

5 QUALIDADE DA ÁGUA DA REPRESA BILLINGS E DO BRAÇO DO RIO GRANDE

5.1 Condição da qualidade da água com base nos estudos existentes

5.1.1 Pesquisa da CETESB

(1) Pesquisa da CETESB entre 1997-1998

A CETESB tem realizado estudos quanto à qualidade da água e sobre o lodo sedimentado no lago desde 1970, através do monitoramento da qualidade da água do reservatório Billings.

Condições da Poluição da Água da Represa Billings

Devido à sua importância pelas múltiplas formas de utilização, a qualidade da água da Represa Billings vem sendo monitorada desde 1970, tendo como centro a CETESB, através de pesquisas laboratoriais realizadas paralelamente com o monitoramento da qualidade da água. Dessa forma existem informações abundantes não só sobre a qualidade da água da represa, como também dados relativos aos sedimentos no fundo da represa.

A partir de 1992, passou a ser proibida a reversão das águas do canal do Rio Pinheiros, através da Estação Elevatória de Pedreira, para a Represa Billings, exceto quando houvesse previsão de enchentes da região metropolitana de São Paulo. A partir daí, o Projeto Billings desenvolveu, pôr meio da CETESB, com monitoramento entre abril de 1997 e março de 1998, um abrangente estudo sobre a qualidade das águas, sedimentos e peixes em diversos locais das bacias do Alto e Médio Tietê. Estes estudos são apresentados, de forma resumida, no Tomo 2 do Projeto Billings. Dentre os principais resultados depreendidos deste estudo tem-se:

- a região próxima a elevatória de Pedreira apresenta uma qualidade bastante degradada;
- de forma geral, os ambientes encontram-se eutrofizados ou hipereutrofizados;
- existe uma geral contaminação pôr metais pesados, até mesmo no braço do rio Pequeno localizado no extremo leste do reservatório e no canal de fuga da UHE Henry Borden. Verifica-se, de forma geral, um potencial de remobilização de contaminantes provenientes do sedimento;
- os braços Bororé e Taquacetuba apresentam valores mais elevados de coliformes fecais, indicando uma particular contribuição pôr esgotos domésticos a esses ambientes. Da mesma forma, nas bacias dos braços do Cocaia e no início do reservatório Rio Grande existem contribuições representativas de matéria orgânica biodegradável, nutrientes e coliformes fecais;
- no braço Taquacetuba existe a freqüente ocorrência de algas potencialmente tóxicas, que produzem gosto e odor indesejáveis na água e que, normalmente, não são eliminados pelo sistema convencional, tendo-se que utilizar carvão ativado;

- observaram-se nos sedimentos do braço Taquacetuba concentrações significativas de cádmio, níquel e zinco, possivelmente devido à presença de fontes internas ou locais ou a ocorrência de processos hidrodinâmicos de transporte destes contaminantes para o interior do braço;
- no braço do Taquacetuba, os resultados dos testes de toxicidade aguda e crônica indicaram um nível de mutagenicidade relativamente baixo e consideraram, com reservas, o seu uso para abastecimento;
- o compartimento do rio Grande apresenta uma comunidade planctônica dependente da aplicação de sulfato de cobre pela SABESP;
- o rio Pinheiros e o rio Tietê, entre Suzano e o reservatório de Pirapora, apresentam qualidade d'água considerada péssima.

(2) Resultado do monitoramento da CETESB da qualidade da água

1) Ponto de monitoramento da qualidade da água

A CETESB e a SABESP têm pesquisado regularmente a qualidade da água da Billings e do braço do Rio Grande. Os pontos de monitoramento para esta pesquisa são apresentados na **Figura 5.1.1**.

Na **Figura 5.1.2** e **Tabela 5.1.1** é apresentada a qualidade média da água de um período de 10 anos, entre 1994 e 2003, e do ano de 2004, de acordo com o estudo da CETESB.

A pior fonte poluidora da Represa Billings atualmente é ocasionada pelo material poluente desprendido do lodo acumulado no fundo da represa durante longos anos, como resultado do despejo de efluentes. De acordo com a situação das camadas aeróbicas e anaeróbicas há diferenças, mas o cálculo é que haja no fundo cargas poluentes em uma quantidade várias vezes maior que a contribuição externa de poluentes.

Uma das importantes fontes externas de poluição é a água suja revertida do Rio Pinheiros pela Estação de Bombeamento da barragem da Pedreira por ocasião de chuvas. Como citado anteriormente, o bombeamento da água dessa barragem desde 1992 está limitado às ocasiões de perigo de inundação na área urbana de São Paulo, mas a média anual de bombeamento nos últimos 10 anos foi de 10 m³/s, e como esse rio está altamente poluído não só por esgoto doméstico como também por resíduos comerciais, é grande a influência exercida na qualidade da água da Represa Billings.

Por outro lado, a contribuição de cargas poluentes da área da Bacia da Represa Billings é principalmente formada por esgoto doméstico, com especial atenção às cargas orgânicas como nitratos e fosfatos.

Conforme os pontos de pesquisa da água da Represa Billings, há pequenas diferenças, mas o

ambiente encontra-se quase totalmente hipereutrofizado sob influência dessas cargas poluidoras, produzindo danos enormes aos múltiplos usos da água da represa, principalmente no que se refere ao abastecimento.

A maior fonte de poluentes no braço do Rio Grande é o efluente doméstico do município de Ribeirão Pires. Uma boa parte deste esgoto é tratada na ETE, através de um reator anaeróbico de manta de lodo (UASB). A taxa de eliminação de componentes orgânicos através deste método é baixa, cerca de 65%; além disso, o fósforo e o nitrogênio não são eliminados de forma prática. Somado a isto, temos o esgoto lançado pelo município de Rio Grande da Serra. Este último município possui ETE (piscina de oxidação) própria, mas a capacidade de tratamento é limitada. Por isso, a eutrofização do Braço do Rio Grande tem avançado.

Figura 5.1.1 Ponto de monitoramento da qualidade da água

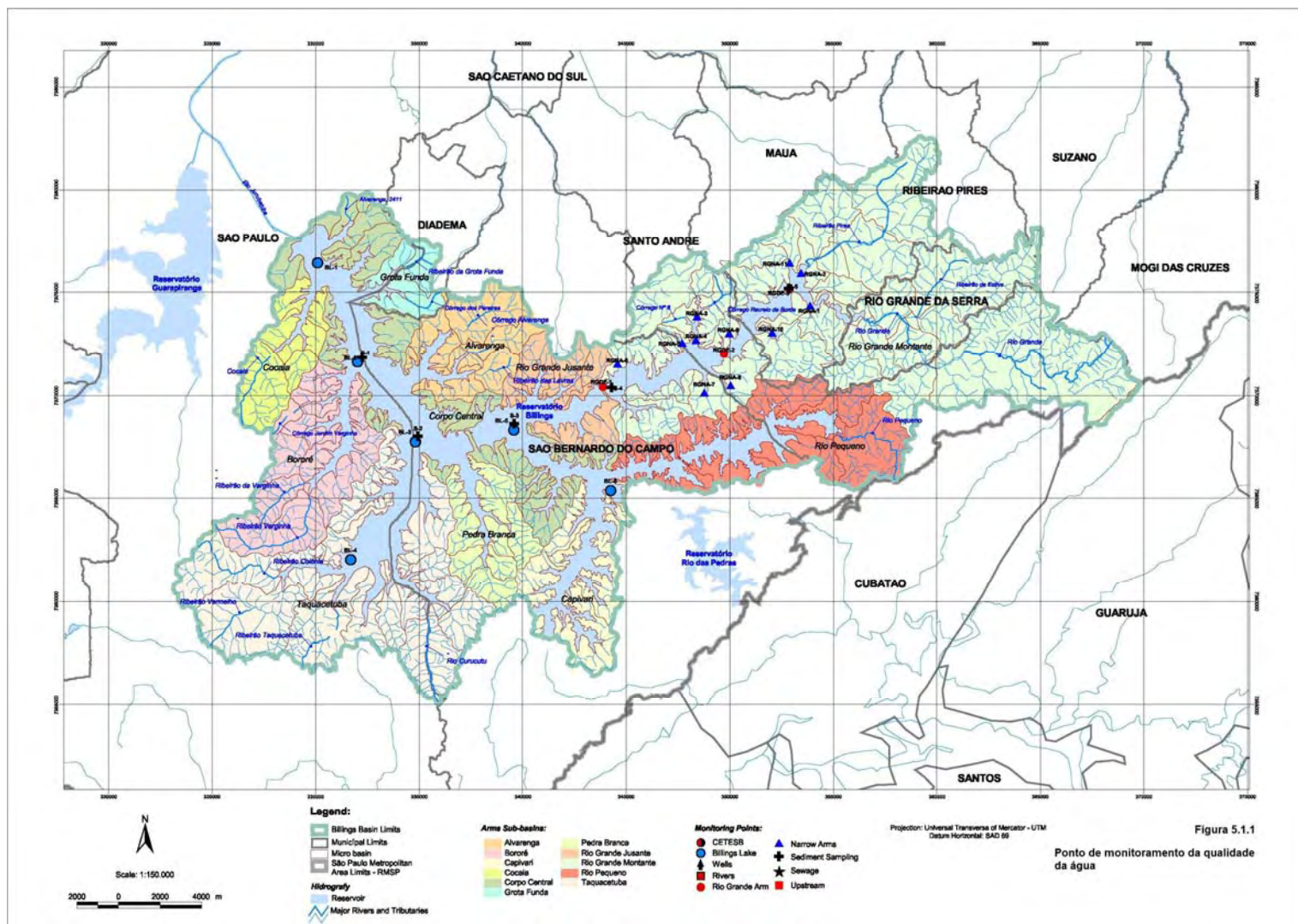


Figura 5.1.2 Pontos de Monitoramento da Represa Billings e do Braço do Rio Grande

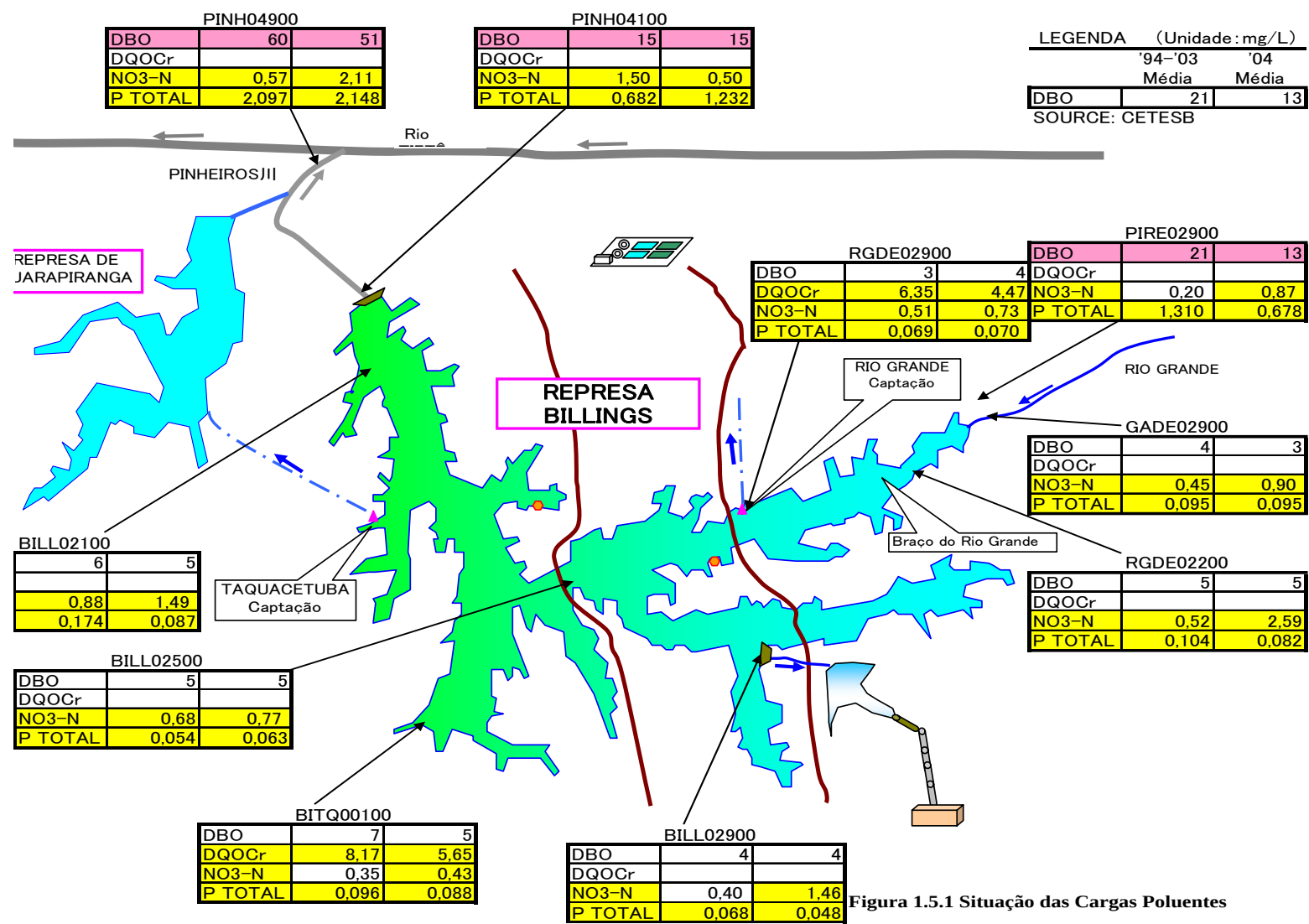


Figura 1.5.1 Situação das Cargas Poluentes

Tabela 5.1.1 Situação das Cargas Poluentes na Billings

Point	Year	Pinheiros	Billings	Billings	Billings	Billings	Rio Grande	Rio Grande	Rio Grande	Rio Grande
		PINH04100	BILL02100	BITQ00100	BILL02500	BILL02900	RGDE02900	RGOE02200	GADE02900	PIRE02900
Conductivity	1994-2003	286	205	192	194	172	255	300	502	469
	2004	289	210	201	190	155	241	269	366	251
Turbidity	1994-2003	22	25	17	8	7	3	14	9	17
	2004	22	5	13	6	6	2	5	5	13
COD	1994-2003			8.17			6.35			
	2004			5.65			4.47			
PFTHM	1994-2003			336			240			
	2004			548			293			
Nitrate	1994-2003	1.5	0.88	0.35	0.68	0.4	0.51	0.52	0.45	0.2
	2004	0.5	1.49	0.43	0.77	1.46	0.73	2.59	0.9	0.87
Nitrog. Amon.	1994-2003	4.70	0.29	0.13	0.11	0.08	0.26	0.71	0.58	10.74
	2004	8.97	0.13	0.05	0.1	0.07	0.11	0.62	0.79	7.59
OD	1994-2003	1.4	7.4	10.1	7.4	8	7.2	8	4	2.5
	2004	0.8	7.9	22.5	8.7	8.7	7.6	9.2	4.8	1.9
DBO	1994-2003	15	6	7	5	4	3	5	4	21
	2004	15	5	5	5	4	4	5	3	13
FT	1994-2003	0.682	0.174	0.096	0.054	0.068	0.069	0.104	0.095	1.31
	2004	1.232	0.087	0.088	0.063	0.048	0.07	0.082	0.095	0.678
Coliform Termot.	1994-2003	127.758	32	2	9	8	18	77	7.542	174.356
	2004	18.418	52	1	4	3	18	37	596	23.565
Chlorophyl-a	1994-2003		89.35	58.09	42.18	20.33	13.01			
	2004		54.93	48.22	41.93		10			

2) Variação Histórica na Qualidade da Água

Ordenamos os resultados das análises periódicas de monitoramento da qualidade da água realizadas pela CETESB entre 1985 e 2003, e os resultados das análises periódicas de monitoramento da qualidade da água realizadas pela SABESP, conforme apresentados abaixo:

a) Qualidade da Água do Reservatório Billings

Os gráficos 5.1.3, 5.1.4 e 5.1.5 indicam separadamente a relação entre a variação histórica da qualidade da água do reservatório Billings e o volume de bombeamento a partir de Pedreira por meio de itens de qualidade de água (DBO, PT, Hg). Pode-se depreender pelos gráficos que DBO e PT refletem uma redução do volume de água bombeado de Pedreira, com tendência a gradual melhoria histórica. Ultimamente, há uma tendência a ligeira piora.

Embora metais pesados como Hg, Mn, Fe, etc. apresentaram temporariamente tendência a melhoria, ultimamente a tendência é de piora. Acredita-se que isso se deva às descargas de sedimentos acumulados no fundo do lago. Nessa pesquisa, também foi efetuada análise do sedimento no fundo do reservatório, havendo expectativa com relação aos resultados.

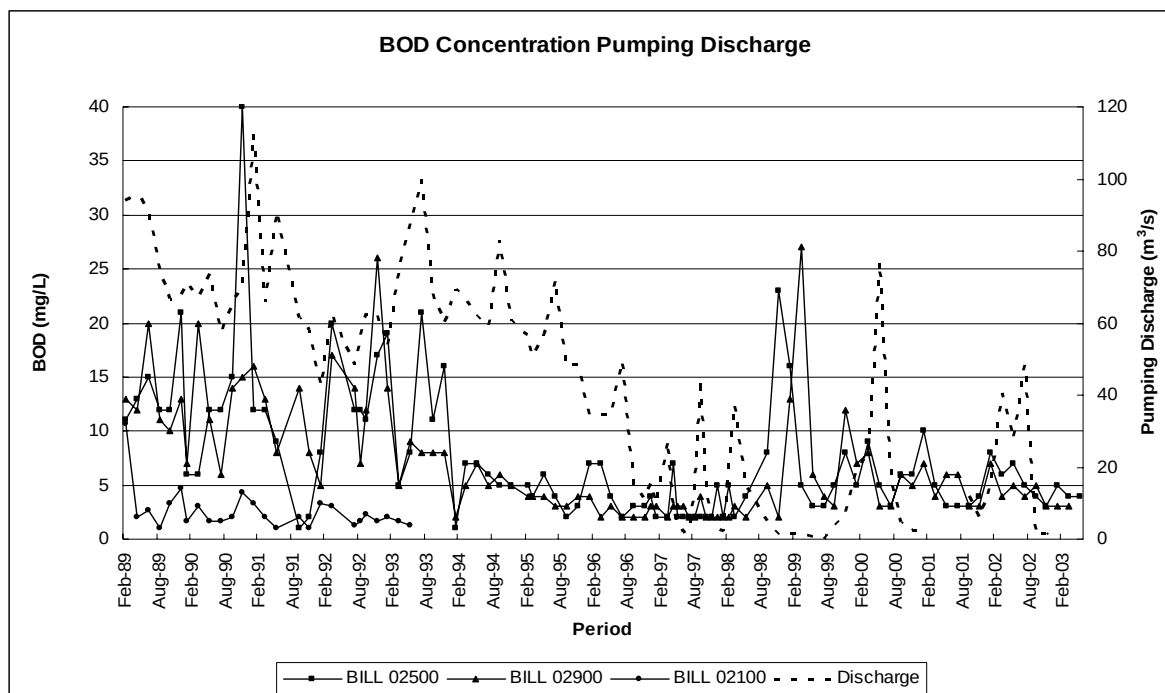


Figura 5.1.3 Variação histórica da qualidade de água (DBO) no reservatório Billings (relação entre o volume de água bombeada das águas do reservatório e de Pedreira)

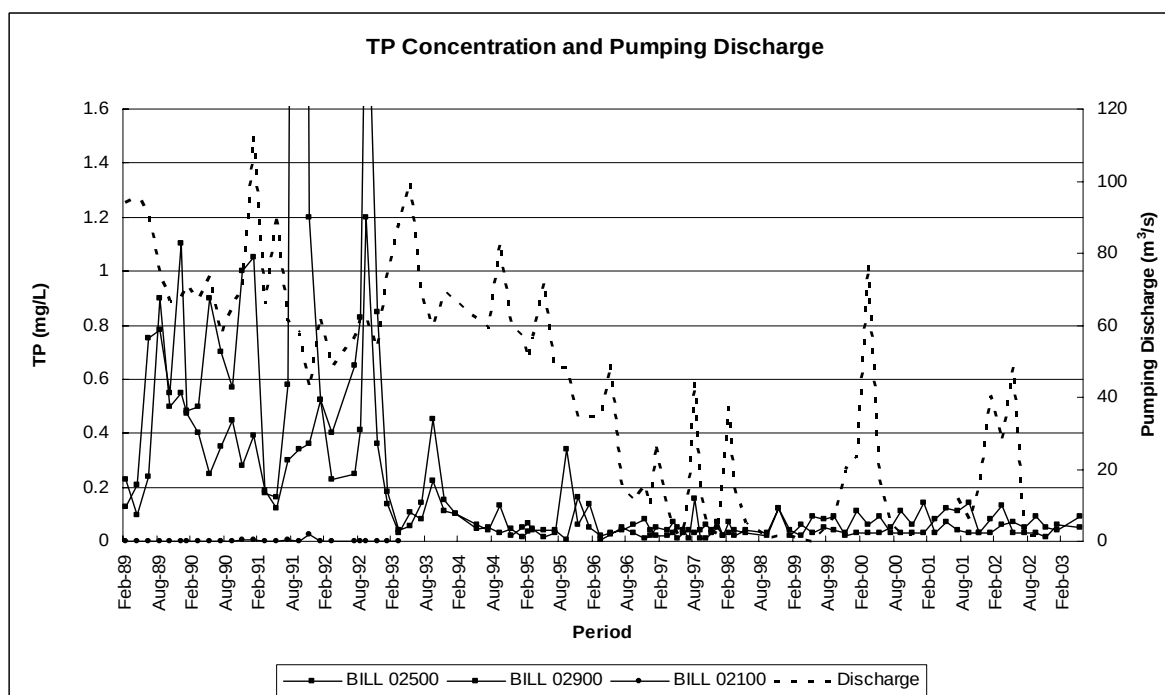


Figura 5.1.4 Variação histórica da qualidade da água (PT) no reservatório Billings (relação entre o volume bombeado das águas do reservatório e de Pedreira)

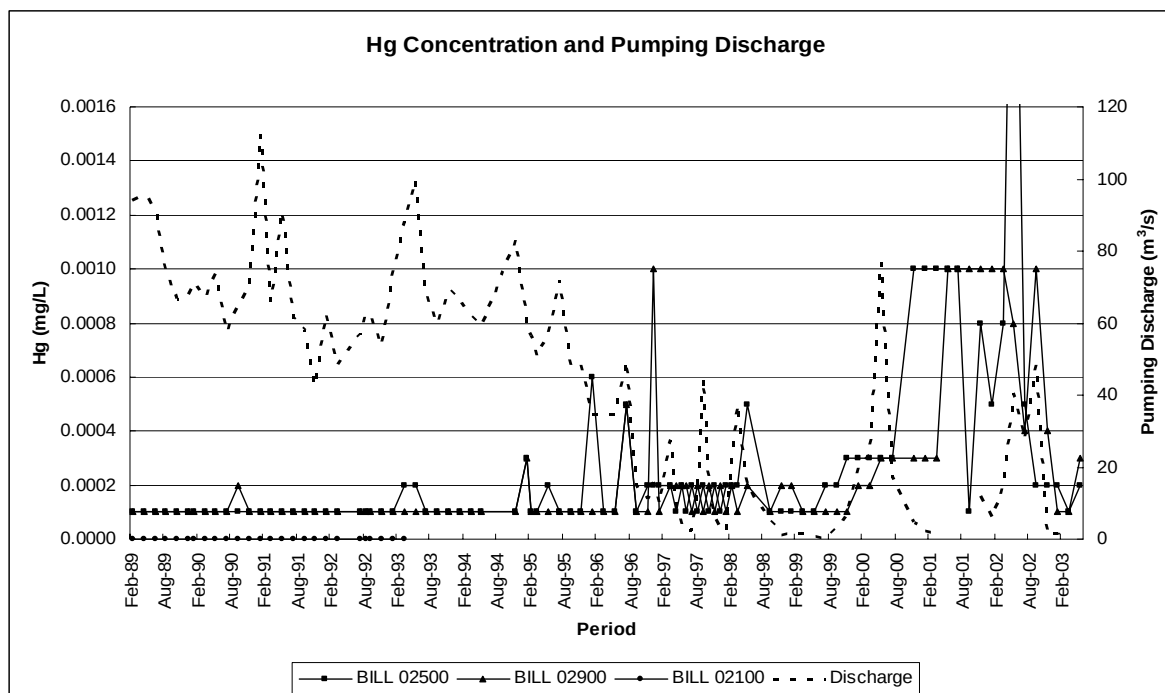


Figura 5.1.5 Variação histórica da qualidade da água (Hg) no reservatório Billings (relação entre o volume bombeado das águas do reservatório e de Pedreira)

b) Qualidade da Água do Braço do Rio Grande

Os **Figuras 5.1.6, 5.1.7 e 5.1.8** apresentam a variação histórica da qualidade da água no lado do braço do Rio Grande separadamente por item de qualidade de água (DBO, NH_4 , Clorofila-a). Pode-se depreender pelos gráficos uma tendência de aumento do NT, PT e Clorofila-a e tendência ao progresso gradual de eutrofização.

