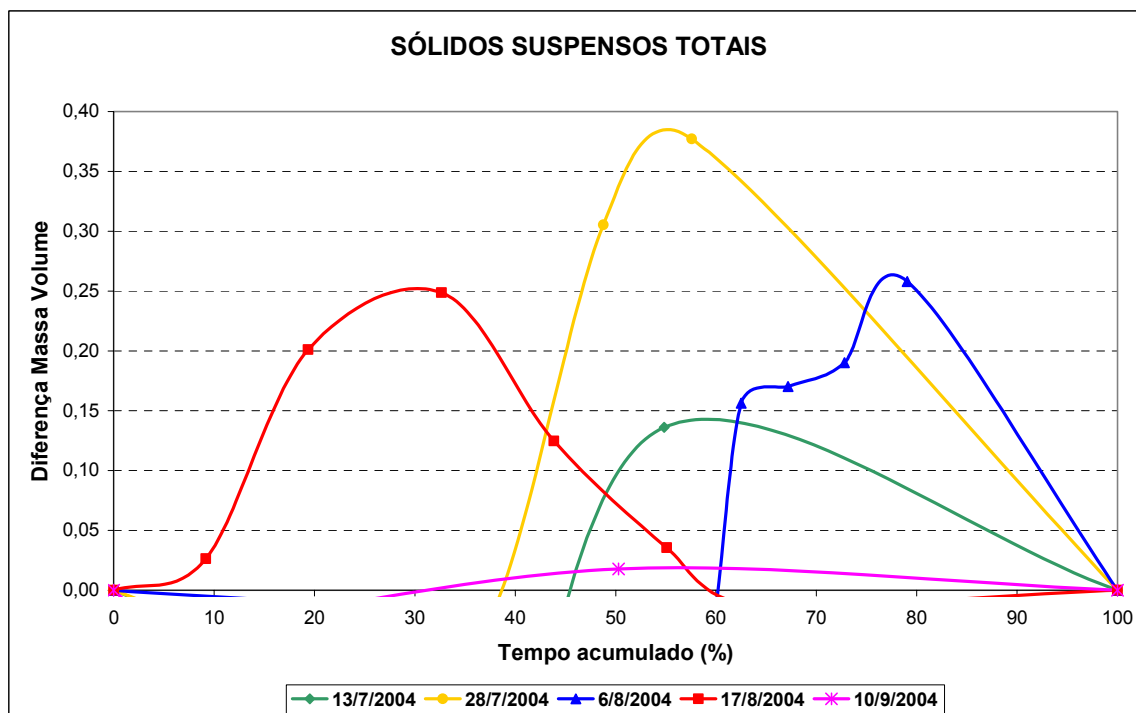


FIGURA 51 - Curvas Máxima Divergência – SSt – Eventos: 13/07/04 - 28/07/04 - 06/08/04 - 17/08/04 - 10/09/04

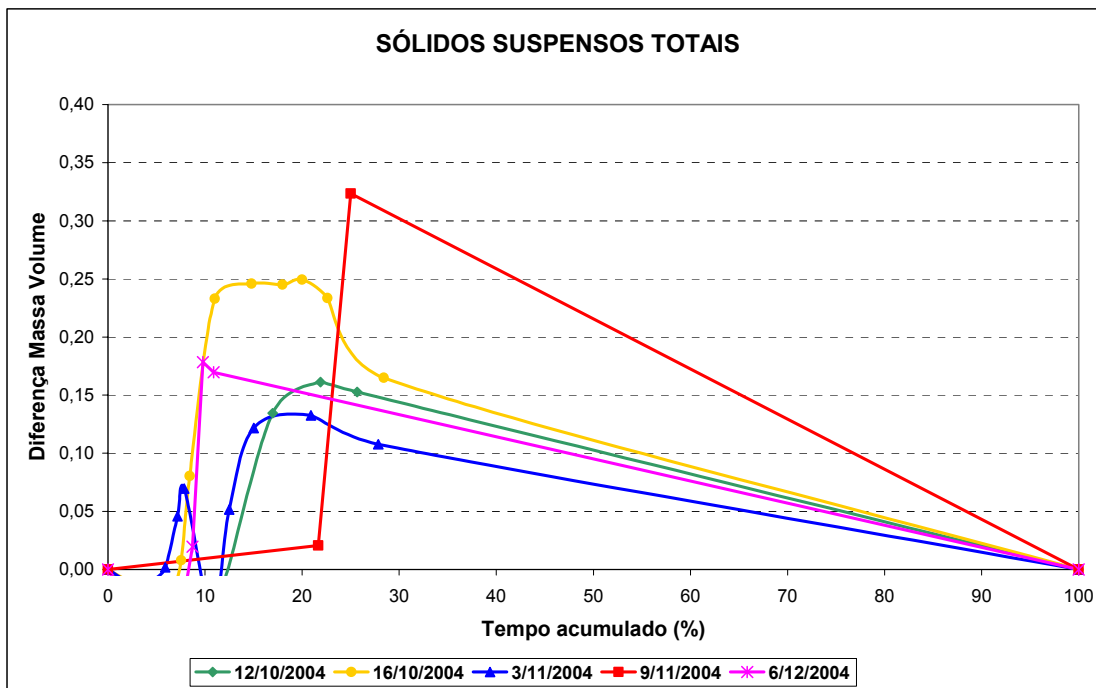


FIGURA 52 - Curvas Máxima Divergência – SSt – Eventos: 12/10/04 - 16/10/04 - 03/11/04 - 09/11/04 - 06/12/04

As figuras de 53 a 55 apresentam o resultado da diferença entre as curvas M(V) para o parâmetro sólidos suspensos voláteis nos eventos analisados.