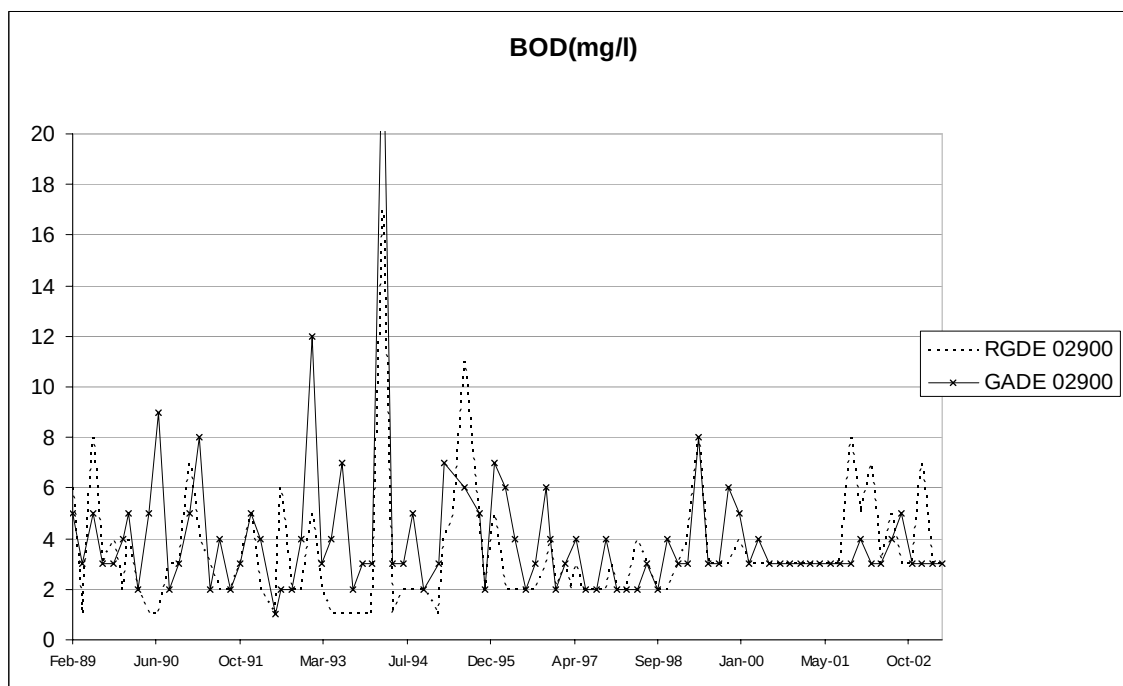


Figura 5.1.6 Variação histórica da qualidade da água (DBO) do reservatório do braço do Rio Grande (Relação entre os pontos de coleta de água no Rio Grande (RGDE) e em Ribeirão do Estiva (GADE))

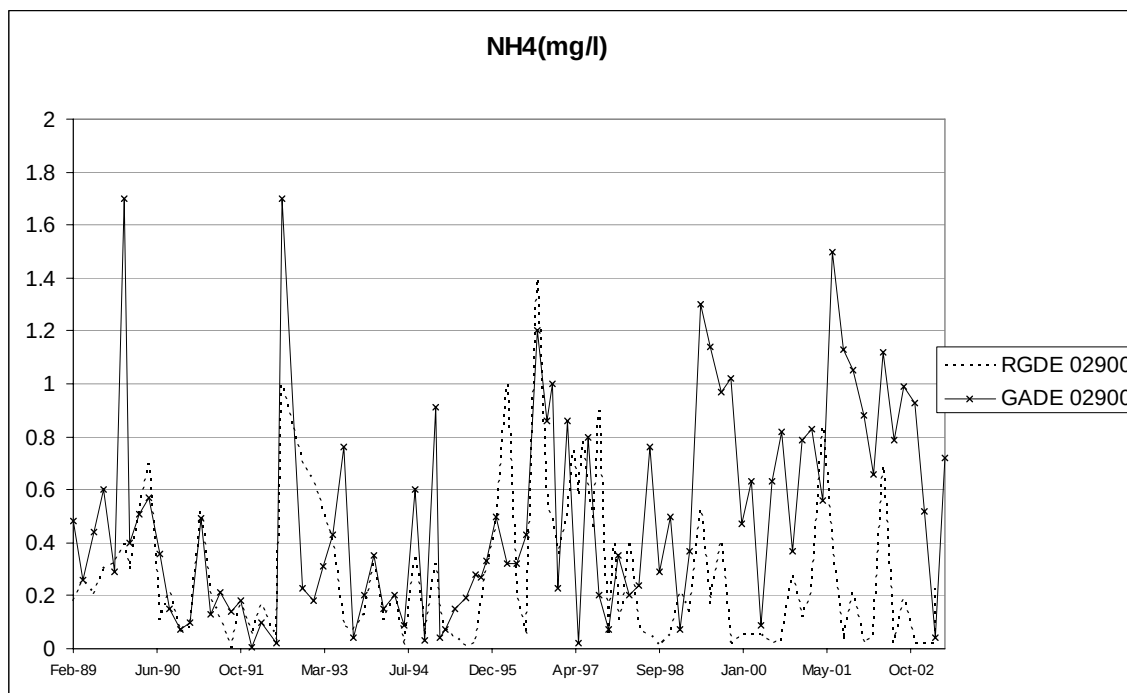


Figura 5.1.7 Variação histórica da qualidade da água (NH₄) do reservatório do braço do Rio Grande
(Relação entre os pontos de coleta de água no Rio Grande (RGDE) e em Ribeirão do Estiva (GADE))

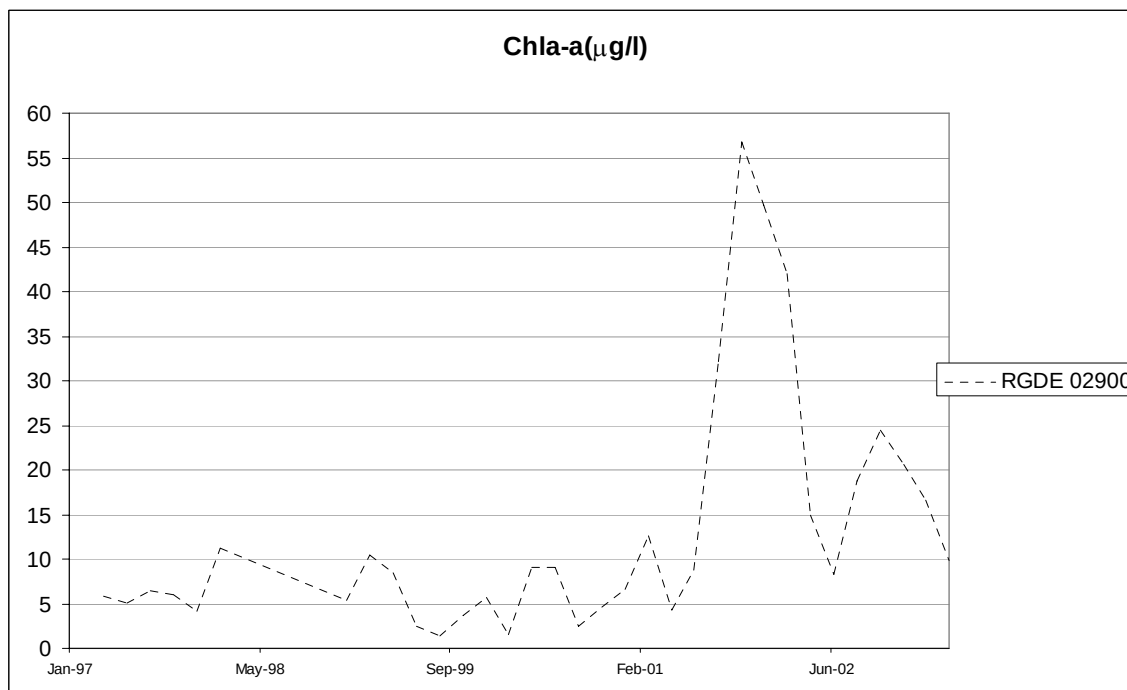


Figura 5.1.8 Variação histórica da qualidade da água (Clorofila-a) do reservatório do braço do Rio Grande
(Apenas pontos de coleta no Rio Grande (RGDE))

5.1.2 Qualidade da Água do Braço Rio Grande

(1) Dados anteriores da qualidade da água

De acordo com o Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, emitido pela CETESB, os dados da qualidade de água do ano 2000 do RGDE02900 do braço Rio Grande, estão na planilha abaixo. A medição foi realizada conforme os seguintes parâmetros: físico-químico (37), microbiológico (5), hidrobiológicos (2) e ecotoxicológico (5). Os itens físico-químico e microorganismo foram avaliados de acordo com os parâmetros do CONAMA (20/86).

1) Parâmetro físico-químico

Os itens que ultrapassaram os parâmetros do CONAMA foram: fósforo, identificado 0,16mg/l (CONAMA 0,025mg/l); chumbo, identificado 0,42mg/l (CONAMA 0,03mg/l); cobre, identificado 0,170mg/l (CONAMA 0,02mg/l); manganês, identificado 0,15mg/l (CONAMA 0,1mg/l) e fenol, identificado 0,007mg/l (CONAMA 0,001mg/l).

Tabela 5.1.2 Dados da qualidade de água referente ao ano 2000 da área próxima ao tratamento de água (RGDE02900)

DADOS DE QUALIDADE	PADRÃO DE QUALIDADE CONAMA 20/86	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS							
TEMPERATURA DO AR (°C)		26	24	27	20	31	23
TEMPERATURA DA ÁGUA (°C)		27	24	25	19	25	23
pH	6,0 a 9,0	6.9	7.4	7.2	7.6	8.5	7.9
OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mgO ₂ /L)	5.0	6.6	6.5	6.1	7.4	8.5	7.4
DBO _{5,20} (mgO ₂ /L)	5	4	<3	<3	<3	3	3
DQO (mgO ₂ /L)		<17	<25	<25	<25	<25	<25
CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO (mg/L)		7.00	6.55	6.55	5.70	5.64	8.32
ABSORBÂNCIA NO ULTRAVIOLETA		0.056	0.092	0.073	0.070	0.025	0.060
NITRATO (mgN/L)	10.00	0.70	0.60	0.60	0.53	0.66	0.63
NITRITO (mgN/L)	1.000	0.050	0.010	0.010	0.007	0.050	0.060
AMÔNIA (mgN/L)	# 0.50	0.05	0.05	0.05	<0,02	0.03	0.28
KJELDAHL (mgN/L)		0.54	0.09	0.09	0.76	0.76	0.87
NITROGÊNIO TOTAL (mgN/L)		1.29	0.70	0.70	1.30	1.47	1.56
ORTOFOSFATO SOLÚVEL (mgP/L)		<0,007	0.009	0.009	0.009	<0,007	<0,007
FÓSFORO TOTAL (mgP/L)	0.025	<0,030	<0,030	<0,030	0.160	0.110	0.050
RESÍDUO FIXO (mg/L)		139	116	116	28	144	163
RESÍDUO VOLÁTIL (mg/L)		26	28	28	42	36	27
RESÍDUO FILTRÁVEL (mg/L)	500	164	134	134	164	175	190
RESÍDUO NÃO FILTRÁVEL (mg/L)		1	10	10	6	5	0.0
RESÍDUO TOTAL (mg/L)		165	144	144	170	180	190
TURBIDEZ (UNT)	100	0.82	1.00	1.00	4.34	2	2
CLORETO (mg/L)	250.0	71.9	57.4	57.9	63.3	93.9	85.3
SURFACTANTES (mg/L)	0.50	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
COND. ESPECÍFICA (µS/cm)		321	288	288	295	351	353
ALUMÍNIO (mg/L)	0.10	<0,10	0.14	0.14	<0,10	0.17	0.24
BÁRIO (mg/L)	1.00	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
CÁDMIO (mg/L)	0.001	<0,001	<0,009	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CHUMBO (mg/L)	0.03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0.42	<0,02
COBRE (mg/L)	0.02	0.02	0.06	0.06	0.170	0.02	<0,004
CROMO TOTAL (mg/L)	# 0.05	<0,05	<0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NÍQUEL (mg/L)	0.025	<0,010	0.040	0.010	<0,010	<0,010	<0,010
MERCÚRIO (mg/L)	0.0002	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003		<0,0010
ZINCO (mg/L)	0.18	<0,01	0.01	0.01	<0,01	<0,01	0.01
FERRO (mg/L)		0.07	0.21	0.21	0.16		0.14
MANGANÊS (mg/L)	0.10	0.01	0.09	0.09	0.15	0.03	0.01
FENÓIS (mg/L)	0.001	<0,003	0.007	0.007	<0,003	0.005	<0,003
POTENCIAL DE FORMAÇÃO DE THM (µg/L)		162.0	244.0	189.0	163.0	231.0	187.0

2) Parâmetros microbiológicos

Foram realizadas análises sobre cinco itens: coliformes fecais, estreptococos fecais, clostridium, cryptosporidium e giardia. A poluição causada por microorganismos é muito pouco. Não foram identificados cryptosporidium e nem giardia, causadores de problemas no Japão

Tabela 5.1.3 Dados de qualidade da água do Ano 2000 no ponto próximo à captação do Braço do Rio Grande (RGDE02900) (2: microorganismos)

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

DADOS DE QUALIDADE	PADRÃO DE QUALIDADE CONAMA 20/86	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
COLIFORME FECAL (NMP/100mL)	1.0E+03	9.0E+01	Ausente	4.0E+00	Ausente	<2,0E+00	4.0E+00
ESTREPTOCOCOS FECALIS (NMP/100mL)		Ausente	Ausente		Ausente	<2,0E+00	
CLOSTRIDIUM PERFRINGENS (NMP/100mL)		1.7E+01	2.2E+01		1.4E+01	1.3E+01	
CRYPTOSPORIDIUM sp (oocistos/L)		Ausente	Ausente		Ausente	Ausente	
GIARDIA sp (cistos/L)		Ausente	Ausente		Ausente	Ausente	

3) Parâmetros hidrobiológicos

No teste biológico, foi realizada medição de clorofila-a e de feofitina-a, como forma de avaliar a quantidade de seres vivos, em quantidades definidas. A concentração de clorofila-a encontrada foi de 1 a 9µg/l, um resultado baixo.

Tabela 5.1.4 Dados de qualidade da água do Ano 2000 no ponto próximo à captação do Braço do Rio Grande (RGDE02900) (: seres vivos)

PARÂMETROS HIDROBIOLÓGICOS

DADOS DE QUALIDADE	PADRÃO DE QUALIDADE CONAMA 20/86	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
CLOROFILA-a (µg/L)		5.75	1.53	9.08	9.15	2.45	4.54
FEOFITINA-a (µg/L)		2.30	4.35	5.32	4.74	6.44	11.26

4) Parâmetro ecotoxicológico (teste de agentes mutagênicos: teste AMES)

No item intoxicação do meio ambiente, foi feito o teste do bioensaio (teste AMES) usando o S9. Este teste é feito através de um exame a nível celular agentes mutagênicos causadas por material químico.

Tabela 5.1.5 Dados de qualidade da água do Ano 2000 no ponto próximo à captação do Braço do Rio Grande (RGDE02900) (4: ecotoxicidade)

PARÂMETROS ECOTOXICOLÓGICOS

DADOS DE QUALIDADE	PADRÃO DE QUALIDADE CONAMA 20/86	JAN	MAR	MAI	JUL	SET	NOV
TESTE DE AMES							
TA98-S9 (revertentes/L)		ND	ND	ND	ND	ND	ND
TA98+S9 (revertentes/L)		ND	ND	ND	ND	ND	ND
TA100-S9 (revertentes/L)		ND	ND	ND	ND	ND	ND
TA100+S9 (revertentes/L)		ND	ND	ND	ND	ND	ND
TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA							

5) Dados da qualidade de água de 1993 a 2004

Abaixo, temos os dados da qualidade de água de 2003 e a média calculada de 1993 a 2002 e também, os dados de 2004 e a média calculada de 1994 a 2003.

A área analisada, RGDE2200, está localizada praticamente no centro do braço Rio Grande. O

local RGDE2900 é o ponto de onde é retirada a água de tratamento do Rio Grande. Os itens registrados no relatório, mostram diferenças de acordo com o ano, como é mostrado a seguir os dados de 2003 e 2004.

2003: índice de condutividade elétrica, índice de turbidez da água, azotito, nitrito, amônia, oxigênio dissolvido, resíduo de vaporização, ativadores de íon negativo, cultura de bacilos.

2004: índice de condutividade elétrica, índice de turbidez da água, Chemical Oxygen Demand-COD, metano tri-halogênio, ácido nítrico, amônia, oxigênio dissolvido, resíduo de vaporização, fósforo, cultura de bacilos, clorofila-a.

Tabela 5.1.6 Dados da qualidade de água de 2003 e a média calculada de 1993 a 2002 do Braço Rio Grande

Codigo do Ponto	PARAMETROS															
	Conductiv.		Turbidez		NO2		NO3		NH3-N		OD		DBO _{5,20}		Res.Filtravel	
	μ S/cm		NTU		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L	
	Media 2003	Media 1993-2002	Media 2003	Media 1993-2002	Media 2003	Media 1993-2002	Media 2003	Media 1993-2002	Media 2003	Media 1993-2002	Media 2003	Media 1993-2002	Media 2003	Media 1993-2002	Media 2003	Media 1993-2002
RGDE02200	327	299	8.9	13	0.235	0.067	0.55	0.48	0.91	0.68	8.6	7.8	6.2	5	178	502
RGDE02900	271	252	1.9	3	0.048	0.047	0.42	0.49	0.08	0.28	7.3	7.3	4	3	147	135

Tabela 5.1.7 Dados da qualidade de água de 2004 e a média calculada de 1994 a 2003 do Braço Rio Grande

Codigo do Ponto	PARAMETROS															
	Conductiv.		Turbidez		COD		PFTHM		NO3		NH3-N		OD		DBO _{5,20}	
	μ S/cm		NTU		mg/L		μ g/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L	
	Media 1994-2003	Media 2004	Media 1994-2003	Media 2004	Media 1994-2003	Media 2004	Media 1994-2003	Media 2004	Media 1994-2003	Media 2004	Media 1994-2003	Media 2004	Media 1994-2003	Media 2004	Media 1994-2003	Media 2004
RGDE02200	300	269	14	5					0.52	2.59	0.71	0.62	8.0	9.2	5	5
RGDE02900	250	241	3	2	6.35	4.47	240	293	0.51	0.73	0.26	0.11	7.2	7.6	3	4

(2) Sistema de monitoramento da água do Braço

No Braço é realizado um monitoramento do aparecimento de eventuais plantas aquáticas, uma vez que essas plantas produzem forte mau cheiro. Como o aparecimento dessas plantas está condicionado às estações do ano, o monitoramento causa um certo trabalho. O sistema de monitoramento é feito da seguinte forma: o braço foi dividido em quatro áreas, e conforme as plantas forem aparecendo, a frequência de monitoramento é alterado, fazendo as análises das amostras.

As amostras foram retiradas de quatro locais, apresentados abaixo: RG101, RG102, RG103 e RG104.



Figura 5.1.10 locais de onde foram pulverizados herbicidas no Braço Rio Grande

(3) Época de surgimento de plantas aquáticas no Braço do Rio Grande

A época de surgimento de plantas aquáticas no Braço do Rio Grande se dá principalmente no verão, entre os meses de dezembro e março, mas dependendo do nível da água da represa, admite-se que há tendências de haver diferenças. Quando se identifica a possibilidade de surgimento das plantas, antecipadamente, faz-se a pulverização de sulfato de cobre, por exemplo, para controlar o surgimento dessas plantas.

5 - 14

implantação de barreiras. Em 2005, o nível da água voltou ao seu normal, em 85% de sua capacidade.

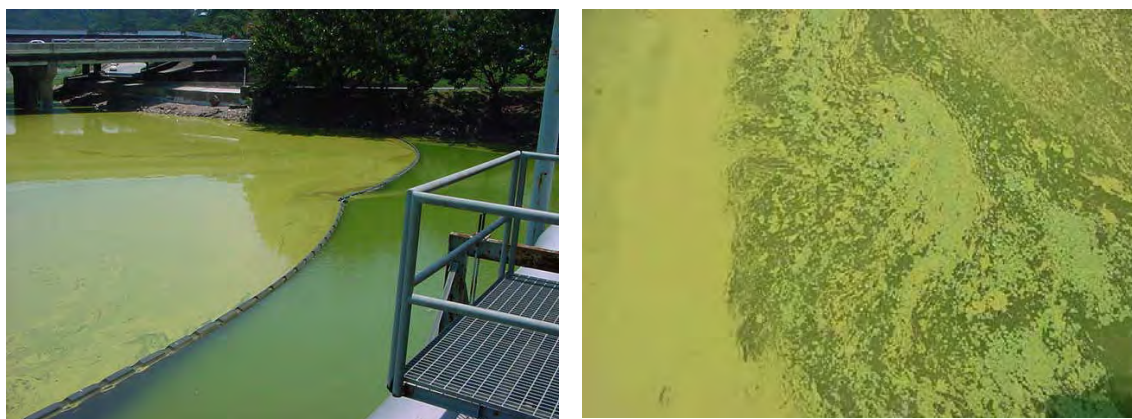


Foto 5.1.1 2001 surgimento de plânctons no local de retirada da água

(4) Os tipos de plânctons identificados no braço

Os plânctons surgem a partir de um fenômeno natural onde há uma grande infestação de algas em lagos e pântanos, deixando, principalmente, a superfície da água com uma cor verde escura em sua extensão.

Os plânctons mais conhecidos são os das famílias *Anabaena*, *Microcystis* e *Oscillatoria*, mas os mais numerosos realmente são os *Microcystis*, que por sinal, são os que mais aparecem na represa Billings. Os tipos de plancton que emitem maior odor são a *Anabaena* e a *Oscillatoria*, que estão presentes na represa Billings, o que se conclui que o problema do surgimento de planktons e o mau cheiro exigem especial atenção.

(5) Situação do aparecimento de plânctons na Represa Billings (represa principal) e no Braço Rio Grande (represa secundária)

Nesta investigação, foi realizada a retirada de água no dia primeiro de setembro da represa Billings (represa principal) e no dia 2 de setembro do Braço Rio Grande (represa secundária).

Os locais de retirada de amostras estão indicados no mapa abaixo, sendo quatro pontos na represa principal e 3 pontos na represa secundária.

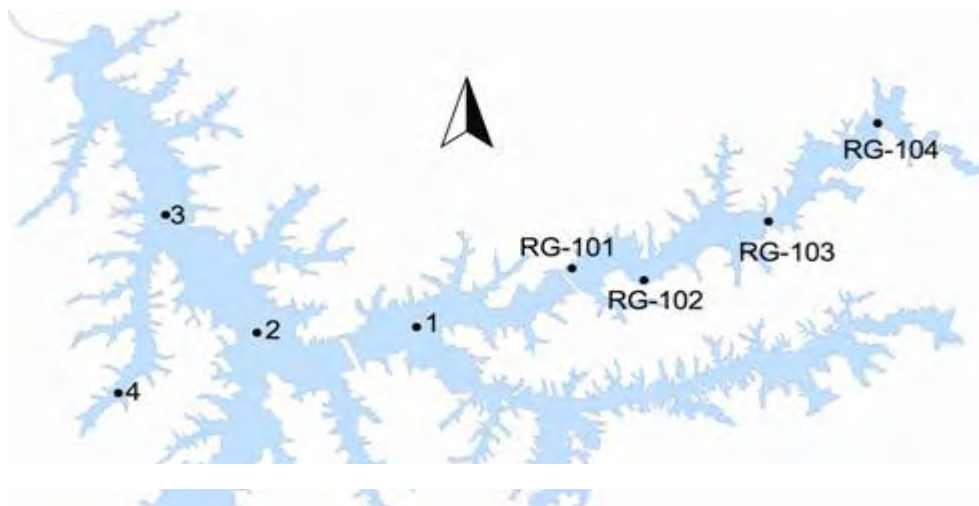


Figura 5.1.11 Pontos de coleta de Água

a) Represa principal

Na tabela abaixo, são apresentados os resultados obtidos na classificação dos plânctons identificados por microscópio, nas amostras retiradas da represa Billings

Tabela 5.1.8 Resultados obtidos na classificação dos plânctons identificados na represa Billings

Amostra local	forma de captção	plâncton vegetal					plâncton animal
		1	2	3	4	5	
1	Superficial	Cylindrospermopsis sp.	Microcystis sp.	Oscillatoriales	Oscillatoria sp.	Chroococcales	
	Horizontal	Microcystis sp.	Oscillatoria sp.	Melosira sp.	Mougeotia sp.	Coelastrum sp.	
	Vertical	Microcystis sp.	Melosira sp.	Mougeotia sp.	Oscillatoria sp.		Zooplankton
2	Horizontal	Microcystis sp.	Oscillatoria sp.	Melosira sp.	Mougeotia sp.		
	Vertical	Microcystis sp.	Oscillatoria sp.	Melosira sp.			Zooplankton
3	Superficial	Microcystis sp.	Cylindrospermopsis sp.				
	Horizontal	Microcystis sp.	Oscillatoria sp.	Melosira sp.			
	Vertical	Microcystis sp.	Oscillatoria sp.	Melosira sp.			Zooplankton
4	Horizontal	Microcystis sp.	Anabaena sp.	Oscillatoria sp.	Melosira sp.	Mougeotia sp.	

Na represa Billings, no local número 1, do lado leste da rodovia dos Imigrantes, se comparado com outros locais, até que não houve tanta incidência de planktons. Mas nos locais 2, 3 e 4 do lado oeste, o que identificou foi uma cobertura quase total da área com planktons, criando uma fina camada de algas.

Pelos resultados obtidos no microscópio, o maior número identificado no local 1 foi o do tipo Cylindrospermopsis sp, seguido pelos tipos Microcystis sp. e Oscillatoria sp. Na superfície, predominou o tipo Cylindrospermopsis sp. Mas amostras retiradas de 20 a 30 cm abaixo da superfície da água, o maior número identificado foi o do Microcystis sp., seguido por Oscillatoria sp. e Melosira sp. Nos locais 2 e 3, foi identificada grande quantidade de planktons, mas os tipos se resumiram só no Microcystis sp. e Oscillatoria sp., conforme

identificado também no local 1. Em relação ao local número 4, a predominância foi do *Microcystis* sp. seguido por *Anabaena* sp. No caso do *Anabaena*, ele é do tipo cianobactéria, que libera fungos que emitem forte cheiro. E esse resultado combina com o cheiro que foi identificado no local.

b) Braço Rio Grande

Na tabela abaixo, são apresentados os resultados obtidos na classificação dos plânctons identificados por microscópio, nas amostras retiradas do Braço Rio Grande.

**Tabela 5.1.9 Resultados obtidos na classificação dos plânctons identificados
no Braço Rio Grande**

Amostra local	forma de captação	plâncton vegetal					plâncton animal
		1	2	3	4	5	
RG-1 01	Horizontal	Mougeotia sp.	Anabaena sp..	Euglena sp.	Diatomaceas		
	Vértical	Mougeotia sp.	Anabaena sp..	Dinoflagelados			
RG-1 02	Horizontal	Mougeotia sp.	Anabaena sp..	Dinoflagelados			
	Vértical	Mougeotia sp.	Anabaena sp..	Dinoflagelados			
RG-1 03	Horizontal	Mougeotia sp.	Anabaena sp..	Euglena sp.	Trachelomonas sp.	Ankistrodesmus sp.	
	Vértical	Mougeotia sp.	Anabaena sp..	Melosira sp.	Asterionela sp.		
RG-1 04	Horizontal	Anabaena sp..	Mougeotia sp.	Oscillatoriales	Diatomaceas		Zooplankton
	Vértical	Anabaena sp..	Mougeotia sp.	Diatomaceas			Zooplankton

Diferente do que foi identificado na represa Billings, onde a predominância foi principalmente do *Microcystis* sp, no Braço Rio Grande, o tipo *Mougeotia* foi o mais identificado. O *Mougeotia* sp é um tipo de plâncton também identificado nos reservatórios de água do Japão, mas a quantidade identificada no Braço, foi muito além dos registros históricos, quantidade nunca apresentada no passado.

(6) Medidas as serem tomadas no tratamento de água em relação ao plâncton

Na represa Billings, o tipo de plâncton que predomina é o *Microcystis* sp. Esse *Microcystis* sp tem muitas de suas células revestidas por agar. Como o tratamento anterior era feito com aplicação de cloro, este destruía o agar e espalhava as células, que podem facilmente migrarem dos reservatórios de tratamento de água, e são conhecidos como causadores da elevação de sujeiras à superfície e também da coloração da água. Assim, os *Microcystis* sp que compõem os plânctons, são mais difíceis de serem retirados dos tratamentos de água convencionais. Por isso, os *Microcystin* que são tóxicos e que compõem o *Microcystis*, são um grande problema.

Tem-se pensado que os *Microcystin* tóxicos, são desmanchados através do tratamento usando o carvão ativo, ou por oxidação de contato ou por absorção, ou ainda, pelo processo de tratamento por ozônio.

O que se pensa, é que não há esperanças de eliminá-los dos reservatórios de tratamento de água, de onde se origina toda a água da represa Billings e do Braço Rio Grande, usando o sulfato de ferro 2, num sistema de tratamento de água baseado na coesão-decantação → filtragem com areia → tratamento com cloro.

No Braço Rio Grande, o aparecimento de plânctons ainda não é tão grande, não chegando a estar num estado crítico, mas não se pode deixar de pensar que existe a necessidade de um plano de contenção para continuar os trabalhos de forma satisfatória.

Tabela 5.1.10 Comparativo dos índices de eliminação do *Microcystin* através do tratamento de água

No.	Métodos de tratamento de água	Concentração de carvão ativo (mg/l)	Agente de coesão	Tipo de toxidade	Índice de eliminação (%)
1	Coesão-decantação + filtragem com areia + esterilização por cloro		Al ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	M1	11
				M2	11
2	Coesão-decantação + filtragem com areia + esterilização por cloro		FeCl ₃	M1	0
				M2	16
3	Carvão ativo em pó + Coesão-decantação + filtragem com areia + esterilização por cloro	5	Al ₂ (SO ₄) ₃ 8H ₂ O	M1	20
				M2	34
4	Coesão-decantação + filtragem com areia + Carvão ativo granulado + esterilização por cloro		Al ₂ (SO ₄) ₃ 8H ₂ O	M1	100
				M2	100
5	Tratamento por ozônio + Coesão-decantação + filtragem com areia + esterilização por cloro	1	Al ₂ (SO ₄) ₃ 8H ₂ O	M1	100
				M2	100

Fonte (Humberg et al, uma parte adaptada)

(7) Aparecimento de plantas aquáticas e medidas de eliminação

No Braço, além dos plânctons, existe um crescimento anormal de plantas aquáticas. No ano de 1982 houve um grande aparecimento dessas plantas no braço. Após isso, não houve mais aparecimento. Porém, de Maio a Outubro de 2004 novamente, houve um grande crescimento.

A quantidade do crescimento das plantas aquáticas não tem correlação com a temperatura atmosférica e nem com temperatura da água. Quanto mais baixo o nível da água do braço, a quantidade do crescimento tende a aumentar. Como razão disso, é possível pensar que a densidade de sais e nutrientes dentro do lago, sobe quando o nível da água no período de estiagem, abaixa. Em relação as espécies de plantas aquáticas crescentes, são chamadas pelo nome genérico macrófitas, cuja maioria está em 2 espécies: a salvinia e a pistia. Entre outros, é admitido também uma parte de aguapés (*Eichhornia crassipes*).



Foto 5.1.2 Trabalho de eliminação das macrófitas que cresceram de Maio a Outubro de 2004

As plantas aquáticas que cresceram no Braço Rio Grande, foram arrastadas pelo vento da cabeceira na região de Ribeirão Pires, o lado da serra, em direção do local de captação de água, e todo ano se acumulam na zona das águas que fica entre a ponte e o sifão. A área atingida pelo surgimento das plantas aquáticas, alcançou seu pico neste ano, em torno de 50.000 metros quadrados mas, em 2004 foi de 150.000 metros quadrados, 3 vezes o desse ano.

Esses trabalhos de eliminação das plantas aquáticas, antes eram efetuados com força braçal, necessitando de 20 a 30 pessoas. Porém, atualmente como mostra a foto, com a instalação de uma esteira rolante, o trabalho é efetuado com 2 a 3 pessoas. As plantas aquáticas eliminadas são utilizadas como adubo ou ainda jogadas no depósito de lixo.

A situação flutuante das plantas aquáticas no local de captação da água e também, onde está instalada a esteira rolante para retirada das algas, em setembro de 2005, estava bem menos que anteriormente, como mostra a foto abaixo. Todos os anos a partir de setembro as plantas aquáticas aparecem menos, e em outubro, desaparecem quase que por completo. Pode se dizer que isso acontece pois, entre os meses de setembro e outubro, tem início a época de chuvas e o nível das águas acaba subindo.



Foto 5.1.3 Plantas aquáticas no local de captação de água (02 / 09 / 2005)



Foto 5.1.4 Arredores da esteira rolante usada para eliminação das plantas (02 / 09 / 2005)

5.1.3 Qualidade da Água do Braço Taquacetuba

(1) Resultado do monitoramento da SABESP da qualidade da água

A SABESP iniciou, no ano 2000, a captação e o fornecimento de água do braço do Taquacetuba (ponto do Taquacetuba), a 4,0 m³/s, para suprir o reservatório de Guarapiranga, fonte de abastecimento de água de São Paulo. Segundo o “Guarapiranga 2005 Report”, publicado pela SABESP, a água fornecida pelo Taquacetuba representa 29% de todo o recurso hídrico do Guarapiranga. Pode-se dizer, portanto, que o reservatório Billings é uma fonte importante para suprir o Guarapiranga.

Por este motivo, a SABESP, ciente de que a poluição da Represa Billings tem relação com a poluição do reservatório de Guarapiranga, tem monitorado a situação da qualidade da água, em particular quanto à poluição. Segundo as cianobactérias vistas na **Figura 5.1.12**, a água captada na Represa Billings é uma das fontes de poluição do Guarapiranga.

Tomando como base os relatórios da SABESP “Qualidade da Água do Sistema Billings - Guarapiranga”, Relatório 28, de Janeiro e Julho/05, e Relatório 29, de Agosto e Dezembro/05, a situação da qualidade da água no ponto do Taquacetuba (BL105) é como apresentada abaixo (vide **Figura 5.1.13**). Ainda, o padrão ambiental da qualidade da água aplicável para o braço do Taquacetuba é, segundo o CONAMA nº 357, da classe 1.

a) Sais nutrientes

No ponto BL105, o valor do PT de janeiro a dezembro era baixo, quando comparado ao padrão ambiental da qualidade da água de 0,020 mg/L (CONAMA nº 357). E o valor de NT de janeiro a junho, que era praticamente igual ao padrão, atingiu valores inferiores aos do

padrão de agosto a dezembro.

b) Algae-cianobactérias

Os pontos BL102 e BL103 da Represa Billings se encontravam em estado de Alerta 2 de maio até início de julho, atingindo uma única vez uma alta concentração de 300.000 cel/mL em meados de julho. O ponto BL105 se encontrava em estado de Alerta 3 (alta concentração) entre janeiro e julho, mas entre agosto e dezembro estava em 100.000 cel/mL. A propósito, a Represa Billings indica o seu estado de perigo através de níveis de alerta, aplicando Alerta 1 quando se tem de 100.000 a 300.000 cel/mL, Alerta 2, de 300.000 a 600.000 cel/mL, e Alerta 3 para mais de 600.000 cel/mL.

Já o reservatório de Guarapiranga, diferente dos níveis de Alerta da Represa Billings, é mais rigoroso, com Alerta 1 para menos de 20.000 cel/mL, Alerta 2, de 20.000 a 100.000 cel/mL, e Alerta 3 para mais de 100.000 cel/mL.

c) Microcystis

A concentração era de 1,0 µg/L em todos os pontos da Represa Billings, mas, em um único dia (11 de julho), foi registrada uma alta concentração na camada externa dos pontos BL102 e BL103. No dia 26 de maio foi registrada uma alta concentração em BL105, de 4,0 µg/L. A partir do dia 25 de outubro foi registrada continuamente uma alta concentração na camada externa dos pontos BL102, BL103, BL105, e na camada intermediária do ponto BL105 o valor era de 2,0 µg/L.

d) Elementos tóxicos (toxidade)

A concentração em todos os pontos da Represa Billings era baixa, mas foi registrada nos dias 3 de fevereiro, 19 de julho e 20 de setembro uma concentração média na camada externa do ponto BL105.

e) Metais pesados

A concentração na camada externa de todos os pontos era alta para os padrões do CONAMA no 357. Ainda, o Cd e o Hg estão elevados na camada externa, com valores altos de Cd e Pb na camada do fundo. Foi medido o valor máximo de 0,0012 mg/L de Hg, no dia 18 de janeiro, na camada do fundo do ponto BL103. E o Pb é alto, com 0,045 mg/L na camada do fundo do BL102, segundo a medição de 18 de janeiro.



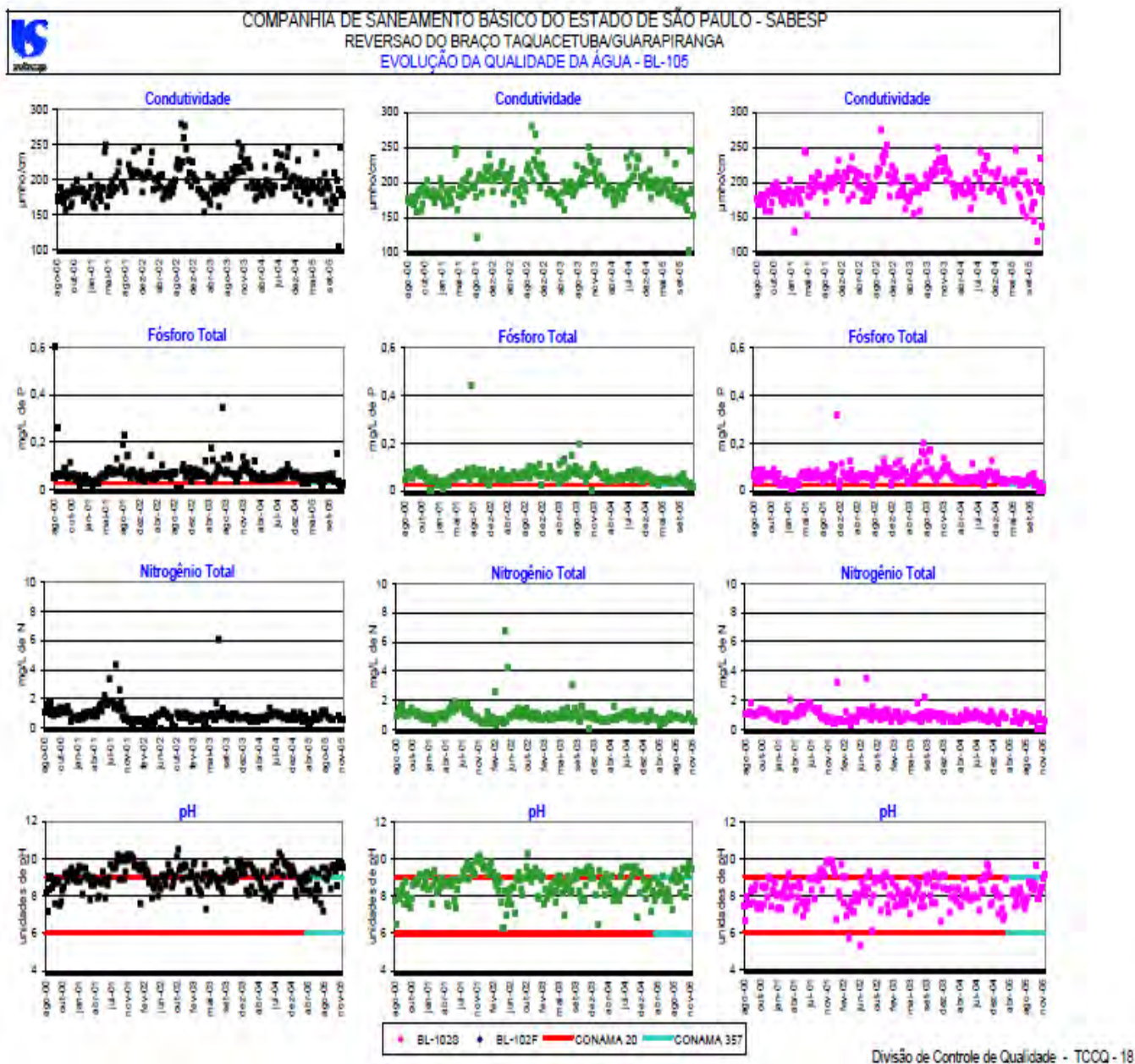
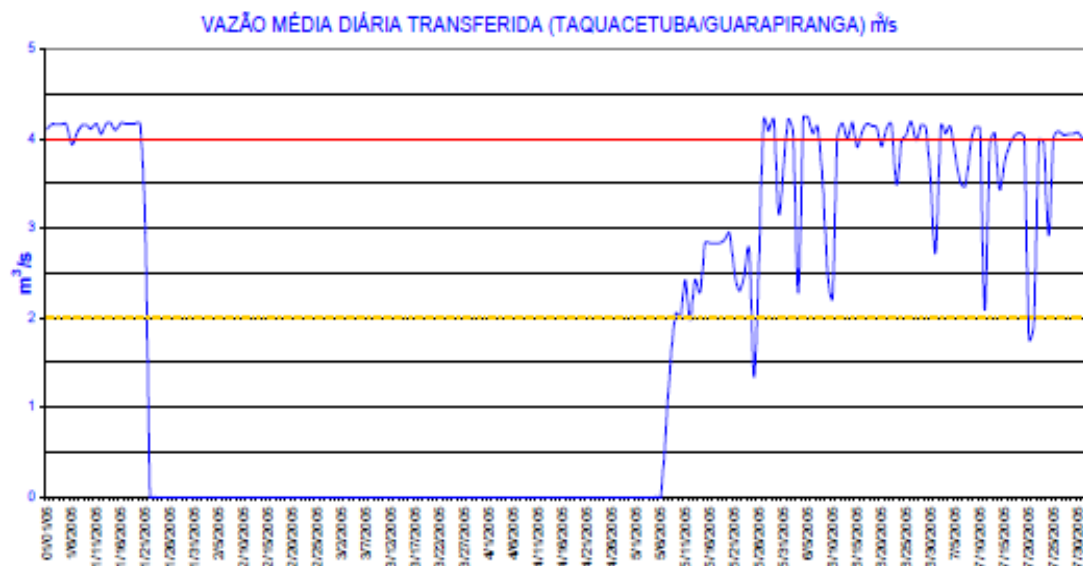


Figura 5.1.13 Variação da qualidade da água (taxa de condutividade elétrica, NT, PT, pH) do Taquacetuba (BL105) (Dez/2004 a Dez/2005)

A propósito, o ponto de monitoramento BL105 da SABESP e o ponto BITQ00100 da CETESB são os mesmos pontos.