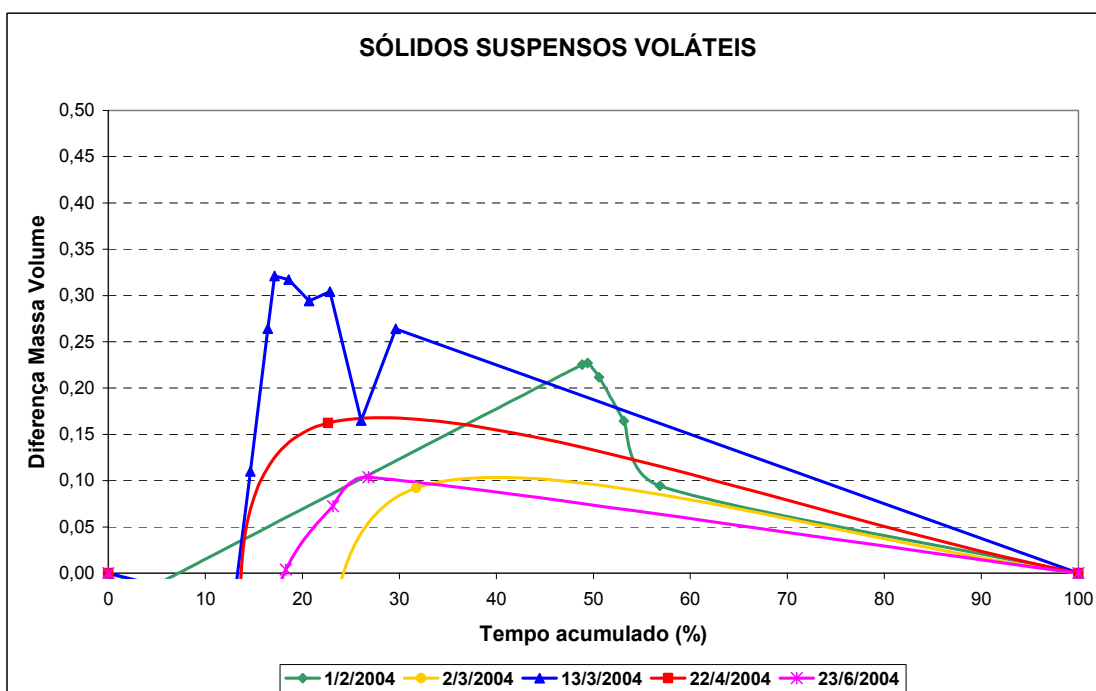


FIGURA 53 - Curvas Máxima Divergência – SSv - Eventos: 01/02/04 - 02/03/04 - 13/03/04 - 22/04/04- 23/06/04

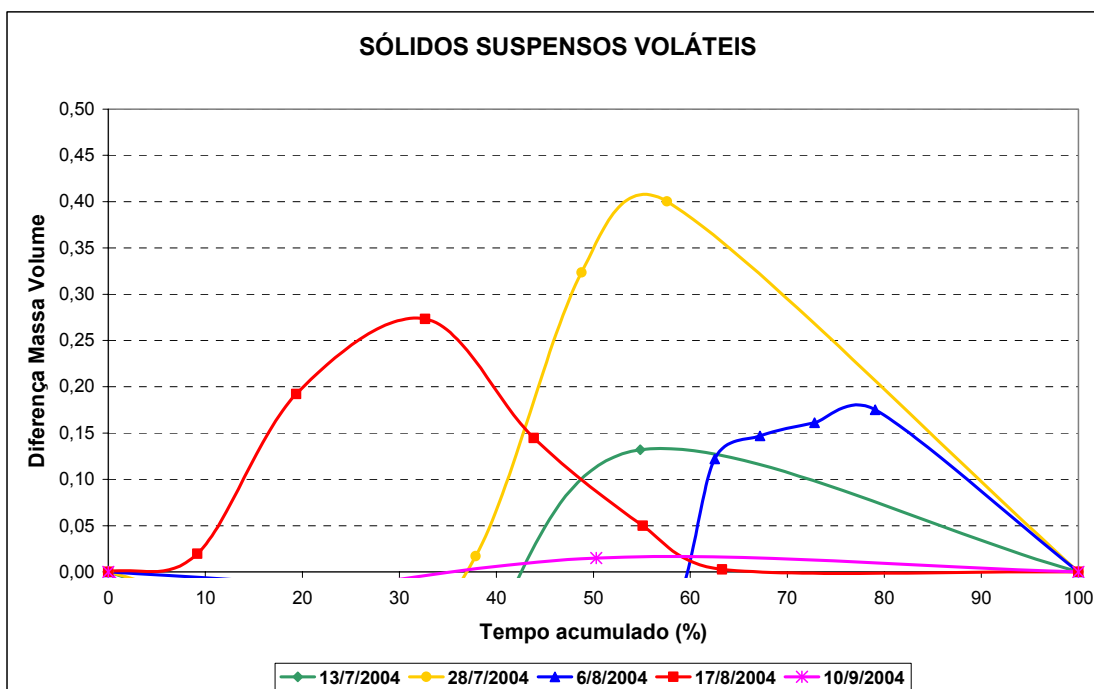


FIGURA 54 - Curvas Máxima Divergência – SSv – Eventos: 13/07/04 - 28/07/04 - 06/08/04 - 17/08/04 - 10/09/04

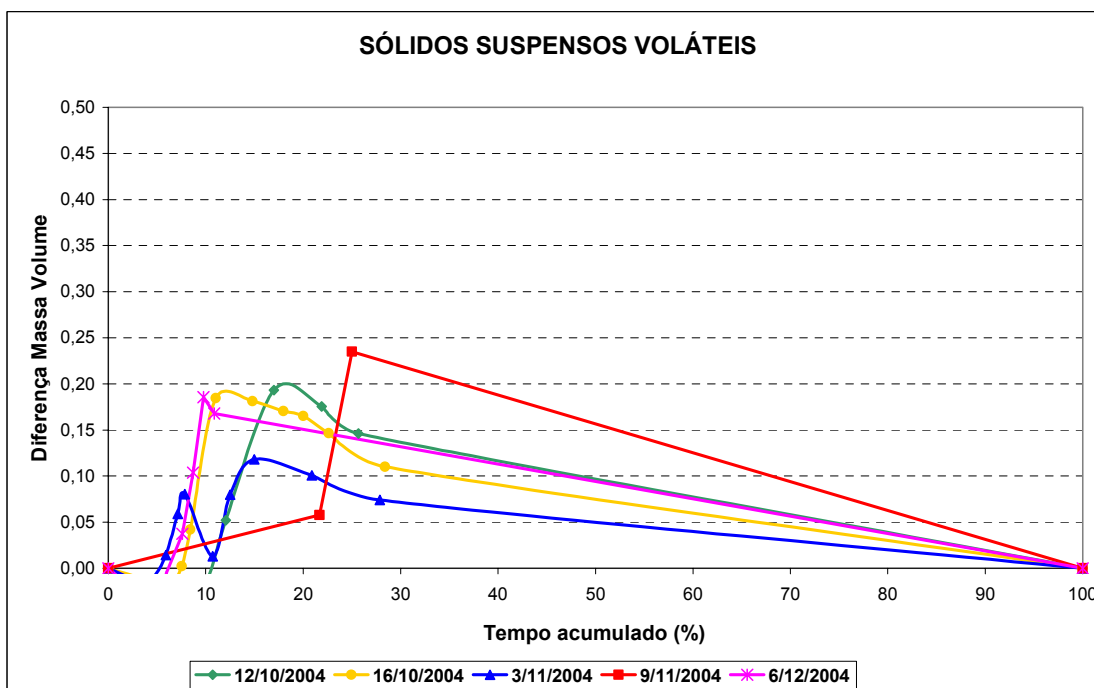


FIGURA 55 - Curvas Máxima Divergência – SSv – Eventos: 12/10/04 - 16/10/04 - 03/11/04 - 09/11/04 - 06/12/04