A propósito, o fornecimento de água do braço do Taquacetuba para o reservatório do Guarapiranga no ano de 2005, quando foi realizado este estudo, ficou parado entre 18 de janeiro a 5 de maio devido a problemas na bomba, mas reiniciou as atividades a 2,0 m³/s a

partir de 6 de maio. O volume de abastecimento foi aumentado para 4,0 m³/s em 4 de junho e voltou a ficar inativo em 6 de novembro (vide **Figura 5.1.14**).



FONTE: SABESP - MAP - Departamento de Planejamento, Controladoria e Desenvolvimento Operacional

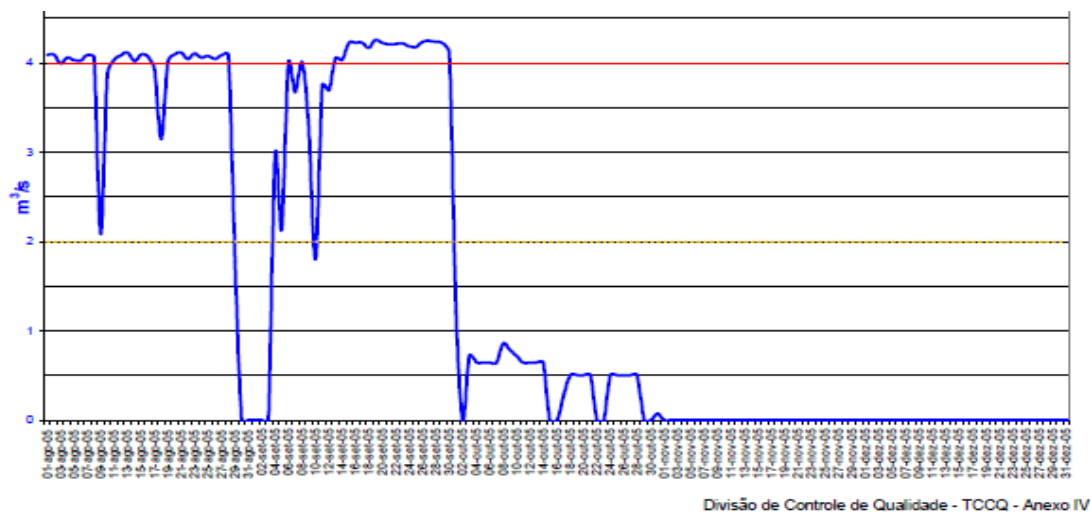


Figura 5.1.14 Situação do fornecimento de água do Taquacetuba para o Guarapiranga

(2) Resultado do monitoramento da qualidade da água da CETESB e da JICA de 2005

Os resultados das quatro investigações da qualidade da água realizadas pela JICA são apresentados na **Tabela 5.1.11**. Se juntarmos os valores do monitoramento da CETESB,

temos o resultado apresentado na **Tabela 5.1.12** e na **Figura 5.1.15**. Entre as quatro investigações da JICA, a de setembro foi realizada durante chuvas, muito diferente das condições das outras investigações. Assim, a avaliação será realizada excluindo os dados de setembro.

Segundo o presente estudo da JICA, com DBO de 5 a 14 mg/L, o padrão de 3 mg/L foi ultrapassado. Os valores para DQO estavam entre 26 e 45 mg/L, e os de NT, entre 0,90 e 1,87 mg/L. O valor para PT estava entre 0,042 e 0,215 mg/L, ultrapassando muito o padrão de 0,020 mg/L. O F-Coli estava entre 0 e 1 MPN/100 mg/L, abaixo do padrão de 200 MPN/100 mg/L. Ainda, o Fe estava entre 0,103 e 0,152 mg/L, o Mn entre 0,018 e 0,022 mg/L e o Hg não está disponível.

A tendência do NT e PT na camada inferior é de alta. Em particular, as concentrações de Fe e Mn tendem a ser altas, indicando influência da carga dissolvida.

Tabela 5.1.11 Resultado da pesquisa da qualidade da água no braço do Taquacetuba (agosto de 2005 a janeiro de 2006)

Data (dd/mm/aa)	Hora	Tempo	Profund. (m)	Temp. da água (°C)	OD (mg /L)	DBO (mg /L)	DQO (mg /L)	COD (mg /L)	PT (mg /L)	NT (mg/L)	F-coli (NMP/100ml)	Clorofila-a (· g/L)	Fe (mg /L)	Mn (mg /L)	Hg (mg /L)
18/08/05	2:20 PM	Nublado	0	22,3	10	6	26	7,3	0,215	1,87	0	3,21 -feo 45,44	0,139	0,016	n.d.
			2	19,8	7	5	20	6,8	0,192	1,2	20	9,62 -feo 26,68	0,187	0,019	n.d.
			4	19	5,8	6	24	7	0,158	0,9	1	2,14 - feo 15,82	0,124	0,024	n.d.
			6	19,5	2,8	5	22	6,8	0,238	1,31	0	nd - feo 8,55	0,302	0,071	n.d.
06/09/05	10:40 AM	Chuvoso	0	19	8,8	1	19	6	< 0,045*	0,71	1	1,60 - feo 54,53	0,187	0,032	n.d.
			2	19	8,4	1	18	5	< 0,045*	1,16	2	nd - feo 25,98	0,22	0,037	n.d.
			4	19	8,2	2	16	6,6	< 0,045*	1,3	1	nd - feo 14,38	0,217	0,035	n.d.
			6	19	6	1	12	6,8	< 0,045*	1,18	4	nd - feo 12,72	0,454	0,077	n.d.
23/11/05	3:40 PM	Nublado	0	25	10	14	45	9,2	0,082	1,601	1	48,6	0,152	0,022	n.d.
			2	24	10,2	12	43	9,5	0,119	2,285	0	43,3	0,197	0,023	n.d.
			4	24	9,4	14	52	9	0,083	2,511	20	63,1	0,223	0,028	n.d.
			6	21	8,6	7	61	9,5	1,84	1,866	2	1,1	0,629	0,333	n.d.
11/01/06	2:00 PM	Tempo bom	0	28	11	5	29	6,5	0,042	0,904	0	72,7	0,103	0,021	n.d.
			2	28	11	6	38	7,5	0,057	0,97	0	39	0,141	0,023	n.d.
			5	27	8,2	6	26	5,5	0,051	0,95	0	78	0,21	0,042	n.d.
			7	25	1,8	5	34	5,5	0,013	1,715	1	25,7	0,415	0,248	n.d.

n.d.: <0.0001

Tabela 5.1.12 Resultado do monitoramento da qualidade da água da CETESB e da JICA (2005)

Data da amostra	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	NT (mg/L)	PT (mg/L)	Clorofila-a (· g/L)
05/01/05	5	<50	1,60	0,05	63,4
09/03/05	4	<50	2,36	0,06	32,4
04/05/05	5	<50	1,80	0,07	67,3
06/07/05	3	<50	1,75	0,03	28,3
18/08/05	6	26	1,87	0,22	45,4
06/09/05	1	19	0,71	0,05	54,5
20/09/05	4	<50	1,29	0,05	52,1
23/11/05	5	<50	2,09	0,06	71,5
23/11/05	14	45	1,60	0,08	48,6
11/01/06	5	29	0,90	0,04	72,7

 :Resultado do monitoramento da JICA

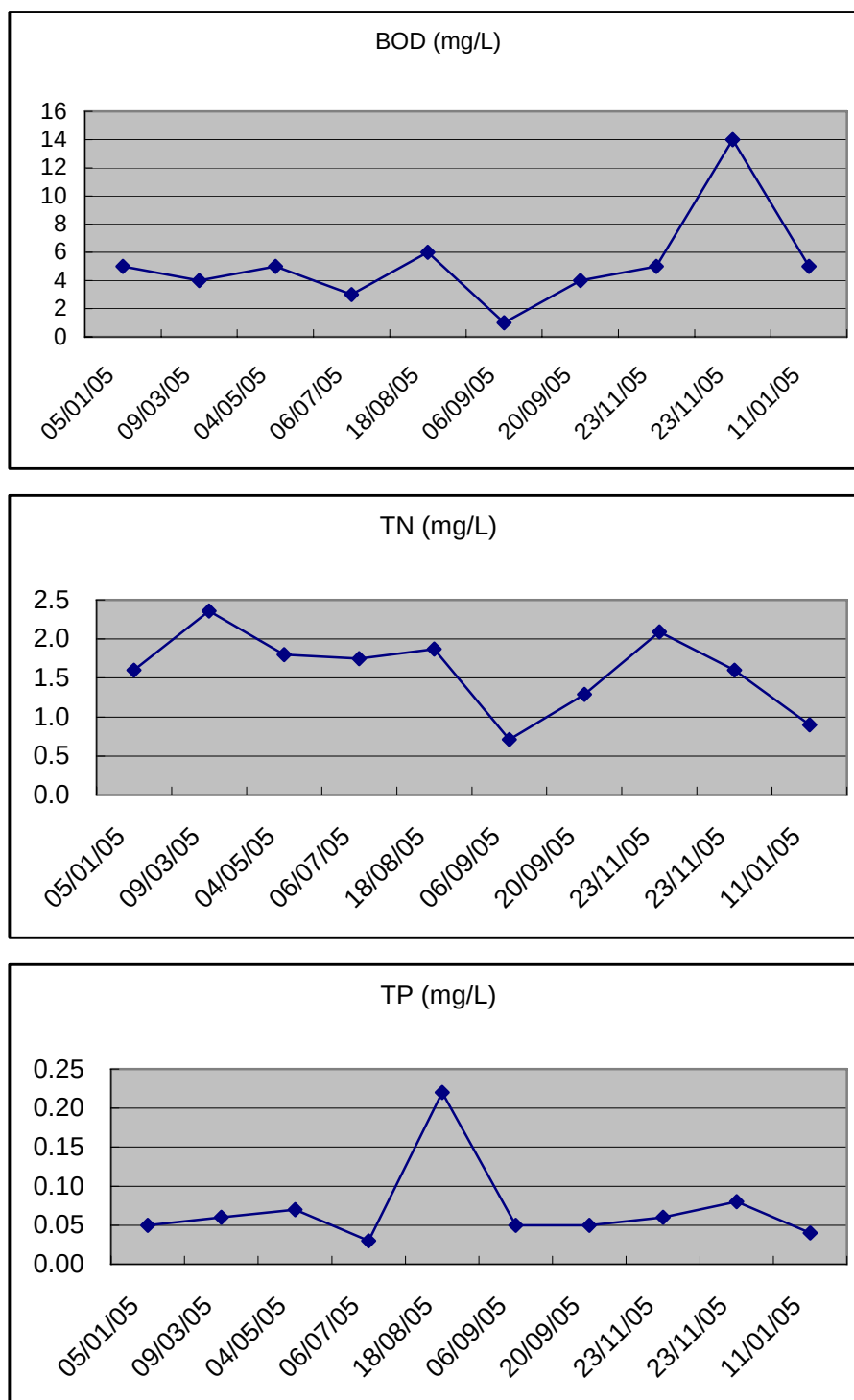


Figura 5.1.15 Resultado do monitoramento da CETESB e da JICA no ano de 2005

5.2 Avaliação da qualidade da água para o estudo

Para a avaliação da qualidade de água, serão usados como referência o relatório da qualidade de água (Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo) e os dados de resultado da pesquisa realizada desta vez.

A CETESB dividiu o Estado de São Paulo em 22 áreas, sendo que a 6ª Área corresponde ao objeto de nossa pesquisa. A avaliação das águas será feita em termos de verificação do impacto à saúde humana por se tratar de mananciais de água encanada e com base no índice de preservação ambiental que verifica a balneabilidade destas águas.

5.2.1 Situação da eutrofização

As causas da contaminação e da poluição de água das lagoas e das represas e suas influências podem ser organizadas conforme abaixo:

Tabela 5.2.1 Causas da poluição e da contaminação de água e seus impactos

CAUSA	IMPACTO
Substâncias em suspensão como terra e areia	Turbidez
Matéria orgânica	Anaeróbio devido ao consumo de oxigênio dissolvido (geração de mau cheiro, mortandade de peixes causada por falta de oxigênio).
Sais nutrientes (nitrogênio, fósforo, etc.)	Eutrofização
Substâncias químicas (agroquímicos, etc.)	Impacto à saúde e ao sistema ecológico.
Microorganismos causadores de doenças	Impacto à saúde.

(Fonte: Relatório de Hirma da Coordenadoria da Qualidade de Água do Centro de Pesquisa Ambiental da Província de Chiba - 2004)

(1) Ambiente de substâncias em lagos e represas

A Represa Billings é importante para os moradores daquela bacia hidrográfica como manancial de água encanada e para fins de irrigação de lavoura, uso industrial, geração de energia elétrica e também como local de recreação. No entanto, a referida área encontra-se com problemas de geração de cheiro de mofo causado por aoko e outras algas, proliferação de outras plantas aquáticas como macrófitas causadas pela eutrofização. Serão feitas considerações acerca da situação da eutrofização da Represa Billings.

A figura abaixo mostra o ambiente de substâncias formado por afluxo na represa, produção interna, sedimentação, eluição e defluxo.

Existem como fonte de poluição da Represa Billings por substâncias orgânicas, as oriundas de residências e indústrias, chamadas de “poluição por cargas pontuais” e as advindas das áreas rurais e urbanas, denominada de “poluição por cargas difusas ou não pontuais”. Além disso,

ocorre a composição de matérias orgânicas provocada pelos plânctons vegetais pertencentes à produção interna. A pesquisa realizada recentemente demonstra que a proporção de matérias orgânicas pertencentes à produção interna é bem maior do que o previsto e, inclusive, é relatado que essas matérias orgânicas de produção interna podem atingir 50% no período do verão, dependendo da área hidrográfica.

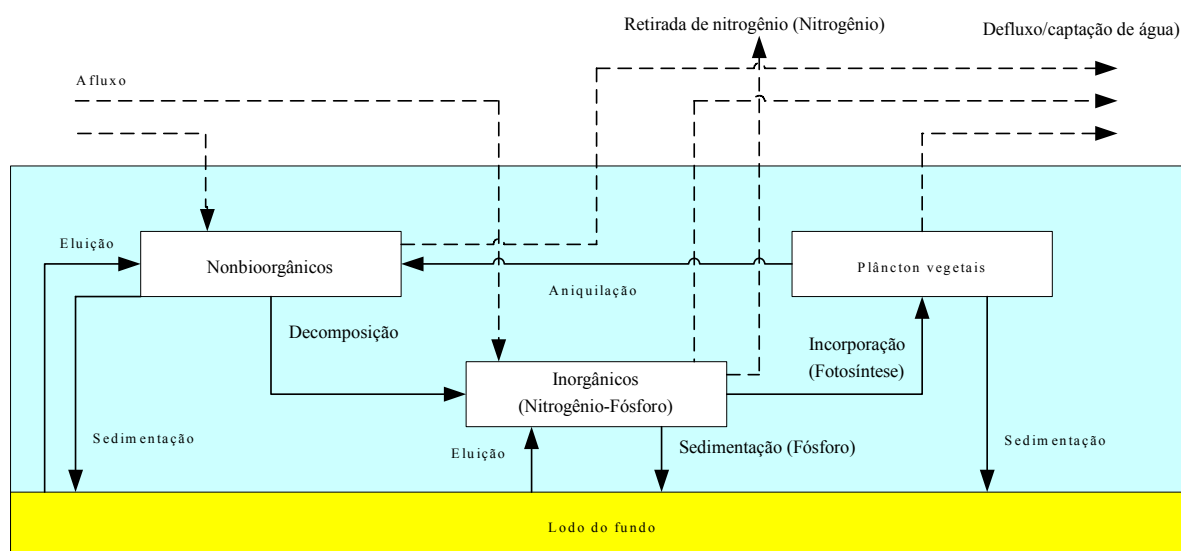


Figura 5.2.1 Ambiente de substâncias formado por afluxo, produção interna, sedimentação, eluição e defluxo

Ao utilizar o COD como indicador de quantidade de matérias orgânicas no ambiente de substâncias da Represa Billings, é possível verificar o total do COD da represa que é a soma do afluxo proveniente de fora e a parte produzida internamente com a proliferação de plânctons vegetais. Acredita-se que a quantidade de proliferação de plânctons vegetais é regulada por concentração de sais nutrientes como o nitrogênio e o fósforo na represa com possibilidade de utilização, quantidade de incidência de raios solares, temperatura de água e tempo de permanência.

Apesar de existir poucos dados de COD da Represa Billings, segundo dados da CETESB, a média anual entre 1994 e 2003 no ponto de medição BITQ00100, localizado no extremo do braço do sudoeste da Represa Billings é de 8,17mg/L e no ano de 2004 é de 5,85mg/L. É difícil prever o COD de todas as regiões da Represa Billings só com dados de um ponto, mas pelo fato de este ponto apresentar-se praticamente no mesmo nível de todas as regiões a oeste da Rodovia Imigrantes em se tratando das condições geográficas e da proliferação de aoko, é possível imaginar que se aproxima de um valor representativo da qualidade de água.

O resultado da medição do COD na Represa Billings apresenta-se relativamente alto, fato este pode ser explicado pelos seguintes motivos.

Os plânctons vegetais na água promovem a fotossíntese da mesma forma que vegetais terrestres, portanto, o nitrogênio e o fósforo na água exercem as idênticas funções de fertilizantes, causando exuberância e proliferação dos plânctons vegetais. Assim sendo, mesmo que se diminua o afluxo de matérias orgânicas, haverá a produção interna causada pela proliferação de plânctons vegetais, se o nitrogênio e o fósforo não forem reduzidos, resultará no aumento de matérias orgânicas como o COD, não podendo, deste modo, esperar pela redução do mesmo.

(2) Situação de eutrofização na Represa Billings e no Braço do Rio Grande

O nitrogênio e o fósforo necessários como sendo sais nutrientes para a proliferação dos plânctons na água são empregados como indicadores para avaliar a situação de eutrofização das lagoas e represas.

Os dados relativos à medição do nitrogênio e do fósforo na Represa Billings e no Braço do Rio Grande estão relativamente completos, sendo que os nitratos, o nitrogênio-amônia, o fósforo total e a média entre 1992 e 2002 e nos anos 2003 e 2004 dos respectivos pontos-núcleo de medição nas regiões são conforme abaixo.

Tabela 5.2.2 Comparação da concentração do nitrogênio e do fósforo na Represa Billings e no Braço do Rio Grande

Ponto de Monitoramento	Ano dos Dados	NKT mg/L	NH ₄ -N mg/L	NO ₂ -N mg/L	NO ₃ -N mg/L	T-N mg/L	T-P mg/L	T-N/T-P
BILL02100	2004	1,14	0,13	0,06	1,49	2,69	0,087	31
	2005							
BILL02500	2004	0,92	0,10	0,04	0,77	1,73	0,063	27
	2005							
BILL02900	2004	0,95	0,07	0,14	1,48	2,57	0,048	54
	2005							
BITQ00100	2004	1,58	0,05	0,02	0,43	2,03	0,088	23
	2005							
RGDE02200	2004	1,69	0,62	0,17	2,59	4,45	0,082	54
	2005							
RGDE02900	2004	0,83	0,11	0,05	0,73	1,61	0,070	23
	2005							

As lagoas e represas são classificadas em eutrofização alta, média e baixa, segundo o nível de produção de seres vivos. As referências de classificação no Japão são mostradas na tabela

abaixo.

Tabela 5.2.3 Classificação das lagoas e represas segundo a concentração de nitrogênio e de fósforo

Tipo de Eutrofização	Nitrogênio (n)	Fósforo (p)
Baixa	0,02 – 0,2mg/L	0,002 – 0,02mg/L
Média	0,1 – 0,7mg/L	0,01 – 0,03mg/L
Alta	0,3 – 1,3mg/L	0,01 – 0,09mg/L

Tem-se a tabela abaixo ao organizar, com base na classificação acima, quanto ao estado de eutrofização em cada ponto pesquisado com base nos dados relativos à Represa Billings e do Braço do Rio Grande (média entre 1993 e 2002). O ponto BILL02100, área central da Represa Billings e o BILL02500 na Guarapiranga apresentam alta eutrofização, tanto de nitrogênio quanto de fósforo, enquanto que o BILL02900 na área de entrada do Braço a sudeste e o BITQ00100 situado na extremidade do Braço que se estende da região central até o sul, são de alta eutrofização pelo fósforo em ambos os pontos, mas o nitrogênio encontra-se no estado de média eutrofização. Ao observar a situação em termos de concentração de nitrogênio e de fósforo, pode-se dizer que tanto a Represa Billings quanto ao Braço do Rio Grande encontra-se no estado de alta eutrofização.

Tabela 5.2.4 Estado de eutrofização da Represa Billings e do Braço do Rio Grande

Código do ponto	Nitrogênio (n)	Fósforo (p)
BILL02100	Alta eutrofização	Alta eutrofização
BILL02500	Alta eutrofização	Alta eutrofização
BILL 02900	Média eutrofização	Alta eutrofização
BITQ00100	Média eutrofização	Alta eutrofização
RGDE02200	Alta eutrofização	Alta eutrofização
RGDE02900	Alta eutrofização	Alta eutrofização

No que se refere ao afluxo dos poluentes de matérias orgânicas e dos sais nutrientes, existem como poluição por cargas pontuais formadas pelos efluentes das favelas (construção ilegal de casas), que formam as vilas na bacia hidrográfica, e efluentes provenientes das fábricas de produtos químicos de grande porte. Enquanto que em relação à poluição por cargas difusas ou

não pontuais, é possível imaginar nos efluentes que tem como origem a área urbana do município de São Paulo. A área noroeste da Represa Billings é junto à cidade de São Paulo, motivo pelo qual é verificado o progresso da eutrofização na totalidade dessa região e a proliferação de aoko, e ainda, em parte dos braços é gerado o mau cheiro e verificou-se a geração de gás metano em consequência da decomposição.

Inclusive na Represa de Guarapiranga situada a oeste da Represa Billings, desde 7 anos atrás, o aoko e outras espécies de algas estão afetando a qualidade da água encanada. Desde antigamente o aoko e outras algas presentes nessa represa, sendo que os mesmos eram controlados através da pulverização de sulfato de cobre (CuSO_4). Entretanto, com a mudança da legislação proibindo a pulverização do sulfato de cobre em represas, não foi possível controlar a proliferação das algas, motivo pelo qual afetou o tratamento de purificação da água.

E ainda, um dos motivos do estado de alta eutrofização pelo fósforo em todos os pontos de medição na Represa Billings e no Braço do Rio Grande, é a presença do ácido fosfórico (aditivo para melhorar a formação de espuma com o abaixamento da dureza de água) contido em detergentes que são utilizados em todas as áreas da referida bacia hidrográfica. Esse fato é evidenciado pela detecção do agente ativo interfacial de íon negativo (MBAS), principal composição de detergentes, no nível aproximado de 0,1mg/L em todos os pontos de medição.

Diante dessa situação, o governo do Estado de São Paulo está estabelecendo padrões ambientais e promovendo a redução do afluxo de nitrogênio e de fósforo através das regulamentações de efluentes. No entanto, a realidade mostra que os resultados da regulamentação não estão satisfatórios devido a fatores sócio-econômicos.