As figuras 29 a 55 mostraram a distribuição possível da ocorrência do fenômeno ao longo da duração do evento. Observou-se que os eventos com

semelhantes características sazonais apresentam distribuição análoga no tempo, justificado pelos padrões das precipitações durante as estações.

A tabela 15 apresenta os valores da carga de lavagem segundo a definição de Gupta & Saul (1996a) para os eventos analisados.

TABELA 15 - Resultado da carga de lavagem segundo Gupta e Saul (1996a) na Bacia Hidrográfica Cancela

Data do Evento	DBO ₅		CT		CF		COND		TURBIDEZ		SSt		SSv	
	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo
01/02/04	0,05	6,0	0,36	49,4	0,28	49,4	0	-	0,19	50,6	0,24	49,4	0,22	49,4
02/03/04	0,02	31,0	0,54	21,0	0,53	21,3	0	-	0,06	31,7	0,08	31,7	0,09	31,7
13/03/04	0,12	20,0	0,28	26,0	-	-	0	-	0,26	29,6	0,3	17,1	0,32	17,1
22/04/04	0,16	22,0	0,16	22,6	0,04	22,6	0	-	0	-	0,19	22,6	0,16	22,6
23/06/04	0,23	14,0	0,31	14,6	0,23	18,3	0	-	0,12	26,8	0,15	23,2	0,1	26,9
13/07/04	0,12	54,8	0,12	54,8	0,13	54,8	0	-	0,13	54,8	0,3	54,8	0,13	54,8
28/07/04	0,38	57,6	0,31	57,6	0,27	57,6	0,22	48,8	0,26	57,6	0,38	57,6	0,4	57,6
06/08/04	0,24	79,1	0,34	72,8	0,38	62,5	0,07	49,7	0,22	79,0	0,257	79,1	0,17	79,0
17/08/04	0,14	32,7	0,09	32,7	0,03	32,7	0,13	19,4	0	-	0,25	32,7	0,27	32,6
10/09/04	0,03	6,4	0,01	50,3	0	-	0,05	6,4	0,01	50,3	0,01	50,3	0,01	50,3
12/10/04	0,21	17,0	0,09	25,7	0,02	12,1	0,08	10,2	0,14	25,6	0,16	21,9	0,19	16,9
16/10/04	0,22	11,0	0,69	11,0	0,65	11,0	0,03	6,4	0,21	22,6	0,25	20,0	0,18	11,0
03/11/04	0,11	10,7	0,21	7,9	0,21	10,7	0,04	4,6	0,13	20,9	0,13	20,9	0,12	15,0
09/11/04	0,26	25,0	0,41	25,0	0,39	25,0	0	-	0,33	25,0	0,32	25,0	0,23	25,0
06/12/04	0,26	8,7	0	-	0	-	0,08	10,2	0,15	10,9	0,17	9,8	0,18	9,8

Δ diferença massa-volume

Através de análises nos valores contidos na tabela 15 constata-se que o efeito da carga de lavagem apresenta variações entre os eventos e parâmetros, ocorrendo para alguns e não para outros.

Os parâmetros DBO₅, coliformes totais e fecais, turbidez, sólidos suspensos fixos e voláteis mostraram-se mais suscetíveis ao fenômeno. A condutividade elétrica não apresentou valores significativos para o mesmo, ocorrendo apenas em um evento.

Já os parâmetros temperatura e pH não apresentaram efeito do fenômeno para nenhum dos eventos analisados.

A Bacia Hidrográfica Cancela mostrou-se suscetível à ocorrência da carga de lavagem em relação aos parâmetros analisados, exceto para temperatura e pH, os quais não apresentaram variações significativas no decorrer dos eventos.

Os efeitos da carga de lavagem na bacia produziram uma pequena tendência em aumentar com as características da precipitação.

A tabela 16 apresenta os valores da carga de lavagem segundo a definição de Gupta & Saul (1996a) obtidos por Paz (2004) para a bacia Alto da Colina, estes dados mostram que a bacia Alto da Colina apresenta-se pouco suscetível à ocorrência do fenômeno, indicando a variabilidade do mesmo para bacias com diferentes características.

TABELA 16 - Resultado da carga de lavagem segundo Gupta e Saul (1996a) na Bacia Hidrográfica Alto da Colina

	Data do Evento	DBO ₅		CT		CF		COND		SST		SSv	
		Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo	Δ	% tempo
AC-I	22/05/03	0,04	22,2	0,11	22,2	0,11	22,2	0,02	4,3	0,11	25,9	0,10	22,2
	16/06/03	0,10	8,3	0,08	0,3	0,08	3,4	0	-	0,12	4,6	0,10	1,6
	8/7/2003	0,04	1,5	0	-	0	-	0,01	0,3	0,09	14,5	0,09	15,5
	15/07/03	0,08	14,9	0,24	14,9	0,49	17,1	0,01	5,1	0,12	24,3	0,13	29,9
	11/12/03	0	-	-	-	-	-	0	-	0,46	3,4	0,36	3,4
AC-II	22/05/03	0,05	20,9	0,11	17,9	0,1	17,9	0	-	0	-	0	-
	16/06/03	0,07	13,3	0,01	1,2	0,06	18,3	0	-	0,09	11,1	0,03	7,3
	8/7/2003	0,07	26,9	0,09	21,1	0,08	23,9	0,01	9,0	0,08	19,8	0,07	21,1
	15/07/03	0,1	17,7	0,07	26,4	0,06	24,5	0,04	24,5	0,04	24,5	0,01	1,5

5.2. Resíduos Sólidos nas Áreas Estudadas

O monitoramento dos resíduos sólidos veiculados através do sistema de drenagem urbana foi realizado na estação fluviográfica e de qualidade de água nas bacias hidrográficas Cancela e Alto da Colina. O estudo foi desenvolvido nas duas bacias no intuito de obter-se um diagnóstico quanto aos fatores que influenciam na quantidade e no tipo de material lançado entre as mesmas. Os hidrogramas dos eventos analisados encontram-se nos anexos B e C, bacia hidrográfica Cancela e Alto da Colina, respectivamente.

A figura 56 mostra as redes coletoras após um evento de precipitação nas bacias Alto da Colina (A) e Cancela (B).



FIGURA 56 - Fotos das redes coletoras com resíduos sólidos nas Bacias Hidrográficas Alto da Colina (A) e Cancela (B)

5.2.1. Análise dos resíduos sólidos na Bacia Hidrográfica Cancela

A quantificação dos resíduos sólidos nesta bacia foi desenvolvida no período de 08/04/04 a 06/12/04, para isso tornou-se necessário a instalação de duas redes coletoras com, aproximadamente, 20 m de distância uma da outra. Durante o monitoramento, em alguns eventos, foram observados problemas quanto à retenção dos resíduos, pois parte do material passava na rede devido a forte vazão ocorrida, não possibilitando sua quantificação. Visando reduzir estes problemas foi instalada a segunda rede, uma vez que a elevação da rede poderia trazer prejuízos ambientais na região. Portanto, os valores observados, principalmente para eventos maiores, representam à quantidade mínima de resíduos sólidos lançados no corpo d'água.

Os valores da quantificação, peso e volume, dos resíduos sólidos para a bacia hidrográfica Cancela apresentam-se na tabela 16.

Observa-se (tabela 17) que 71,5% do material retido, em volume, foi matéria orgânica, composta de folhas, caules, raízes e madeira processada, este valor é justificado pela vegetação de grande porte existente nas margens do corpo d'água.

O material plástico representou 14,7% do volume retido, onde os principais constituintes foram sacolas de supermercado, devido sua elevada utilização pela população, e em menor quantidade as garrafas PET. Vale observar que devido o tipo de cobertura vegetal nas margens do corpo d'água, parte do material,

principalmente sacolas, permaneciam retidos ao longo de seu percurso, não alcançando as redes coletoras.

O volume de metais e vidros encontrado foi de 0,4 e 0,7%, respectivamente. Os metais, compostos por latas e chapas, não apareceram em elevadas quantidades devido à coleta seletiva realizada pelas cooperativas de catadores de lixo.

O material que apresentou quantidade significativa na bacia foi o isopor, com 4,9% do volume total, este componente aparece em abundância por ser utilizado em protetores de eletrodomésticos.

A classe outros, composta por panos, papéis, papelões, pneus, esponjas, brinquedos, etc., apresentou 7,8% do volume total quantificado.

Estas percentagens encontradas na composição dos resíduos sólidos para a bacia Cancela foram semelhantes aos citados na bibliografia para a região de Coburg em Victoria (MMBW et al., 1992, e Gamtron, 1992 (apud Allison et al., 1998)).

TABELA 17 - Resultado das coletas de resíduos sólidos na Bacia Hidrográfica Cancela

Data do Evento	Orgânico		Plástico		Metal		Isopor		Vidro		Outros		Total por Evento	
	Peso (kg)	Volume (L)	Peso (kg)	Volume (L)	Peso (kg)	Volume (L)	Peso (kg)	Volume (L)	Peso (kg)	Volume (L)	Peso (kg)	Volume (L)	Peso (kg)	Volume (L)
08/04/04	40,0	200,0	3,8	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	28,0	46,4	250,0
22/04/04	30,0	280,0	3,4	75,0	0,1	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	33,3	35,5	390,8
07/05/04	172,4	800,0	19,0	150,0	0,2	5,0	0,0	0,0	0,4	10,0	4,7	15,0	196,7	980,0
10/06/04	157,9	908,3	26,2	185,3	0,0	0,0	1,3	33,3	0,0	0,0	10,0	50,0	195,4	1177,0
23/06/04	74,0	316,7	18,0	75,0	0,3	7,0	0,4	10,0	0,0	0,0	6,6	50,0	99,3	458,7
13/07/04	341,5	1340,0	25,1	220,0	0,0	0,0	3,7	100,0	2,6	5,0	35,0	125,0	407,9	1790,0
28/07/04	54,5	340,0	3,4	60,0	0,0	0,0	0,6	20,0	0,0	10,0	1,0	10,0	59,5	440,0
06/08/04	16,8	100,0	7,6	100,0	0,2	5,0	0,2	5,0	0,3	10,0	1,3	20,0	26,4	240,0
10/09/04	34,6	150,0	4,8	50,0	0,0	0,0	0,3	5,0	0,0	0,0	0,8	10,0	40,5	215,0
20/09/04	620,2	1910,0	31,6	230,0	1,3	10,0	6,6	300,0	4,8	25,0	27,3	130,0	691,8	2605,0
12/10/04	400,0	1600,0	21,1	230,0	0,6	5,0	1,4	80,0	3,3	20,0	24,9	210,0	451,3	2145,0
16/10/04	260,0	1100,0	72,2	395,0	3,2	30,0	1,8	40,0	3,0	10,0	6,7	40,0	346,9	1615,0
07/12/04	86,4	340,0	20,1	140,0	0,2	5,0	1,8	50,0	2,0	10,0	65,9	300,0	176,4	845,0
Total	2288,3	9385,0	256,3	1932,3	6,1	69,5	18,1	643,3	16,4	100,0	188,8	1021,3	2774,0	13151,5
%	80,0	71,5	11,8	14,7	0,2	0,4	0,6	4,9	0,4	0,7	7,0	7,8		

A contribuição de resíduos sólidos em função de sua área e do número de habitantes da bacia hidrográfica Cancela apresentam-se nas tabelas 18 e 19, respectivamente.

TABELA 18 - Contribuição de resíduos sólidos, peso e volume, em função da área na Bacia Hidrográfica Cancela.

<i>Matéria Orgânica</i>		<i>Matéria Inorgânica</i>		<i>Total</i>	
Peso (kg/ha/ano)	Volume (m ³ /ha/ano)	Peso (kg/ha/ano)	Volume (m ³ /ha/ano)	Peso (kg/ha/ano)	Volume (m ³ /ha/ano)
6,94	0,03	1,47	0,01	8,41	0,04

TABELA 19 - Contribuição de resíduos sólidos, peso, em função do número de habitantes na Bacia Hidrográfica Cancela.