Acredita-se que existem no lodo do fundo (sedimentação no fundo) da Represa Billings, altas concentrações de nitrogênio e de fósforo despejados no passado. Um dos ambientes de substância na represa é caracterizado pela proliferação de plânctons devido à eluição de sais nutrientes a partir da sedimentação no fundo. Este fenômeno deve estar ocorrendo motivado pela aceleração da proliferação de plânctons vegetais através da eluição do nitrogênio e do fósforo da sedimentação do fundo com a elevação da temperatura de água no período do verão.

O carbono contido na matéria orgânica é decomposto em dióxido de carbono e água pelos microorganismos, enquanto que o nitrogênio e o fósforo contidos na matéria orgânica, mesmo sofrendo decomposição para transformar-se em ácido nítrico e ácido fosfórico, passam a ser nutrientes para a proliferação dos plânctons vegetais. Assim sendo, com o afluxo de nitrogênio e de fósforo em represas e bacias hidrográficas fechadas, estes elementos se transformam nessas condições e começam a circular gerando proliferação anormal de aoko e algas causadoras de cheiro de mofo.

Em seguida, será feita a comparação da concentração de clorofila-a que é o padrão sugerido por Vollenweider (1986) da OMS como sendo indicador de eutrofização. A clorofila-a é um pigmento contido nas espécies de algas, sendo que é empregada como indicador para avaliar a quantidade de algas devido à sua extremamente alta correlação com as mesmas. De acordo com o padrão de Vollenweider, a média entre 1994 e 2003 dos pontos BILL02100, BILL02500 e BITQ00100 estão no estado de acentuada eutrofização e, tanto BILL02900 da Represa Billings quanto RGDE02900 do Braço do Rio Grande, encontram-se no estado de alta eutrofização, apesar de ser uma avaliação levemente mais rigorosa em relação a que foi feita pelo nitrogênio e fósforo. De qualquer forma, ambas as avaliações demonstram a situação de alta eutrofização.

Tabela 5.2.5 Padrão de eutrofização de Vollenweider

Estado de eutrofização	Concetração de Clorofila-a (µg/l)	
	Média	Máxima
Alta eutrofização	8,0 - 25,0	25,0 - 75,0
Acentuada eutrofização	>25,0	>75,0

No entanto, observada a situação através da geração de aoko, verifica-se que a Represa Billings está constantemente a 40 - 80µg/L conforme mostram os dados de clorofila-a, enquanto que no Braço do Rio Grande é cerca de 10µg/L, representando apenas de 1/4 a 1/8 da Represa, constatando uma grande diferença no volume produzido.

Tabela 5.2.6 Clorofila-a da Represa Billings

Código do Ponto de Medição	Clorofila-a (µg/L)	
	Média entre 1994 a 2003	Média de 2004
BILL02100	89,35	54,93
BILL02500	42,18	41,93
BILL02900	20,33	
BILL00100	58,09	48,22
RGDE02200		
RGDE02900	13,01	10,00

Até o momento não está ocorrendo uma acentuada geração de Microcystis, espécie de algas azuis, representado por aoko no Braço do Rio Grande, sendo que a espécie predominante é a alga verde Mougeotia. Na superfície da Represa Billings é constatado constantemente, mesmo agora, um filme fino de Microcystis.

5.2.2 Avaliação da Qualidade da Água do ponto de vista da preservação ambiental

A classificação dos corpos d'água pelos parâmetros ambientais de qualidade da água é:

- Classe 2: corpo central da Represa Billings, da Barragem de Pedreira até o Summit Control, inclusive o Braço do Rio Grande;
- Classe Especial: braço dos Rio Bororé, Taquecetuba, Pedra Branca e Capivari e todos os seus afluentes à montante do primeiro cruzamento com a linha de alta tensão da Light; braço do Rio Pequeno e todos os seus afluentes à montante do cruzamento com a Via Anchieta.

Existem 6 pontos de monitoramento dos parâmetros de qualidade da água, sendo 4 na Represa Billings e 2 no Braço do Rio Grande. O número total de variáveis de qualidade da água é 103, e a CETESB realiza o monitoramento a cada bimestre. No entanto, nem todos as variáveis são analisadas, sendo centro principal da análise alguns indicadores orgânicos de poluição e outros inorgânicos de qualidade da água, tais como precipitação, coloração, pH, temperatura, temperatura da água e transparência, totalizando 27 variáveis físico-químicas; 3 variáveis microbiológicas; 1 variável ecotoxicológica. A situação do cumprimento dos parâmetros ambientais no período de 3 anos entre 2003 e 2005 está demonstrada na **Tabela 5.2.7**. Através dessa tabela, é possível observar o não-cumprimento de parâmetros como DBO₅, Alumínio, Fenol, Manganês e Fósforo Total, em ambos os reservatórios.

Tabela 5.2.7 Situação do cumprimento de alguns dos parâmetros ambientais nos reservatórios Billings e Braço do Rio Grande

(Unidade: em quantos dos 6 monitoramentos anuais os parâmetros não foram alcançados)

Variáveis Ambientais	Represa Billings												Braço do Rio Grande					
	BILL02100			BILL02500			BILL02900			BITQ00100			RGDE02900			RGDE02200		
	Próximo à Barragem de Pedreira			Ponto de junção com Taquacetuba			Captação do Summit Control			Taquacetuba			Próximo à captação da ETA			Ponto Central		
	2			2			2			Especial			2			2		
Ano	03	04	05	03	04	05	03	04	05	03	04	05	03	04	05	03	04	05
Alumínio	4	2	4	2	3	5	2	3	3	5	4	5	1	2	3	5	4	5
Cloretos													1					
Chumbo												1						
Cobre													3	5			2	
DBO _{5, 20}	3	1	1	3	1		2			6	5	5	1	1		3	1	3
Fenóis		2				1		2	1		1			2				
Fósforo Total	5	6	6	5	6	5	5	5	4	5	6	6	5	3		4	5	5
Manganês															3	1		2
Merúrio							2									2		
Níquel															1			
Amônia	1															4	3	1
Nitrate			1														1	
Nitrite																1		
OD	1		2	1						1			1					
Turbidez	1																	

Nota1) Os parâmetros ambientais do CONAMA foram revisados em 2004, podendo haver diferença entre os valores de 2005 e dos anos anteriores, conforme a variável;

Nota2) Na revisão do CONAMA de 2004, o parâmetro “Alumínio: 0,1mg/l” mudou para “Alumínio solúvel: 0,1mg/l”. No entanto, como não houve alteração da metodologia de teste, não foi avaliado o cumprimento ou não de tal parâmetro, tendo sido mantido para 2005 os valores do parâmetro antigo;

Os parâmetros ambientais para os níveis de Cobre não estão sendo cumpridos no Braço do Rio Grande, porém estão sendo cumpridos em seus afluentes Ribeirão Pires e Rio Grande, que são as maiores fontes de vazão de cargas poluentes desse reservatório, de onde se conclui que só pode estar sendo gerado por fontes internas. Acreditamos que os níveis de Cobre no Braço do Rio Grande sejam causados pela utilização de Sulfato de Cobre como algicida, para facilitar a captação e tratamento na ETA Rio Grande.

Existem inúmeros parques e clubes de esporte instalados ao longo da margem da Represa Billings, Braço do Rio Grande e da Represa Guarapiranga, conforme mostra a figura abaixo. A Represa Billings e o Braço do Rio Grande são mananciais de água encanada e ao mesmo tempo, as margens destas represas constituem ambiente aquático importante para o lazer da população.



Figura 5.2.2 Clubes e Parques às margens da Represa Billings e Braço do Rio Grande

A CETESB realiza anualmente a avaliação da balneabilidade das águas da Represa Billings e do Braço do Rio Grande. A avaliação quanto à balneabilidade nas bacias hidrográficas é dividida em 4 categorias em função do nível de coliformes fecais e de microorganismos infecciosos, sendo que em todos os pontos de medição, do centro até o lado leste da Represa Billings, apresentaram resultados normais com boa balneabilidade. Observando a evolução da avaliação da Represa Billings e do Braço do Rio Grande entre 1995 e 2004, pode-se dizer que há uma tendência de melhora geral na qualidade da água.

Tabela 5.2.8 Evolução do resultado de avaliação da balneabilidade

	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04
Clube Prainha Taiti	D	C	C	B	B	C	B	C	C	C
Clube de Campo do Sind. Metal. Do ABC				A	B	B	A	C	A	A
Próximo ao Zoológico do Parque Municipal	C	C	C	C	C	B	A	A	C	C
Prainha do Parque Municipal	D	C	C	C	C	C	C	A	A	A
Prainha da ETE	D	D	D	D	D	D	C	C	C	C
Parque Imigrantes							C	C	C	C
Próximo a Entrada de DERSA					C	C	C	C	C	C
Praia do Jardim Los Angeles				C	C	B	C	C	C	C

Qualificação

- A: Ótimo Praias classificados como EXELENTE em 100% do ano
- B: Boa Praias PROPRIAS em 100% do ano exceto as classificados como EXELENTE em 100% do ano
- C: Regular Praias classificados como IMPROPRIAS em porcentagem de tempo inferior a 50% do ano
- D: Má Praias classificados como IMPROPRIAS em porcentagem de tempo igual ou superior a 50% do ano

Obs: Os dados em destaque são da Represa Billings, e o restante do Braço do Rio Grande.

5.2.3 Avaliação da qualidade de água verificada a partir dos mananciais de água para abastecimento

Da Represa Billings são enviados 4,0m³/s de água do Braço de Taquacetuba para a Represa Guarapiranga, desta represa são captadas de 14 a 15m³/s e depois de tratadas são distribuídas no Município de São Paulo. No Braço do Rio Grande são captadas 4,5m³/s de água destinada para água encanada, sendo esta tratada na Estação de Tratamento Rio Grande e posteriormente distribuída como água potável para a região do ABC.

Estão listados abaixo os supostos problemas da qualidade de água da Represa Billings e do Braço do Rio Grande como mananciais da água encanada.

1) Represa Billings

- Geração de grande quantidade de cianobactérias (*aoko: Microcystis*)
- Geração de cheiro de mofo (2-MIB)

- Geração do cheiro de decomposição em determinados braços e geração de gás metano
- Alta cromaticidade

2) Braço do Rio Grande

- Geração do cheiro de mofo (2-MIB)
- Formação de algas verdes (*Mougeotia*)
- Formação de plantas aquáticas (macrófitas)
- Eluição de ferro e de manganês a partir da sedimentação do fundo
- Alta cromaticidade
- Baixa alcalinidade

(1) Situação da geração de algas

Verifica-se uma nítida diferença na formação de algas entre Represa Billings e Braço do Rio Grande. Acredita-se que se deve à diferença do nível de eutrofização.

O aparecimento de algas (plânctons vegetais) e a quantidade de proliferação possui uma estreita relação. Geralmente, em lagos e represas de baixa eutrofização aparecem predominantemente algas do tipo baciolarifita e algas douradas, em pequena quantidade. Enquanto que com o avanço da eutrofização, a predominância passa a ser de algas verdes, algas azuis e algas Euglena, demonstrando também um aumento de suas variedades. Com o avanço acentuado da eutrofização, ocorre a diminuição das variedades de espécies, mas com tendência extremamente forte de aumentar a quantidade de seres vivos.

a) Represa Billings

Na pesquisa realizada desta vez na Represa Billings, foi observada a presença de aoko praticamente em toda a superfície, excluindo-se o lado leste da Rodovia dos Imigrantes. A espécie predominante de aoko na Represa Billings é a *Microcystis*, detectando-se ainda, *Anabena* em determinadas áreas causando cheiro de mofo (2-MIB). Dentro de aoko foram detectados *Cylindrospermopsis* além do *Microcystis*.

b) Braço do Rio Grande

Não foi constada a geração de aoko no Braço do Rio Grande durante a pesquisa realizada desta vez.

A predominância de algas detectadas no Braço do Rio Grande foi a família de *Mougeotia*,

tendo ainda muitas espécies de algas verdes como a Euglena e a Staurastrum. Pelo fato de não ter praticamente detectada a presença de Microcystis, presume-se que o nível de eutrofização no Braço do Rio Grande é mais baixo em relação à Represa Billings.

(2) Impacto das algas sobre a saúde (toxicidade das algas azuis)

A presença de aoko é normal nas lagoas e nas represas situadas próximas ao nosso redor, diante disso, julgamos que não é prejudicial à saúde e mesmo com certa suspeita, acabamos achando que no máximo poderia prejudicar o sabor e o odor da água potável. Entretanto, existem relatórios apontando a morte de animais domésticos com a ingestão de água contendo aoko e ocorrência de disfunção hepática entre homens na época de proliferação dos mesmos nas regiões que utilizam a água de lagoas e de represas para o consumo, chamando a atenção sobre o aparecimento das algas azuis tóxicas.

Foi confirmada até hoje a presença de toxinas em muitas algas azuis e as mesmas são classificadas em função dos órgãos prejudicados: toxina para o fígado, toxina para o sistema nervoso, toxina para as células, etc. São conhecidas as espécies de Microcystin, toxina para o fígado produzida a partir de Microcystis aeruginosa, M.viridis, Anabaena flos-aquae e Oscillatoria agardhii; a toxina para o sistema nervoso Anatoxin-a e Anatoxin-a(s) gerada a partir de Anabaena flos-aquae e Neosaxitokicyn e Saxitocykin produzida a partir de Aphanizomenon flos-aquae. Além dessas, a toxina para as células Scytophicin, é produzida a partir de Scytonema pseudohofmanni e Hapalindol A gerado a partir de Hapalosiphon fontinalis.

(3) Prejuízos causados pelas algas azuis tóxicas

A figura abaixo mostra o mapeamento das regiões que tiveram prejuízo entre os animais domésticos e outros animais com as algas azuis tóxicas e os países que relataram o aparecimento das mesmas.

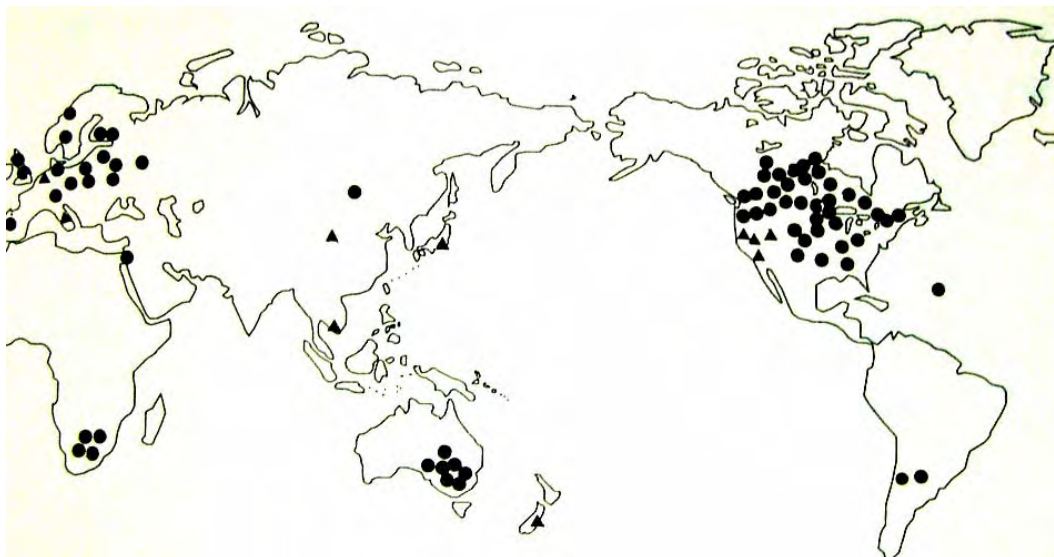


Figura 5.2.3 Regiões reconhecidas sobre prejuízo entre animais com as algas azuis tóxicas

Inclusive no Brasil estão ocorrendo acidentes causados por Microcystin. A ocorrência foi em fevereiro de 1996, no Centro de Hemodiálise do Município de Caruaru, a 134km do Recife, capital do Estado de Pernambuco.

Neste hospital, teve a manifestação do sintoma em 117 dos 136 pacientes (86%) e posteriormente, 100 foram acometidos pela hepatite aguda, dos quais 50 vieram a falecer. Atualmente, esse acidente é denominado de “Síndrome de Caruaru”. Por se tratar de um acidente com origem na água encanada, as entidades que cuidam da água encanada possuindo mananciais com geração de aoko, devem intensificar o controle das fontes e o tratamento de água.

(4) Situação de geração de odor

Existem muitos tipos de odor da água encanada como, por exemplo, cheiro de mofo, de peixe, de alga, de terra, de remédio, de metal etc. e na água encanada proveniente das represas como manancial, o cheiro de mofo e o de peixe se tornam problemas causados pelas algas. Inclusive, na Represa Billings e no Braço do Rio Grande também é constatado o cheiro de mofo causado pelas algas azuis da espécie de Anabaena e Oscillatoria.

A **Tabela 5.2.9** abaixo mostra as algas que produzem geralmente o cheiro de mofo e os tipos de mofos.

Tabela 5.2.9 Espécie de algas azuis com a produção comprovada de substâncias geradoras do cheiro de mofo

ESPÉCIE DE ALGAS AZUIS	SUBSTÂNCIA CAUSADORA DO CHEIRO DE MOFO
<i>Anabaena macrospora</i>	Geosmin
<i>Anabaena spiroides</i>	Geosmin
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	Geosmin
<i>Oscillatoria agardhii</i>	Geosmin
<i>Oscillatoria amoena</i>	Geosmin
<i>Oscillatoria splendida</i>	Geosmin
<i>Phormidium autumnale</i>	Geosmin
<i>Schizothrix muellerii</i>	Geosmin
<i>Oscillatoria cortiana</i>	2-metyl-iso-boruneol
<i>Oscillatoria geminata</i>	2-metyl-iso-boruneol
<i>Oscillatoria limnetica</i>	2-metyl-iso-boruneol
<i>Oscillatoria tenuis</i>	2-metyl-iso-boruneol
<i>Phormidium favosum</i>	2-metyl-iso-boruneol
<i>Phormidium tenue</i>	2-metyl-iso-boruneol

(5) Subprodutos de desinfecção

Existem como subprodutos de desinfecção o trihalometano e o ácido dicloroacético, espécie de ácido haloacético como o ácido tricloroacético, aldeído fórmico e o íon do ácido brômico, apesar disso, o único item medido na Estação de Tratamento do Rio Grande é o trihalometano. Acredita-se que em relação ao aldeído fórmico e ao íon do ácido brômico não tenha problema do ponto de vista do método de tratamento de água empregado e do tipo da fonte hídrica, no entanto, é desejável que se faça a medição das espécies do ácido haloacético, especialmente do ácido dicloroacético.

O PFTHM (capacidade de geração do trihalometano), segundo a pesquisa realizada pela CETESB, foi de 240µg/L na média entre 1994 e 2003 e 293µg/L em 2004, situação esta demonstrando bem acima do padrão da qualidade de água que é de 100µg/L. Na Estação de Tratamento do Rio Grande que processa essa água bruta, a média de trihalometano na água tratada entre 1997 e 2002 foi de 64µg/L, com o valor máximo de 158µg/L e, em 3 oportunidades, ultrapassou o padrão de 100µg/L.

(6) Substâncias químicas

Estão sendo detectados diversos tipos de agroquímicos na água tratada pela Estação de Tratamento do Rio Grande.

Está instalada uma fábrica de produtos químicos, denominada Solvay, de grande porte, ao sul

do Braço do Rio Grande, sendo que supostamente a referida fábrica é a fonte de contaminação pelo despejo de efluentes. Está programado que até dezembro de 2005, esses efluentes serão enviados para a Estação de Tratamento ABC da SABESP, motivo pelo qual a previsão é de melhora no futuro. Entretanto, é possível que se tenha acúmulo de sedimentação no fundo de agroquímicos e de metais pesados, motivo pelo qual, é necessário continuar com o monitoramento.

5.3 Qualidade da água, quantidade de carga e lodo da represa billings, do braço do rio grande e de seus afluentes

5.3.1 Tendências da qualidade da água dos principais pontos de monitoramento de qualidade da água

O sumário de monitoramento dos lagos e rios do presente estudo se encontra na **Tabela 5.3.1**.

Os pontos de monitoramento se encontram na **Figura 5.3.1** e **Figura 5.3.2**.

Tabela 5.3.1 Sumário do monitoramento da qualidade da água

		Número de pontos	Frequência de mostragem	OBS
Lago	Represa Billings	6 pontos (pontos de monitoramento da CETESB)	4 vezes	Distribuição vertical (qualidade do fundo 3 pontos)
	Braço do Rio Grande	3 pontos (pontos de monitoramento da CETESB), além de 11 pontos das enseadas	4 vezes, 2 vezes nas enseadas	Distribuição vertical, nas enseadas apenas a camada superficial (qualidade do fundo 2 pontos) Estudo de profundidade
Rio	Afluentes	20 pontos (incluindo 2 ETes)	4 vezes, 6 vezes nos 11 rios principais	Apenas camada superior, inclusive vazão

(1) Qualidade da água da represa Billings

1) Variação superficial

É apresentada na **Figura 5.3.3** a variação superficial (de Barragem de Pedreira até o Summit) baseado no resultado de 4 amostragens da qualidade da água. Vejamos os principais parâmetros da qualidade da água.

5 - 45

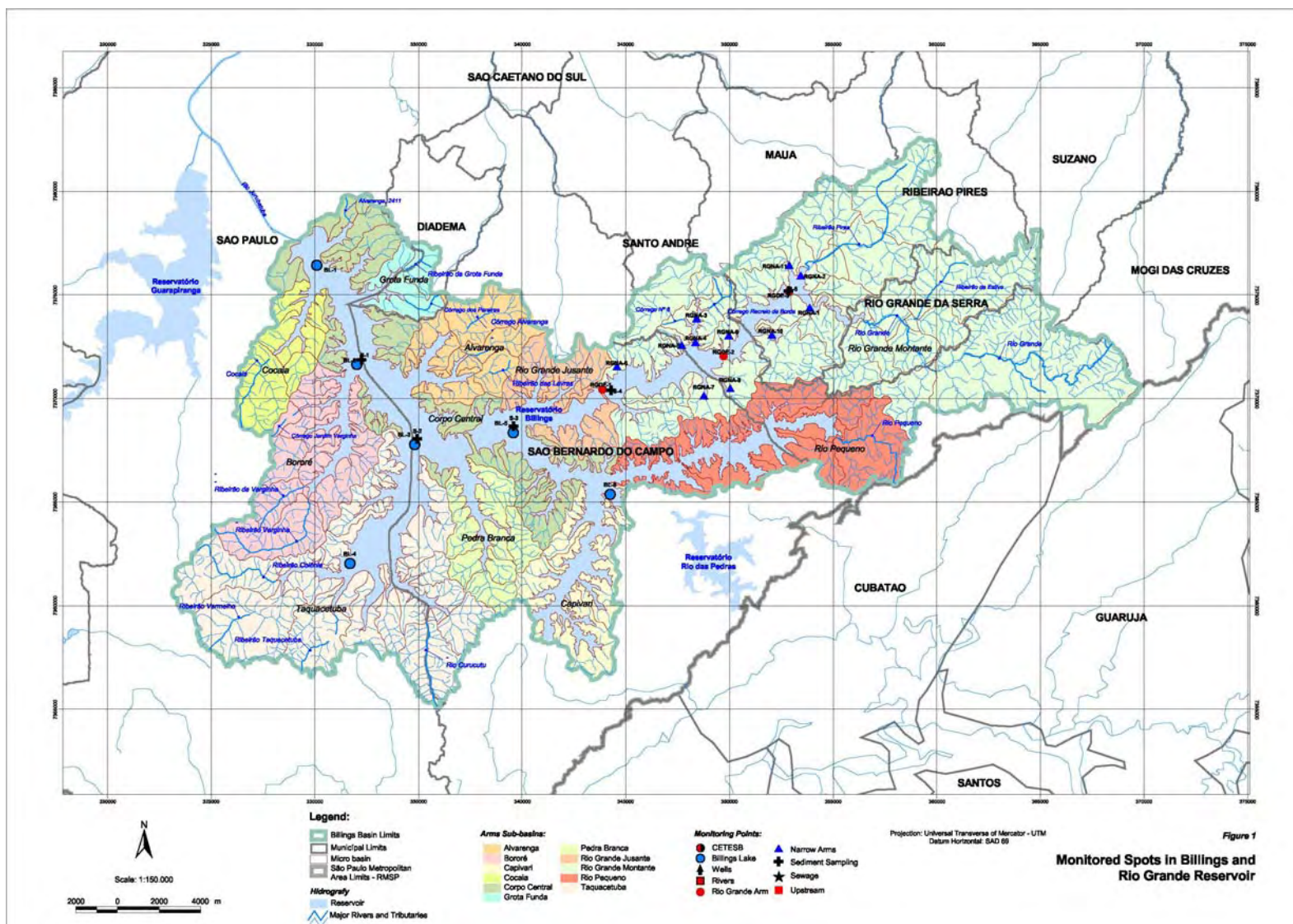
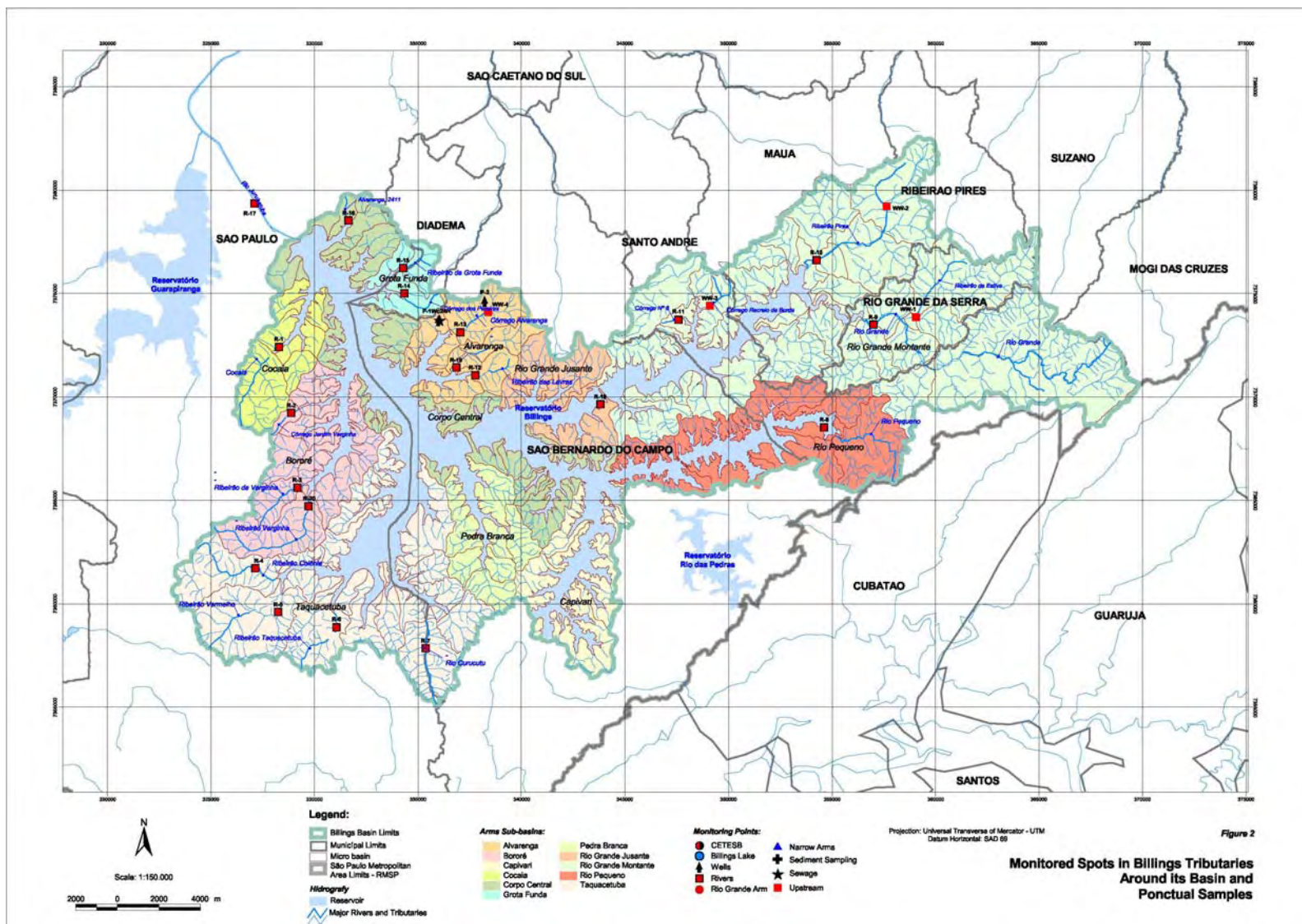


Figura 5.3.2 Pontos de monitoramento nos afluentes aos reservatórios



Quanto à DBO, a maioria dos pontos não cumpre o padrão de qualidade da água de menos de 5 mg/L. Essa tendência, excluindo a estação de seca, no mês de Agosto, quando o impacto dos efluentes de carga sobre o Rio Cocaia é pequeno (depende da água da chuva), apresentando uma curva em forma de redoma que diminui suavemente, o ponto de monitoramento BL-4 de Taquacetuba foi o que apresentou o menor valor. Outros parâmetros da qualidade da água como TN, TP, Clorofila a, Coliformes F, entre outros, também demonstram uma tendência semelhante.

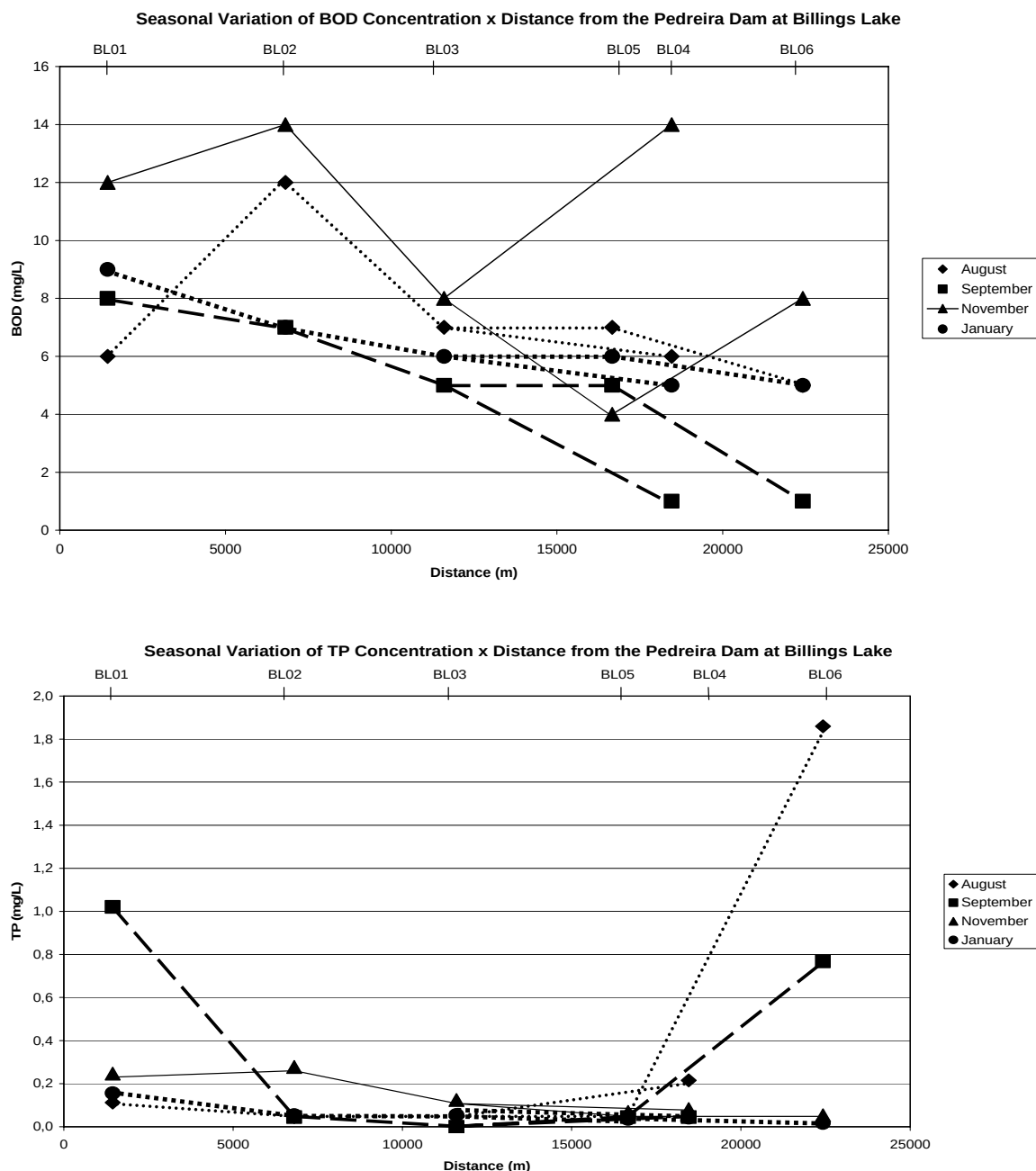


Figura 5.3.3 (1) Alteração da Qualidade da Água na Represa Billings (DBO, TP)

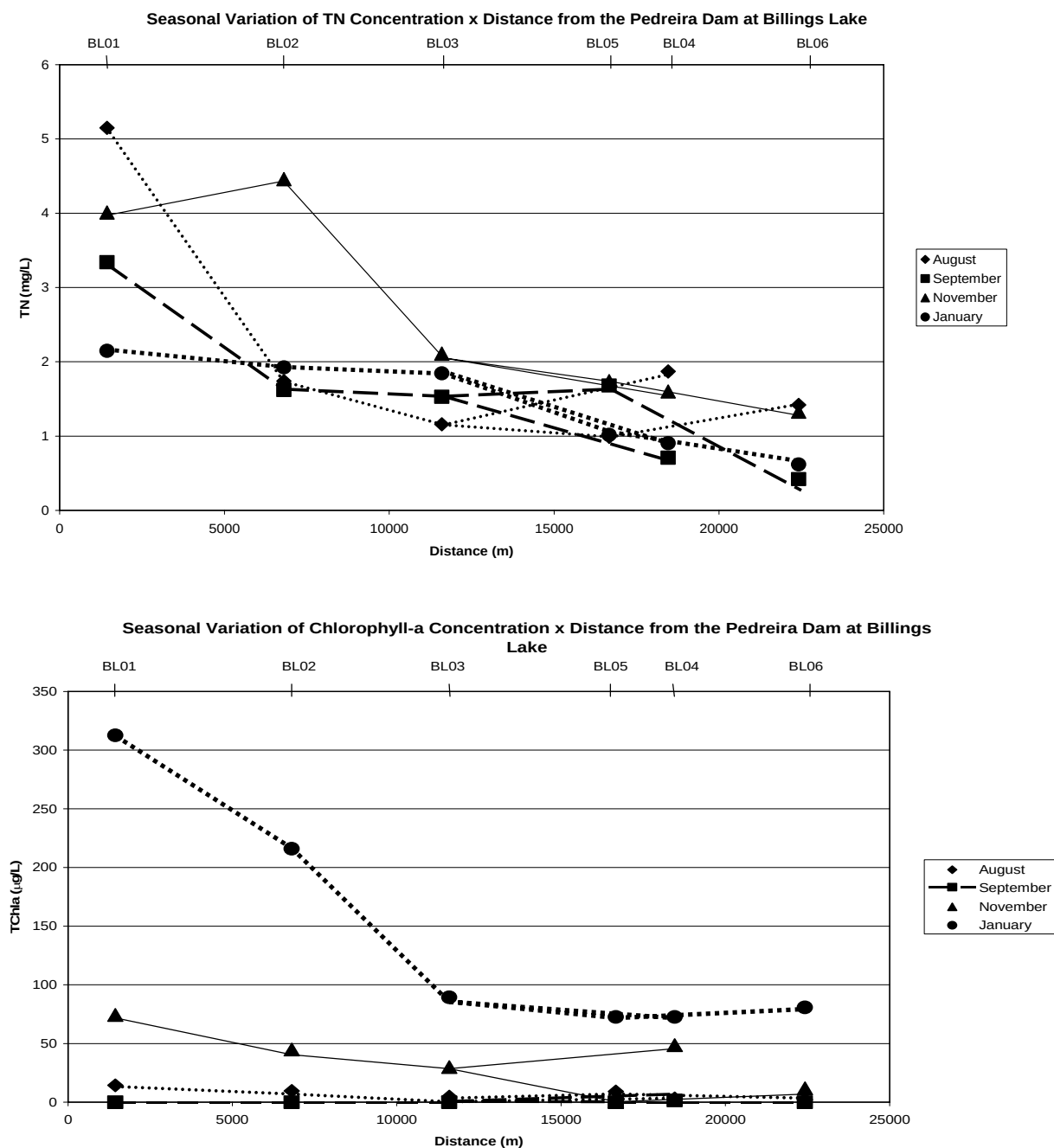


Figura 5.3.3 (2) Alteração da Qualidade da Água na Represa Billins (TN, Clorofila-A)

2) Variação vertical dos pontos de monitoramento

É apresentada na **Figura 5.3.4** a distribuição vertical da temperatura da água e a qualidade da água em OD no ponto BL-01.

Principalmente, no monitoramento do mês de Agosto durante a estação de seca, sem precipitações, foi observado em BL-1 uma clara distinção de camadas (não foi observada camadas distintas nos demais pontos). Nos monitoramentos posteriores de BL-01, as camadas

foram desmanchadas devido a afluições, como de precipitações, captação de água potável e impacto dos ventos, formando uma camada única. No monitoramento do mês de Agosto em BL-1, para as profundidades abaixo de 4 m , o nível de OD estava abaixo de 2 mg/L, apresentando um estado deficiente de oxigênio, formando um ambiente propício para a dissolução de nutrientes como TN, TP e metais pesados como Mn, Fe, Hg , etc. Deste modo, apesar de não ocorrer em toda a represa, nos pontos de monitoramento próximos à Pedreira, forma-se sazonalmente uma camada de transição entre 2 camadas.

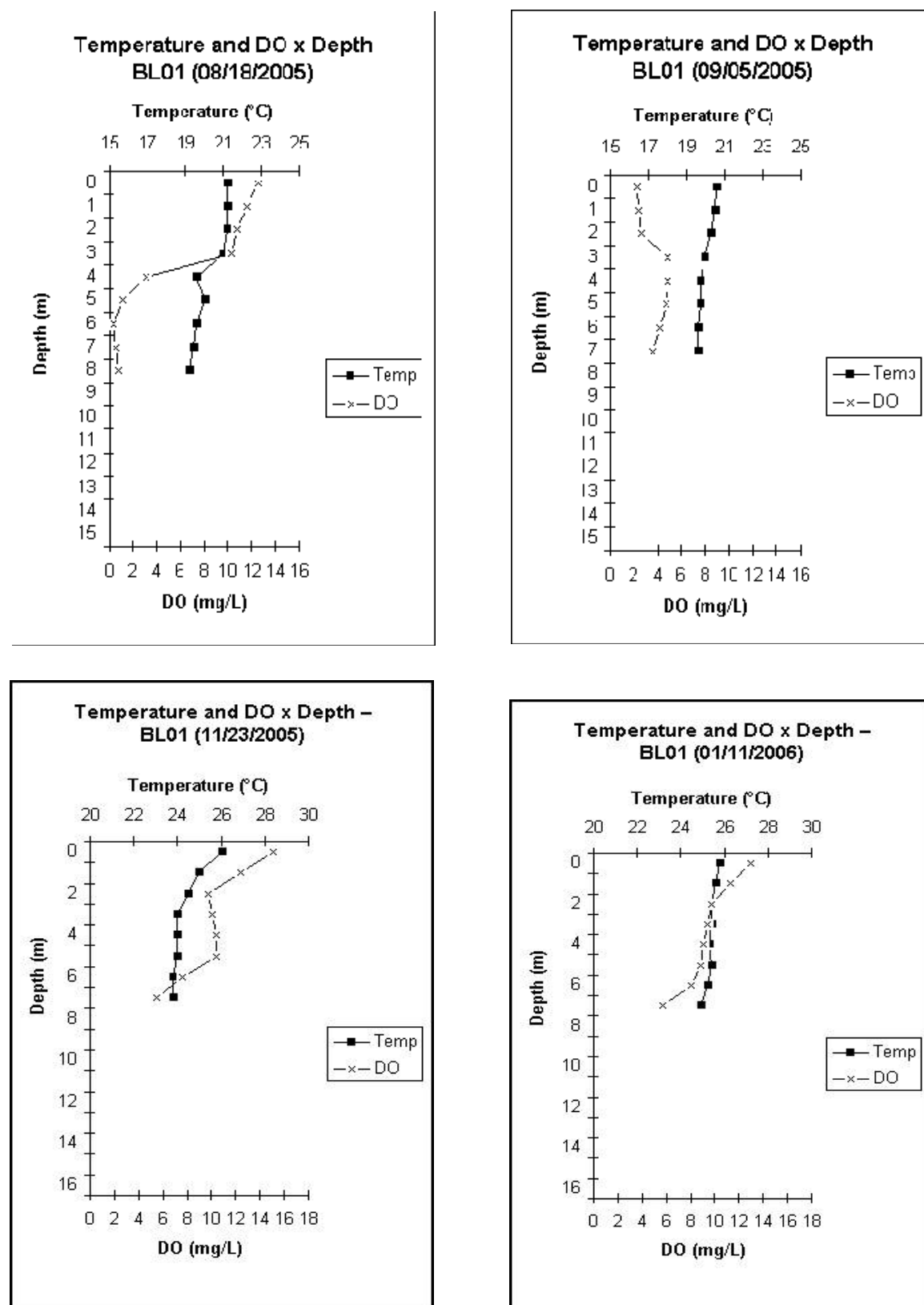


Figura 5.3.4 Variação vertical da qualidade da água na Billings (ponto BL01)

3) Alteração sazonal

A alteração sazonal é apresentada na **Figura 5.3.3**. Foi observada uma tendência maior de poluição durante a estação de chuva do que durante a estação de seca. Principalmente a Clorofila-a apresentou um valor grande durante a estação de chuva.