<i>Matéria Orgânica</i>	<i>Matéria Inorgânica</i>	<i>Total</i>
Peso (kg/hab/ano)	Peso (kg/hab/ano)	Peso (kg/hab/ano)
0,19	0,04	0,23

Os valores obtidos mostram que a matéria orgânica foi o material mais abundante na bacia, justificado pela cobertura vegetal existente nas margens do corpo d'água, representando 82,5% da carga total transportada durante o período observado. Estes resultados apresentaram-se dentro das variações encontradas por Allison et al., 1998, e Armitage e Rooseboom, 2000, na quantificação dos resíduos sólidos transportados pelo escoamento superficial.

A tabela 20 apresenta o volume total de resíduos sólidos quantificado para cada evento, juntamente com as características da precipitação.

Cabe observar que para os primeiros eventos monitorados, 08/04/04, 22/04/04 e 07/05/04, somente a primeira rede coletora estava instalada, após foi necessário à locação da segunda rede, pois se observou que parte do material escapava, principalmente, pelas laterais da mesma, desta forma a segunda retinha o que a primeira deixava escapar.

A figura 57 mostra a correlação existente entre o volume de resíduos sólidos transportados pelo escoamento superficial e o volume total escoado durante o evento.

TABELA 20 - Volume de resíduos sólidos quantificado e as características da precipitação para cada evento monitorado na Bacia Hidrográfica Cancela

<i>Data do Evento</i>	<i>Vol. Resíduo (m³)</i>	<i>Vol. Esc. Superficial (m³)</i>	<i>I_{média} (mm/h)</i>	<i>I_{máxima} (mm/min)</i>	<i>Prec. Total (mm)</i>	<i>PTSA (dias)</i>
08/04/04	0,25	3152,92	10,88	0,42	7,17	25
22/04/04	0,39	17242,20	9,55	0,85	21,50	1
07/05/04	0,98	73433,57	4,61	0,58	50,41	7
10/06/04	1,18	104679,98	22,84	0,41	44,81	16
23/06/04	0,46	20220,04	3,62	0,14	21,09	13
13/07/04	1,79	2691,60	4,62	0,41	4,62	10
28/07/04	0,44	14984,84	1,84	0,07	37,67	15
06/08/04	0,24	50246,00	2,85	0,09	32,14	8
10/09/04	0,22	17640,57	2,72	0,17	14,15	19
20/09/04	2,61	150956,63	3,72	0,72	47,24	10
12/10/04	2,15	18040,48	8,44	1,16	20,65	20
16/10/04	1,62	87722,27	7,19	1,26	51,57	4
07/12/04	0,85	33736,16	6,83	1,81	35,27	27

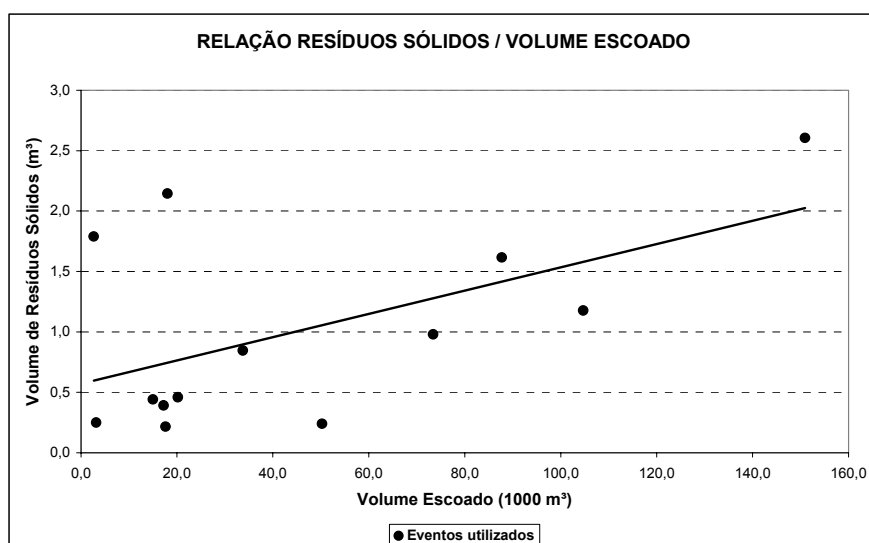


FIGURA 57 - Correlação entre volume de resíduos sólidos transportados e o volume escoado para cada evento.

O transporte de resíduos sólidos apresentou tendência crescente com o aumento do volume do escoamento superficial, apenas dois eventos não apresentaram comportamento semelhante aos outros. Para uma melhor análise seriam necessários mais eventos com características semelhantes, possibilitando uma correlação múltipla entre os parâmetros, pois o transporte de resíduos está

relacionado a mais de um parâmetro, como intensidade máxima de precipitação, volume escoado e pela disponibilidade de resíduos sobre a superfície da bacia.

A figura 58 mostra a correlação entre volume de resíduos sólidos transportados pelo escoamento superficial e a precipitação total para cada evento analisado.

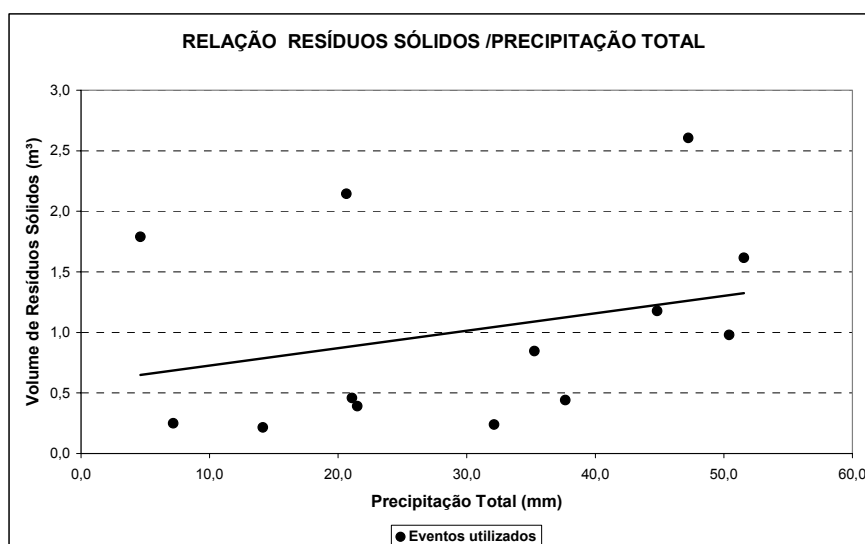


FIGURA 58 - Correlação entre volume de resíduos sólidos transportados e precipitação total para cada evento.