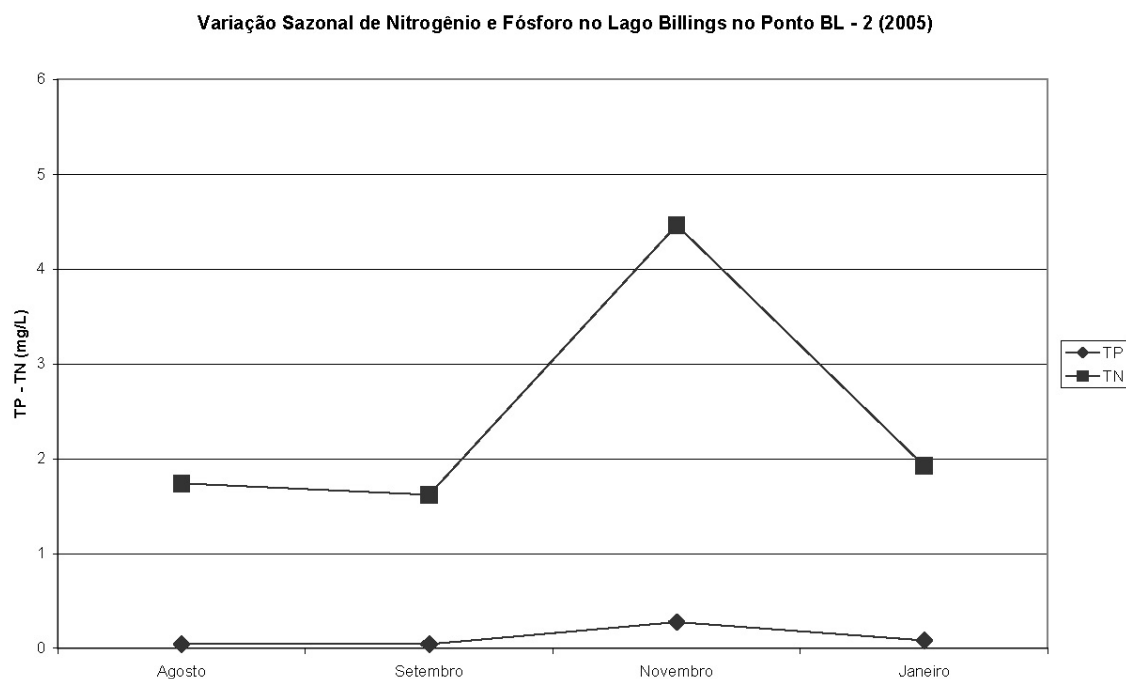
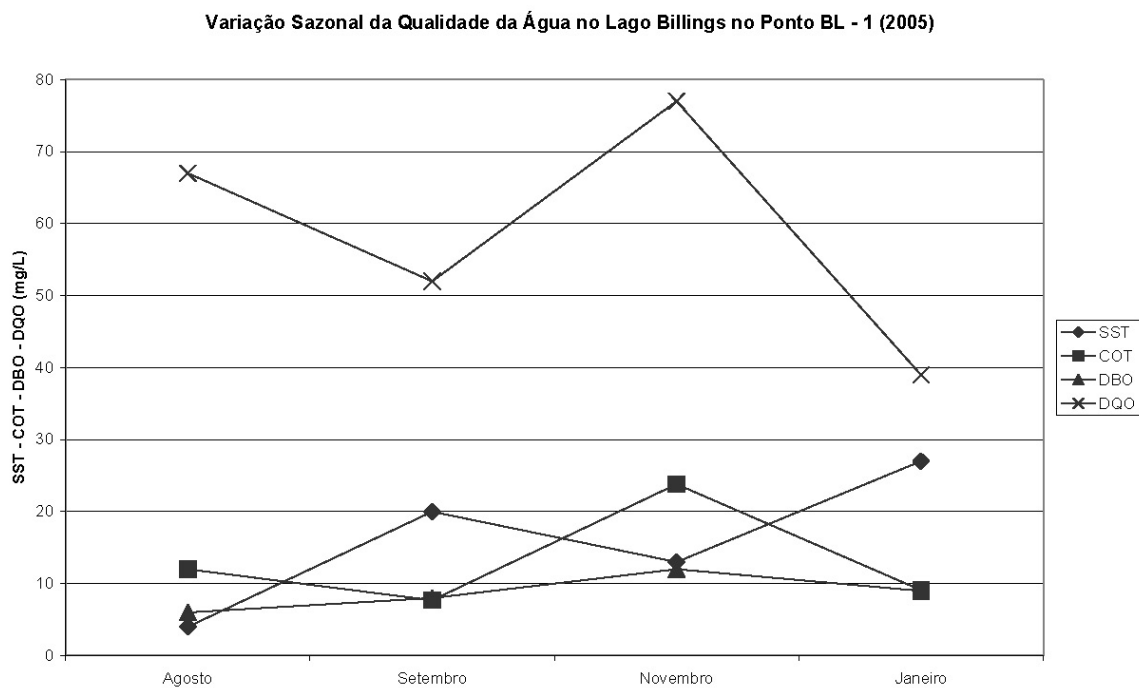


Figura 5.3.5 (1) Alteração sazonal da qualidade da água na Billings (ponto BL02)

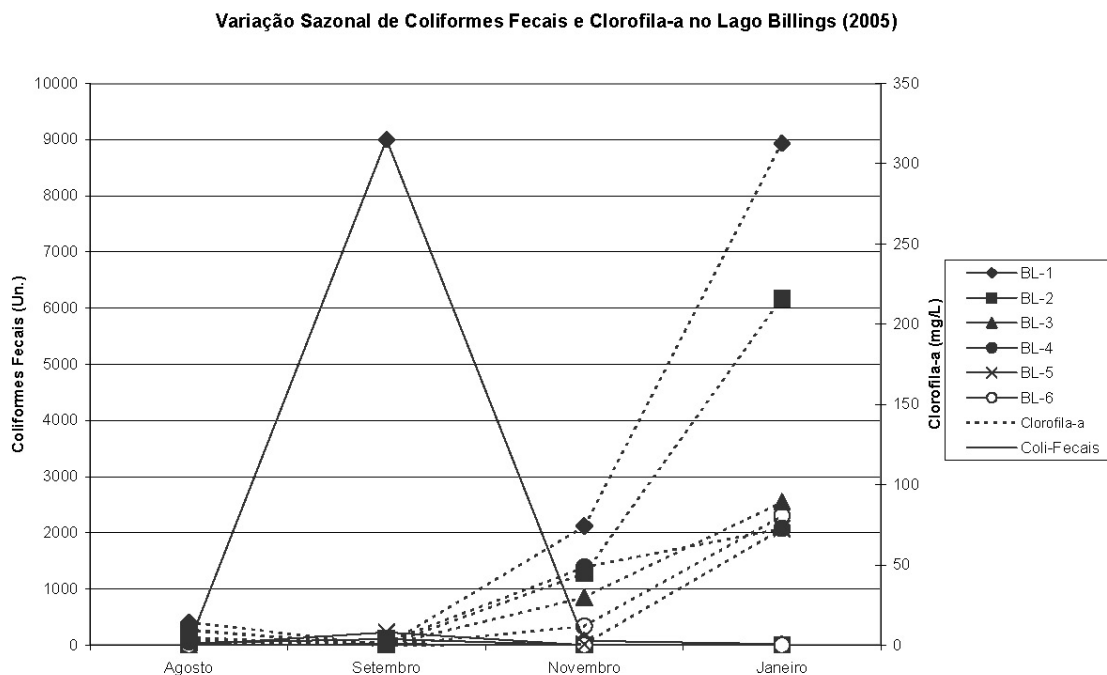


Figura 5.3.5 (2) Alteração sazonal da qualidade da água na Billings (Clorofila-A e Coliformes)

4) Nível de eutrofização

É apresentada a relação TN-TP na **Figura 5.3.6 (1)** para observar o nível de eutrofização do reservatório (como referência, foram incluídos os dados de qualidade da água dos principais lagos e pântanos do Japão). No Japão, os níveis de TN (0.45mg/L) e TP (0.025mg/L) são considerados como níveis perigosos para a eutrofização, e a qualidade da água nos pontos de monitoramento da represa Billings ultrapassa estes níveis, encontrando-se em um estado altamente provável de florações de Algas (Algae Bloom). Como referência, é apresentada na **Figura 5.3.6 (2)** a relação DBO-Coliformes Fecais, sobre o nível de poluentes orgânicos.

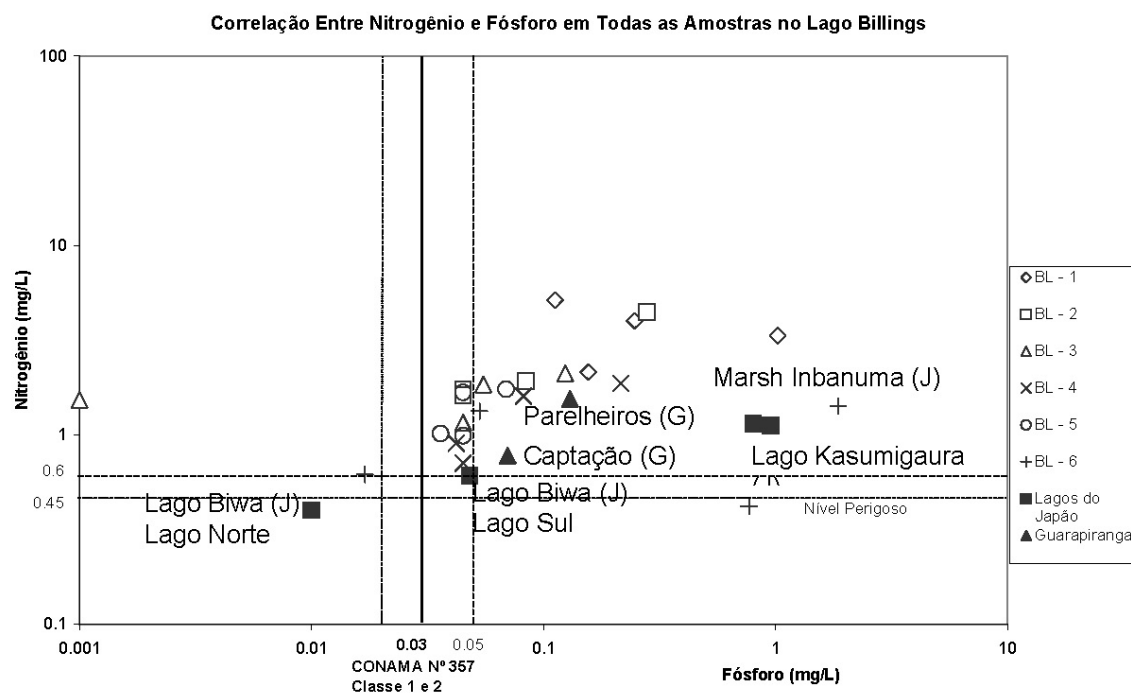


Figura 5.3.6 (1) Relação entre TP e TN na Represa Billings

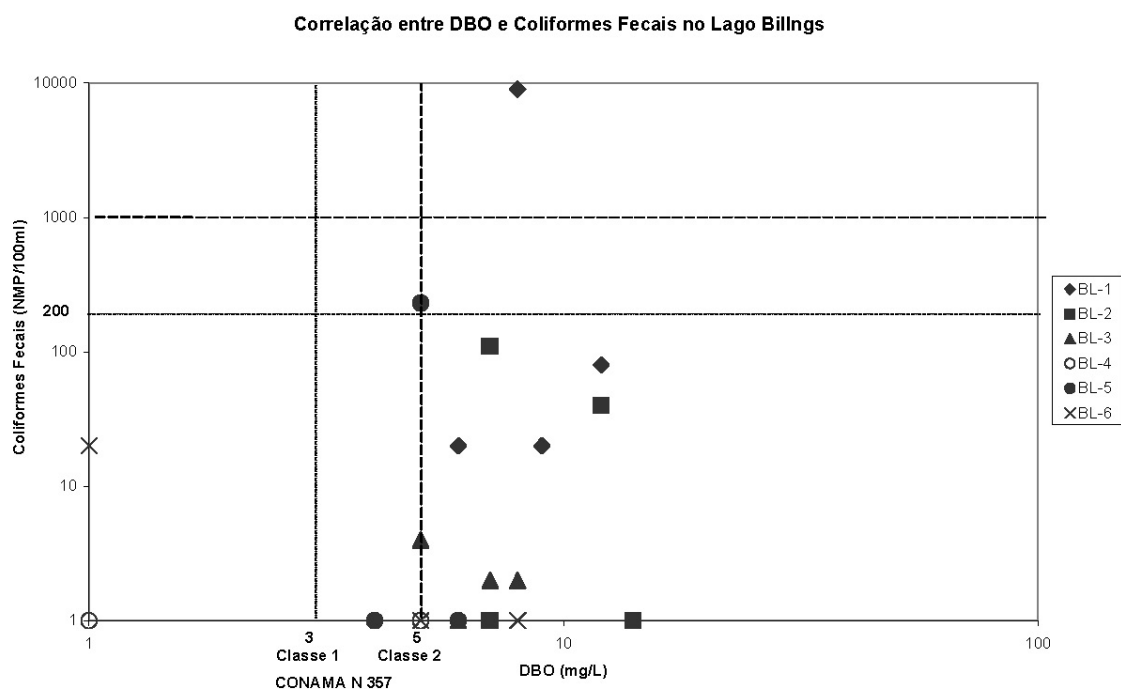


Figura 5.3.6 (2) Relação entre DBO e Coliformes Fecais na Represa Billings

(2) Qualidade da água do braço do Rio Grande

1) Variação superficial

É apresentada a variação superficial da qualidade da água (da ETA até os pontos de afluência do Rio Grande) na **Figura 5.3.7**. A DBO cumpre a condição de menos de 5 mg/L na maioria de seus pontos, satisfazendo o padrão de qualidade da água, e a tendência apresenta um aumento linear suave. Os pontos de monitoramento diretos a jusante (RGDE-3) dos pontos de afluência do Rio Grande apresentaram o maior valor. Os demais parâmetros de qualidade da água, TN, TP, Clorofila-a e Coliformes Fecais, apesar de apresentar certas discrepâncias, apresentaram a mesma tendência.

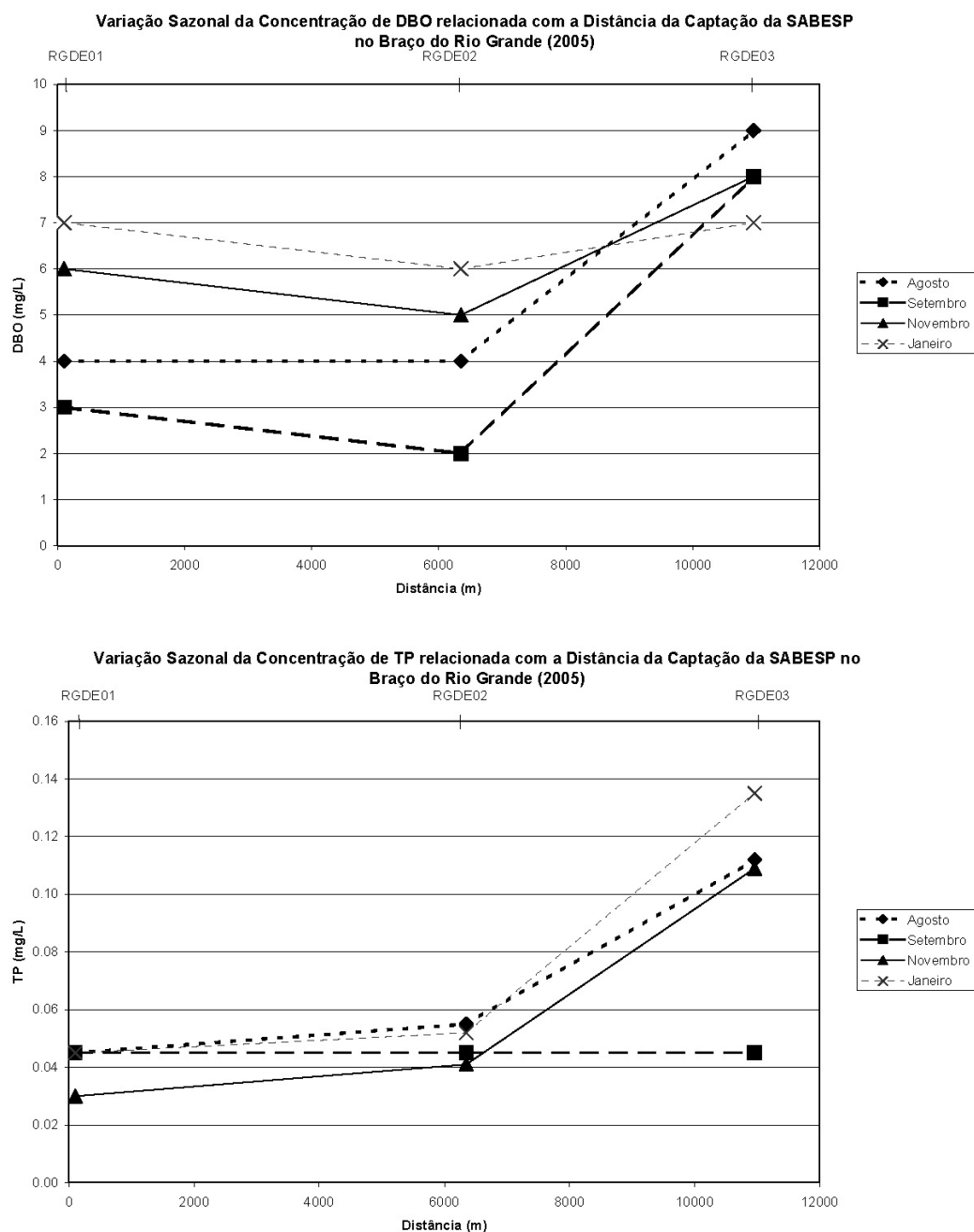


Figura 5.3.7 (1) Alteração da qualidade da água no Braço do Rio Grande (DBO, TP)

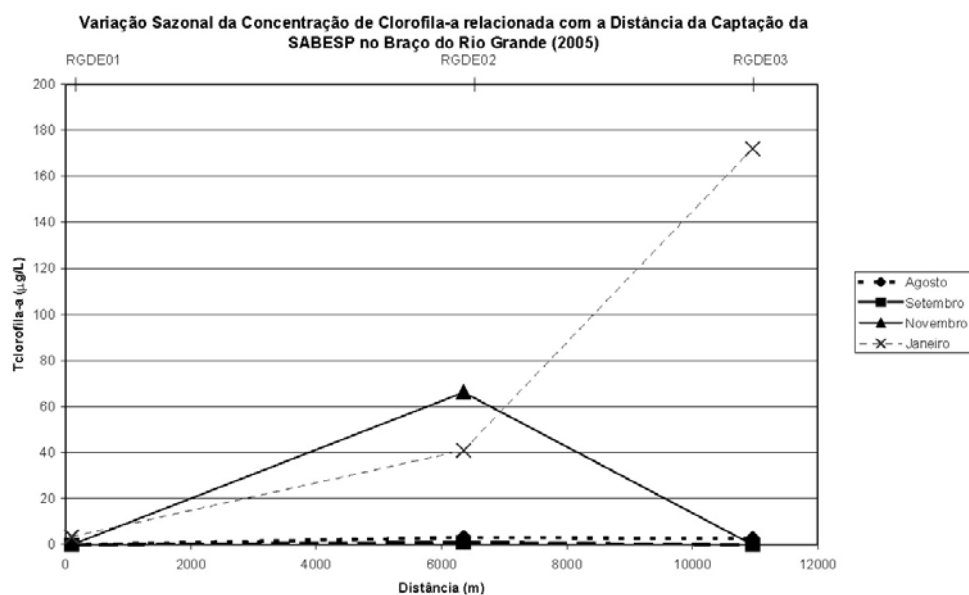
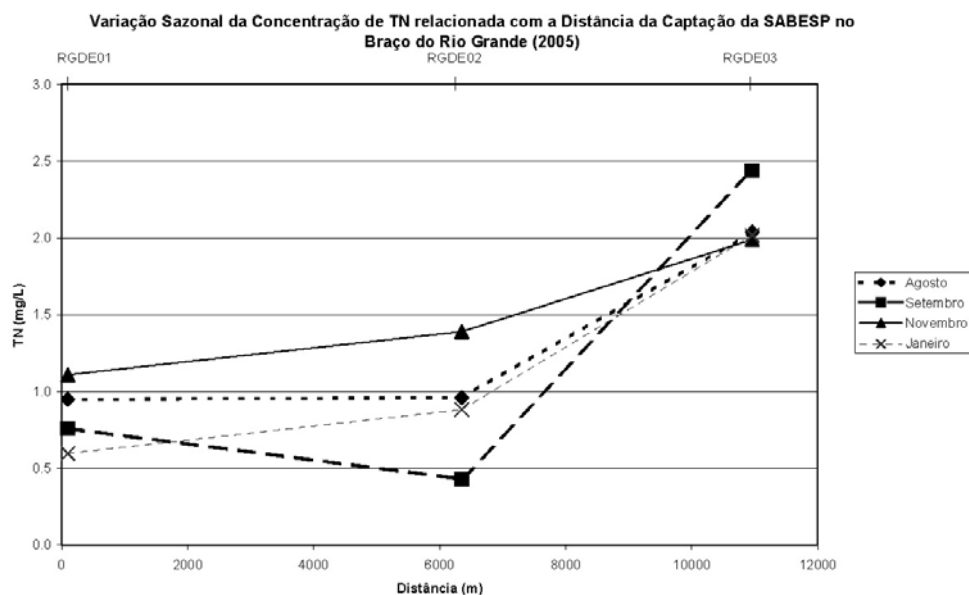


Figura 5.3.7 (2) Variação da qualidade da água no Braço do Rio Grande (TP, Clorofila-A)

2) Variação vertical dos pontos de monitoramento

É apresentada na **Figura 5.3.8** a temperatura da água e distribuição vertical da qualidade da água em OD no ponto RGDE01. Não foi observada camada distinta em nenhum dos pontos, devido a afluições, como de precipitações, captação de água potável e impacto dos ventos, não foram formadas camadas distintas, mas foi formada uma camada única.

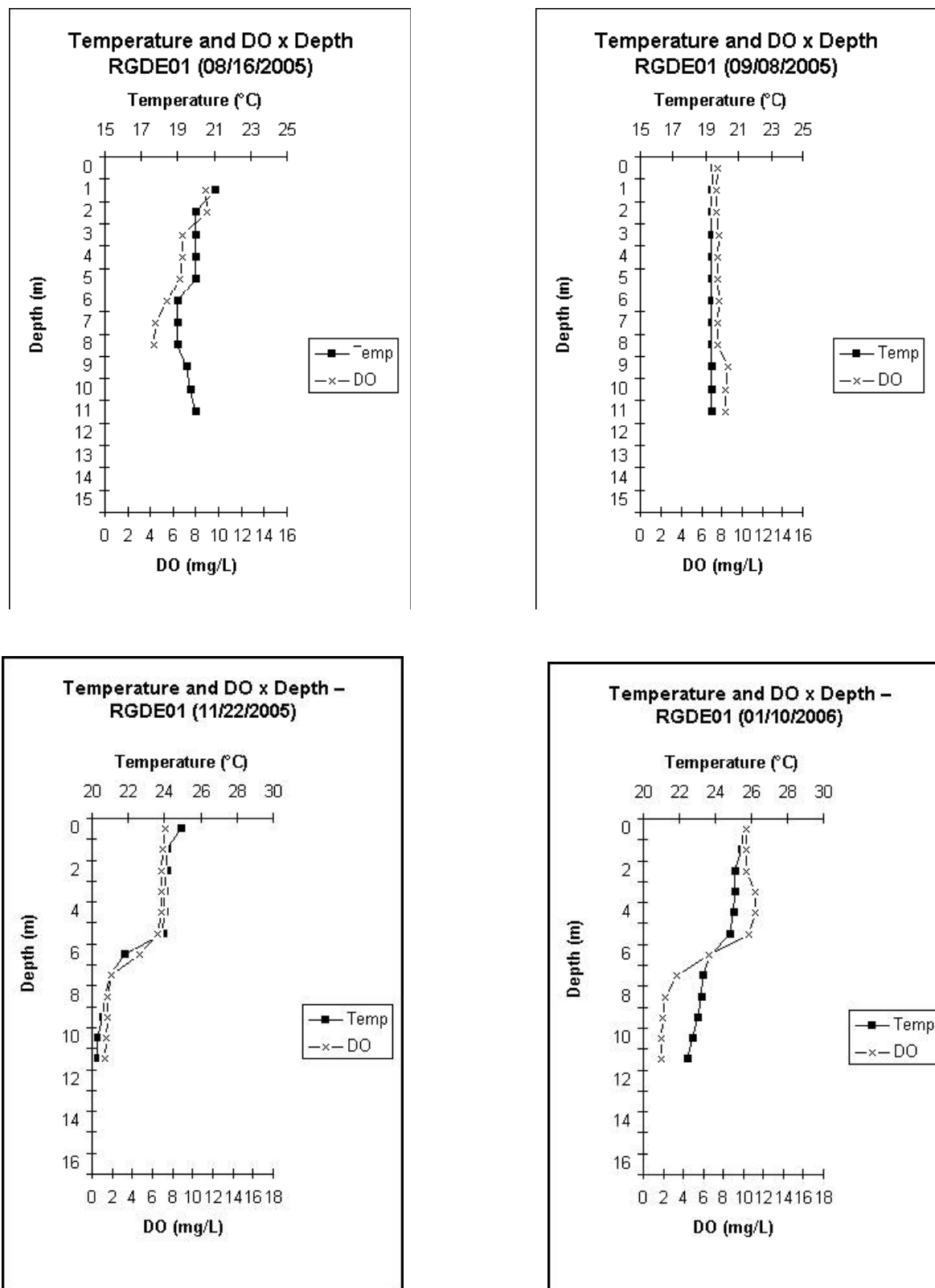


Figura 5.3.8 Variação vertical da qualidade da água no Braço do Rio Grande (ponto RGDE01)

3) Alteração sazonal

A alteração sazonal é apresentada na **Figura 5.3.9**. Foi observada uma tendência maior de poluição durante a estação de chuva do que na estação de seca. Em especial, a Clorofila-a apresentou um valor grande durante a estação de chuva.