A correlação volume de resíduos sólidos versus precipitação total apresentou uma pequena tendência crescente, exceto para alguns eventos. Como explicado anteriormente a quantidade de resíduos transportados durante o escoamento superficial está relacionado com outros parâmetros simultaneamente.

O volume de resíduo sólido transportado durante os eventos não apresentaram correlação com o período de tempo seco antecedente ao evento.

5.2.2. Análise dos resíduos sólidos na Bacia Hidrográfica Alto da Colina

A quantificação do material nesta bacia foi realizada no período de 18/06/04 a 07/12/04. Na bacia não houve necessidade de instalação de duas redes coletoras.

Os resultados da quantificação, peso e volume, dos resíduos sólidos para a bacia hidrográfica Alto da Colina apresentam-se na tabela 21.

TABELA 21 - Resultado das coletas de resíduos sólidos na Bacia Hidrográfica Alto da Colina

Data do Evento	Orgânico		Plástico		Metal		Isopor		Vidro		Outros		Total por Evento	
	Peso (kg)	Volume (L)	Peso (kg)	Volume (L)	Peso (kg)	Volume (L)	Peso (kg)	Volume (L)	Peso (kg)	Volume (L)	Peso (kg)	Volume (L)	Peso (kg)	Volume (L)
18/06/04	31,0	300,0	4,8	100,0	0,0	0,0	0,8	20,0	0,0	0,0	1,0	10,0	37,6	430,0
29/07/04	3,0	10,0	3,4	50,0	0,2	5,0	0,1	5,0	0,1	5,0	0,1	10,0	6,9	85,0
06/08/04	16,8	80,0	3,2	33,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	5,0	20,5	118,3
19/09/04	26,8	180,0	10,8	120,0	0,4	5,0	0,2	5,0	0,0	0,0	2,0	10,0	40,2	320,0
14/10/04	4,3	50,0	3,4	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	6,0	0,0	0,0	8,0	106,0
21/10/04	27,6	100,0	8,2	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	5,0	35,9	185,0
08/11/04	16,4	250,0	2,3	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	20,0	19,7	330,0
18/11/04	75,6	700,0	23,4	220,0	2,5	20,0	0,1	0,0	2,5	10,0	5,6	70,0	109,7	1020,0
07/12/04	15,0	70,0	4,5	90,0	0,2	5,0	0,0	0,0	0,4	0,5	3,0	8,0	23,1	173,5
Total	216,5	1740,0	64,0	803,3	3,4	35,0	1,3	30,0	3,3	21,5	13,1	138,0	301,6	2767,8
%	69,1	62,9	24,7	29,0	0,8	1,3	0,5	1,1	1,0	0,8	3,8	5,0		

Observa-se que o material orgânico apresentou 62,9% do volume total de resíduo quantificado (tabela 21), onde sua composição predominante foi folhas e caules de médio porte. A bacia apresenta as margens do corpo d'água coberta por vegetação de grande porte.

O material plástico apresentou 29% do volume total, evidenciando o lançamento direto do resíduo doméstico no córrego, pois os principais constituintes foram sacolas de supermercado e garrafas PET.

As classes metais e vidros apresentaram menores volumes, 1,3 e 0,8%, respectivamente, justificados pela coleta seletiva realizada pelas cooperativas de catadores de lixo na região.

O isopor compôs 1,1% do material quantificado, não apresentando um resultado significativo para esta bacia. A classe outros constituiu 5% do material, onde seu componente principal foi o papel.

Um estudo realizado na bacia hidrográfica Alto da Colina por Brites et al., 2003, no período de 05/08/03 a 19/10/03, encontrou percentagens inversas para a quantificação dos resíduos sólidos no sistema de drenagem, os resultados foram 20% matéria orgânica e 80% matéria inorgânica, onde o material mais abundante foi o plástico, representado, em média, 60% em volume, seguido de metais e outros. Esta redução de matéria inorgânica, que representa os resíduos domésticos, deve-se a dois fatores: (1) conscientização da população local que ao ver os procedimentos de coleta e através de conversas informais com a equipe de campo, sentiu-se constrangida por ser responsável direta pelo problema reduzindo este lançamento; (2) organização das associações de coleta seletiva de lixo.

A tabela 22 mostra a contribuição de resíduos sólidos em função da área e a tabela 23 em função do número de habitantes na bacia hidrográfica Alto da Colina.

TABELA 22 - Contribuição de resíduos sólidos em função da área na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

<i>Matéria Orgânica</i>		<i>Matéria Inorgânica</i>		<i>Total</i>	
Peso (kg/ha/ano)	Volume (m ³ /ha/ano)	Peso (kg/ha/ano)	Volume (m ³ /ha/ano)	Peso (kg/ha/ano)	Volume (m ³ /ha/ano)
2,31	0,02	0,91	0,01	3,22	0,03

TABELA 23 - Contribuição de resíduos sólidos em função do número de habitantes na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

<i>Matéria Orgânica</i>	<i>Matéria Inorgânica</i>	<i>Total</i>
Peso (kg/hab/ano)	Peso (kg/hab/ano)	Peso (kg/hab/ano)
0,22	0,09	0,31

Os valores de resíduo sólido na bacia Alto da Colina (tabela 21) mostram-se semelhantes aos encontrados na bibliografia (Allison et al., 1998, e Armitage e Rooseboom, 2000).

Observou-se que quanto à distribuição em função da área (tabela 22) a bacia apresentou resultados menores que a bacia Cancela, porém, quanto à distribuição em função do número de habitantes (tabela 23) o resultado foi contrário. Isto ocorreu devido à quantidade de resíduos retidos em cada bacia não ter sido proporcional ao número de habitantes, já que a população do Cancela supera a nove vezes a do Alto da Colina.

Outra justificativa foi a maior facilidade de retenção do material no Alto da Colina, portanto, quantificação mais precisa; e pela própria cobertura vegetal das margens, onde os resíduos permanecem retidos impedindo que os mesmos atinjam o local de coleta, esta apresenta pouca vegetação em suas margens ao contrário do Cancela.

A tabela 24 apresenta o volume total de resíduos sólidos quantificado para cada evento, juntamente com as características da precipitação.

TABELA 24 - Volume de resíduo sólido retido com as características da precipitação para os eventos monitorados na Bacia Hidrográfica Alto da Colina

<i>Data do Evento</i>	<i>Vol. Resíduo (m³)</i>	<i>Vol. Esc. Superficial (m³)</i>	<i>I_{média} (mm/h)</i>	<i>I_{máxima} (mm/min)</i>	<i>Prec. Total (mm)</i>	<i>PTSA (dias)</i>
10/06/04	0,43	11575,85	23,33	2,58	42,82	16
29/07/04	0,09	4418,96	1,70	1,62	36,91	15
06/08/04	0,12	79,29	1,46	0,09	9,10	8
20/09/04	0,32	26470,38	6,90	1,55	61,81	10
12/10/04	0,11	5433,03	6,81	2,13	26,68	20
16/10/04	0,19	50521,78	20,66	1,25	58,66	4
03/11/04	0,33	11480,11	7,41	2,11	37,05	11
09/11/04	1,02	80276,15	4,16	0,87	76,07	4
07/12/04	0,17	3800,62	6,85	1,62	33,73	27

A seguir a figura 59 apresenta a correlação realizada entre o volume de resíduos sólidos transportados pelo escoamento superficial e o volume total escoado durante o evento, onde se observou tendência crescente entre os parâmetros.

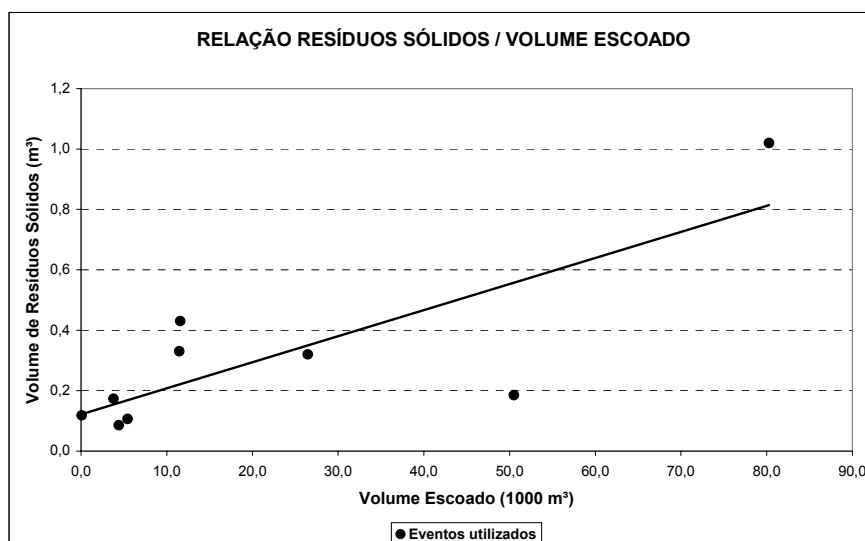


FIGURA 59 - Correlação entre volume de resíduos sólidos transportados e o volume escoado os eventos da bacia Alto da Colina.

A figura 60 mostra a correlação entre o volume de resíduos sólidos transportados e a precipitação total para os eventos quantificados, onde foi observada uma relação crescente entre os dois parâmetros.

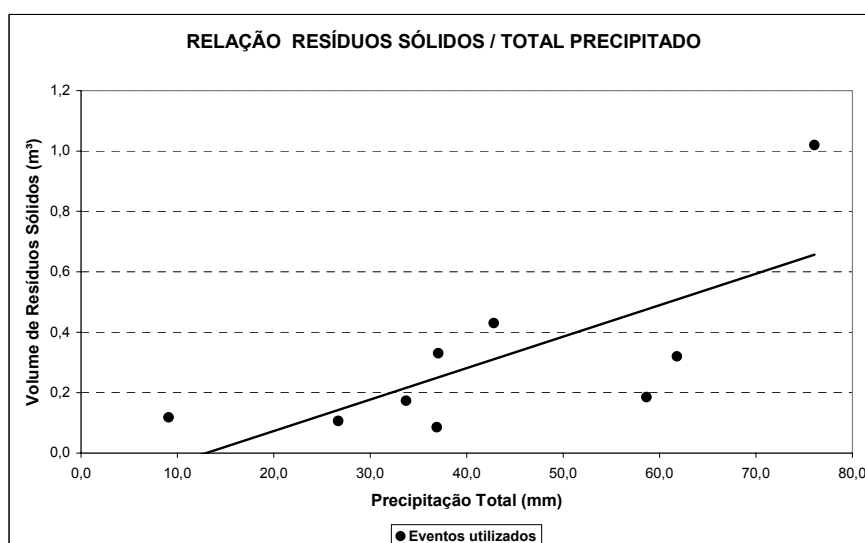


FIGURA 60 - Correlação entre volume de resíduos sólidos transportados e a precipitação total nos eventos da bacia Alto da Colina.

5.2.3. Composição dos resíduos sólidos quantificados

As bacias hidrográficas mostraram semelhanças quanto à composição geral do material analisado, porém, algumas diferenças foram observadas, estando estas relacionadas ao tipo de uso e ocupação do solo.

As figuras 61 e 62 ilustram a composição dos resíduos sólidos coletados nas bacias Cancela e Alto da Colina, respectivamente. Para uma melhor visualização dos valores a matéria orgânica foi desconsiderada do montante, possibilitando a análise apenas do resíduo inorgânico.

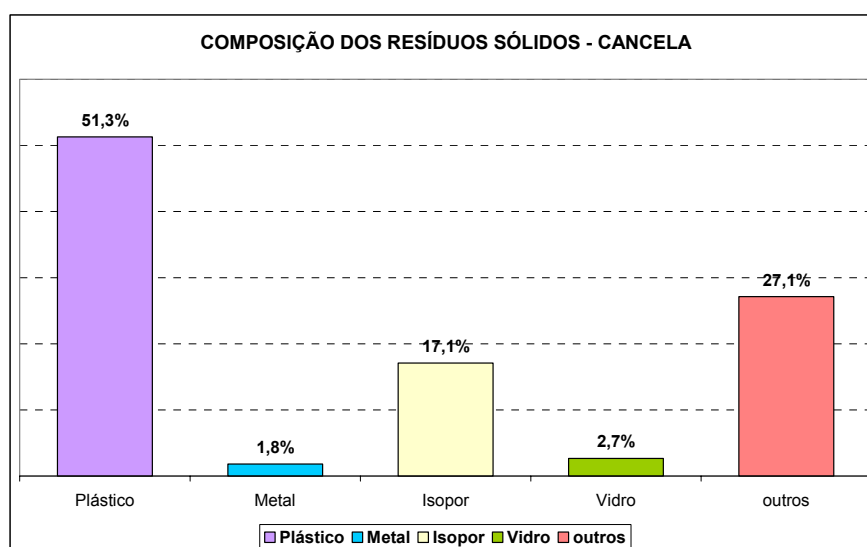


FIGURA 61 - Composição dos resíduos sólidos inorgânicos na Bacia Hidrográfica Cancela no período de 08/04/04 a 07/12/04

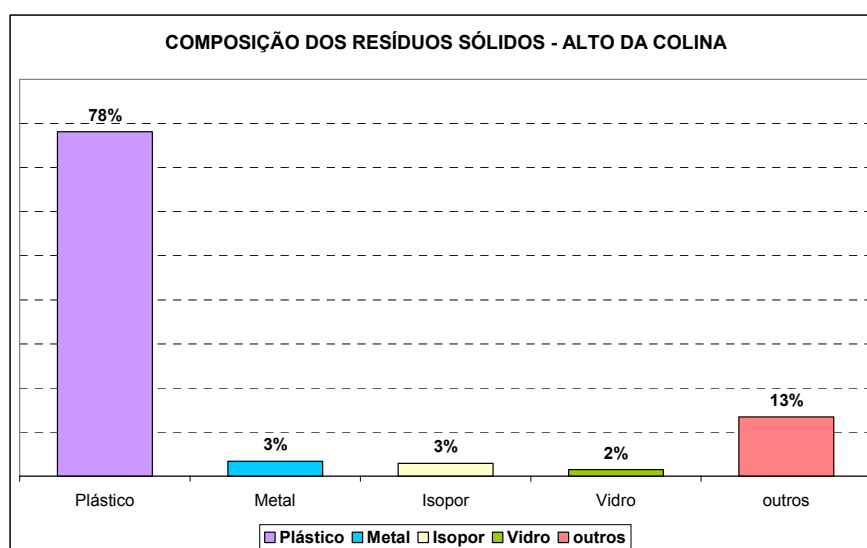


FIGURA 62 - Composição dos resíduos sólidos inorgânicos na Bacia Hidrográfica Alto da Colina no período de 18/06/04 a 07/12/04

Observa-se que ambas as bacias apresentaram maiores quantidades de material plástico, composto, principalmente, de garrafas PET e sacolas. A bacia Alto da Colina apresentou 78% de plástico, em sua composição, contra os 51,3% da bacia Cancela, justificado pela quantidade de material que permanece retido na vegetação desta.

As percentagens de vidros e metais foram semelhantes para as duas áreas.

A quantidade de isopor encontrada na bacia Cancela, 17,1%, foi mais significativa que no Alto da Colina, 3%, devido a maior contribuição de áreas comerciais, onde o material é muito utilizado para proteção de eletrodomésticos.

A classe outros foi mais representativa no Cancela, com 27,1%, que no Alto da Colina, com 13%. Estes valores também estão associados com o tipo de uso e ocupação do solo, no caso o Cancela apresenta maior área, densidade populacional e, conseqüentemente, maior diversidade de materiais utilizados quando comparado ao Alto da Colina.

Neste trabalho, embora a quantificação dos resíduos sólidos tenha sido realizada em peso e em volume, na análise foi dado maior ênfase para a quantificação em volume. Este fato se justifica por esta grandeza, na drenagem urbana, tornar-se mais significativa que o peso, devido aos problemas de obstrução do sistema de drenagem causados pelos resíduos sólidos.

5.2.4. Relação qualidade da água versus resíduos sólidos

Com o intuito de constatar a relação entre a qualidade da água com a presença dos resíduos sólidos foi verificada a correlação entre a carga poluente de DBO_5 transportada e o volume de resíduos sólidos. Esta correlação foi aplicada na bacia Cancela, pois se procurou analisar os eventos em que foram possíveis de monitoramento simultâneo. A figura 63 mostra o resultado desta correlação.

Como pode ser visualizado (figura 63) houve tendência crescente entre a carga de DBO_5 e o volume de resíduos transportados em um mesmo evento, com um R^2 de, aproximadamente, 0,71. Esta correlação não se mostrou maior devido à qualidade da água na bacia Cancela sofrer maior influência do lançamento de esgoto doméstico, tornando difícil separar as cargas poluentes dos dois tipos de lançamento, ou seja, resíduo e esgoto.

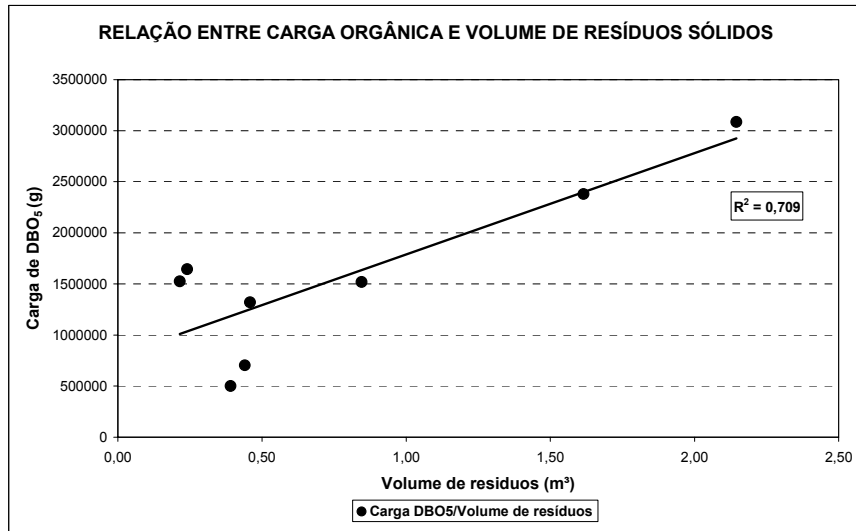


FIGURA 63 – Correlação entre a carga de DBO₅ e o volume de resíduos transportados durante um mesmo evento