4) Níveis de eutrofização

É apresentada a relação TN-TP na **Figura 5.3.10 (1)** para observar o nível de eutrofização do braço do Rio Grande (como referência foram incluídos os dados da qualidade da água dos principais lagos e pântanos do Japão). Acredita-se que a eutrofização, no braço do Rio Grande, não esteja tão avançada comparando com a represa Billings. Mas a qualidade da água no ponto de monitoramento a jusante onde o Rio Grande aflui (RGDE-3) apresenta um estado extremamente provável para a floração de Algas (Algae Bloom). De fato, durante as medições de profundidade do dia 14 de janeiro de 2006, foi detectada uma grande quantidade de florações nos pontos de afluência do Rio Grande.



(No ponto RGDE-3 em 14 de janeiro de 2006)

Mecanismo da floração de Algas

Nos lagos que sofrem eutrofização, o aumento da temperatura da água faz com que os plânctons atuem ativamente, causando uma proliferação anormal ao se alimentarem de nitrogênio e fósforo. Enquanto os plânctons forem poucos, a superfície da água fica com uma cor esverdeada, mas com o aumento, liberam um mau-cheiro com o avanço da putrefação. Este é o fenômeno conhecido como floração. Como espécies que compõe a floração é indicada especificamente a alga do gênero *Microcystis*, mas em geral, estão inclusas as algas *Anabaena* e *Aphanizomenon*.

Como referência, é apresentada na **Figura 5.3.10 (2)** a relação DBO-Coliforme Fecal sobre o nível de poluentes orgânicos.

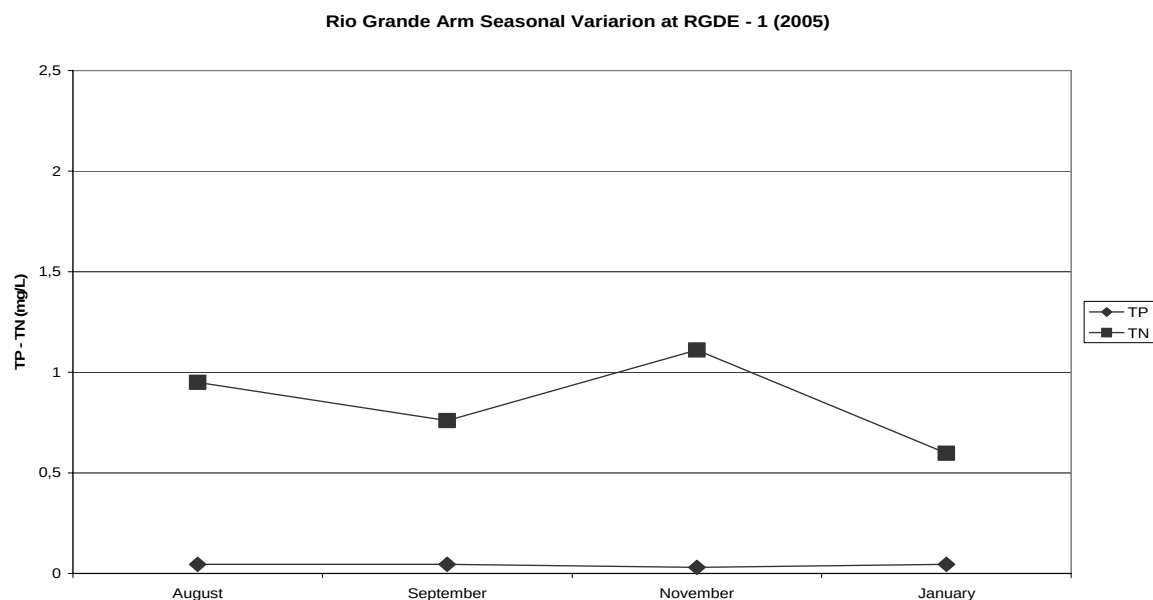
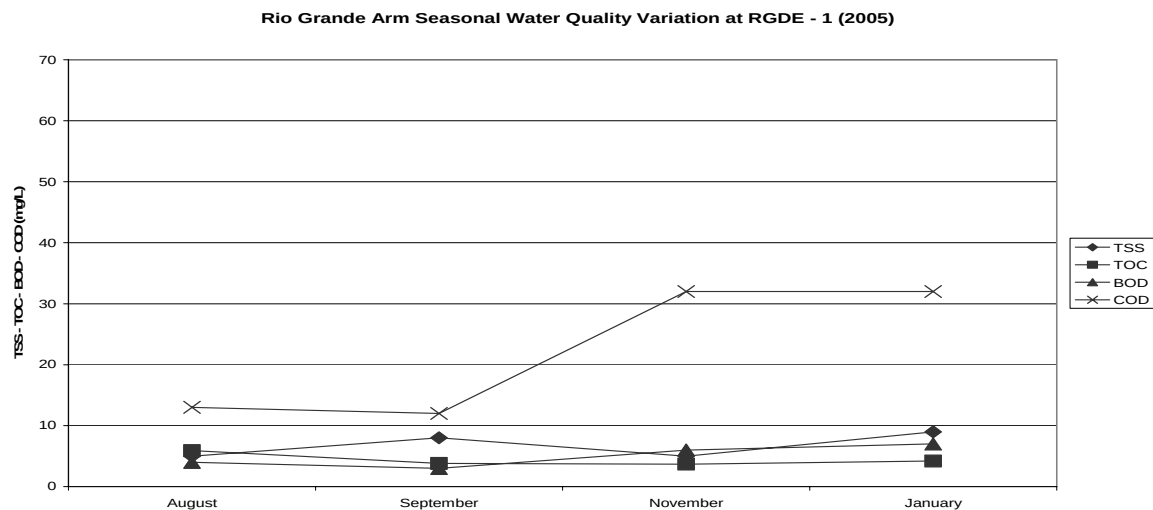


Figura 5.3.9 (1) Alteração sazonal da qualidade da água no Braço do Rio Grande

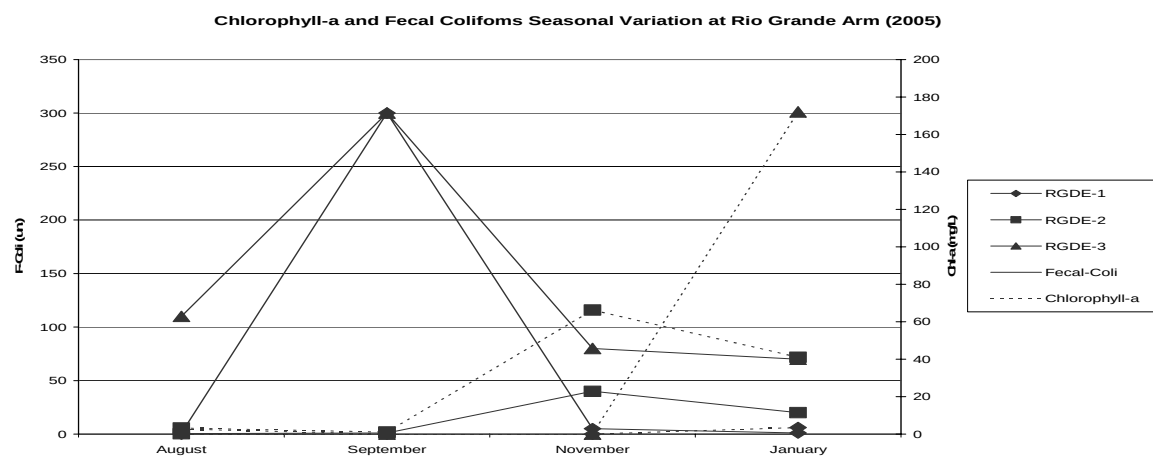


Figura 5.3.9 (2) Alteração sazonal da qualidade da água no Braço do Rio Grande

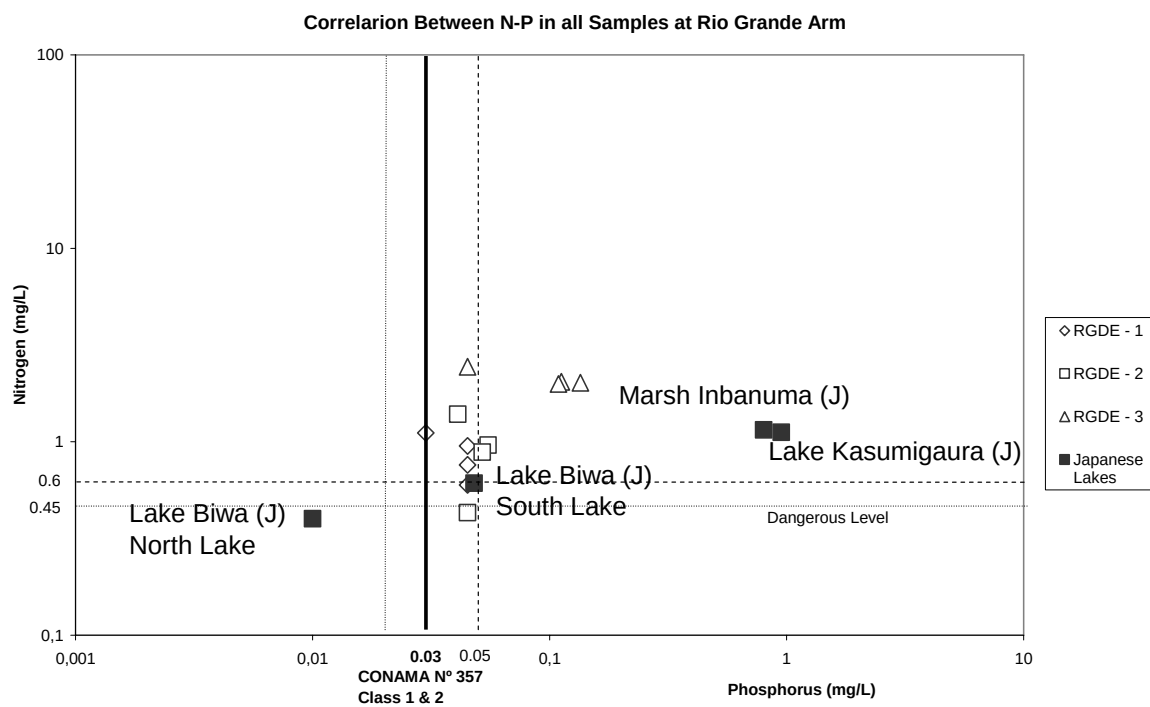


Figura 5.3.10 (1) TN e TP no Braço do Rio Grande

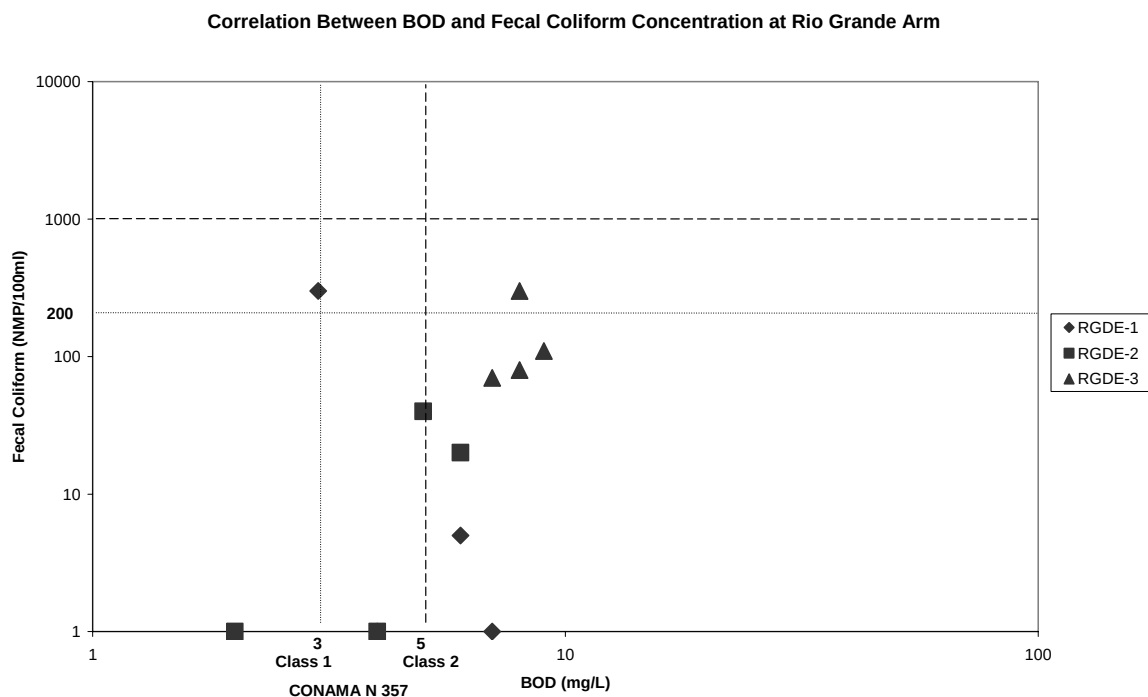


Figura 5.3.10 (2) Relação entre DBO e Coliformes Fecais no Braço do Rio Grande

(3) Qualidade da água e quantidade de carga dos afluentes

1) Qualidade da água

A qualidade da água dos 20 afluentes principais (inclui os efluentes das 2 ETEs) são conforme a **Figura 5.3.11**. Ao verificarmos os principais parâmetros de qualidade da água dos afluentes, excluindo o Rio Pinheiros que se encontra fora da bacia, temos:

- Os rios com alto nível de poluição, com mais de 100 mg/L de DBO, foram os mesmos com grande impacto de efluentes domésticos como R-1 Cocaia, R-12 das Lavras, R-13 Alvarenga, R-14 Pedreira, R-15 Grotta Funda, R-16 2411/estrada Alvarenga. Por outro lado, os rios não poluídos com menos de 5 mg/L foram R-3 Jardim Varginha, R-6 Taquacetuba, R-7 Cucurutu, R-8 Rio Pequeno, R-20 Varginha.
- Os rios com alto nível de poluição, com mais de 30 mg/L de TN, foram tal como no caso da DBO, os rios com grande impacto de efluentes domésticos como R-1 Cocaia, R-11 número 6, R-12 das Lavras, R-13 Alvarenga, R-14 Pedreira, R-15 Grotta Funda, R-16 2411/estrada Alvarenga. Por outro lado, os rios não poluídos com menos de 3 mg/L foram R-6 Taquacetuba, R-7 Cucurutu, R-8 Rio Pequeno, R-9 Rio Grande.
- Os rios contaminados com mais de 3mg/L de PT são praticamente os mesmas que as de NT.
- Os rios com grande quantidade de coliformes termo tolerantes foram os rios anteriormente citados com alto nível de DBO.
- Contudo, foi feita a amostragem inclusive nas 2 ETEs, mas a qualidade da água da ETE de Jardim Pinheiros apresentava 144-184mg/L de DBO, 85-146mg/L de NT e 11-13mg/L de PT, um estado não-tratado.
- Também, a qualidade da água e a alteração sazonal dos rios típicos são conforme a **Figura 5.3.12**.

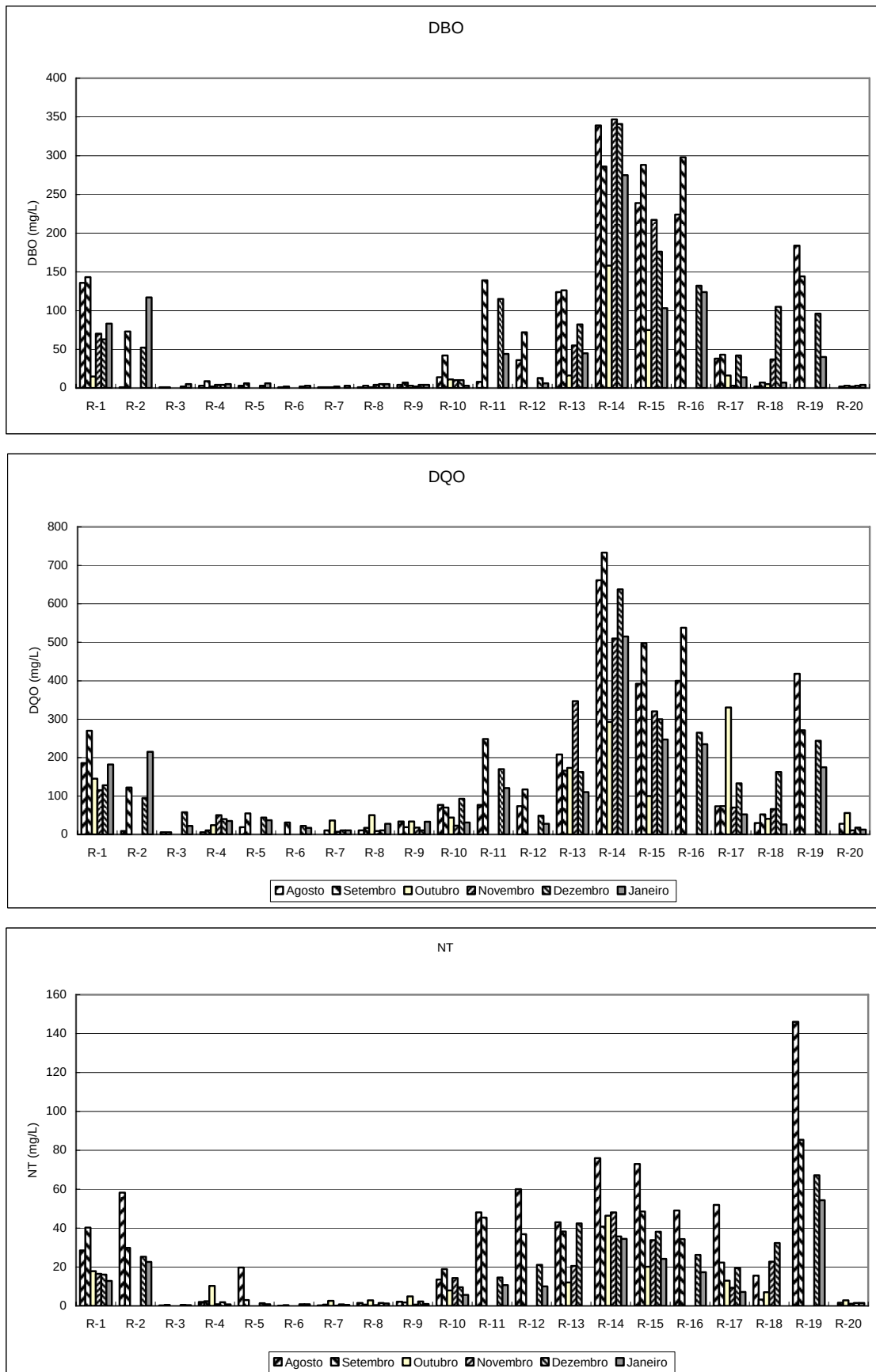


Figura 5.3.11 (1) Qualidade da água dos afluentes (DBO/DQO/NT)

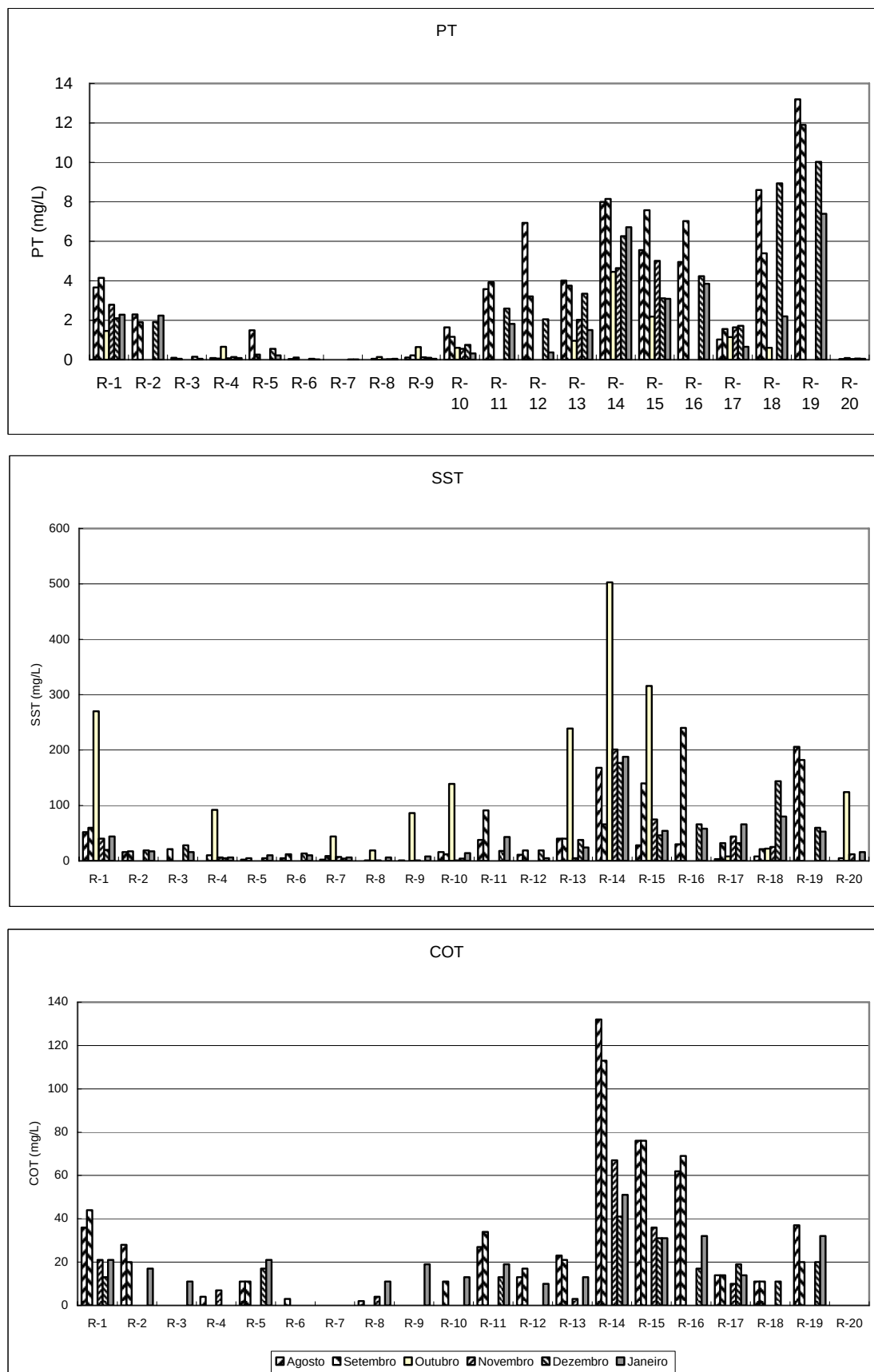


Figura 5.3.11 (2) Qualidade da água dos afluentes (TP/SST/COT)

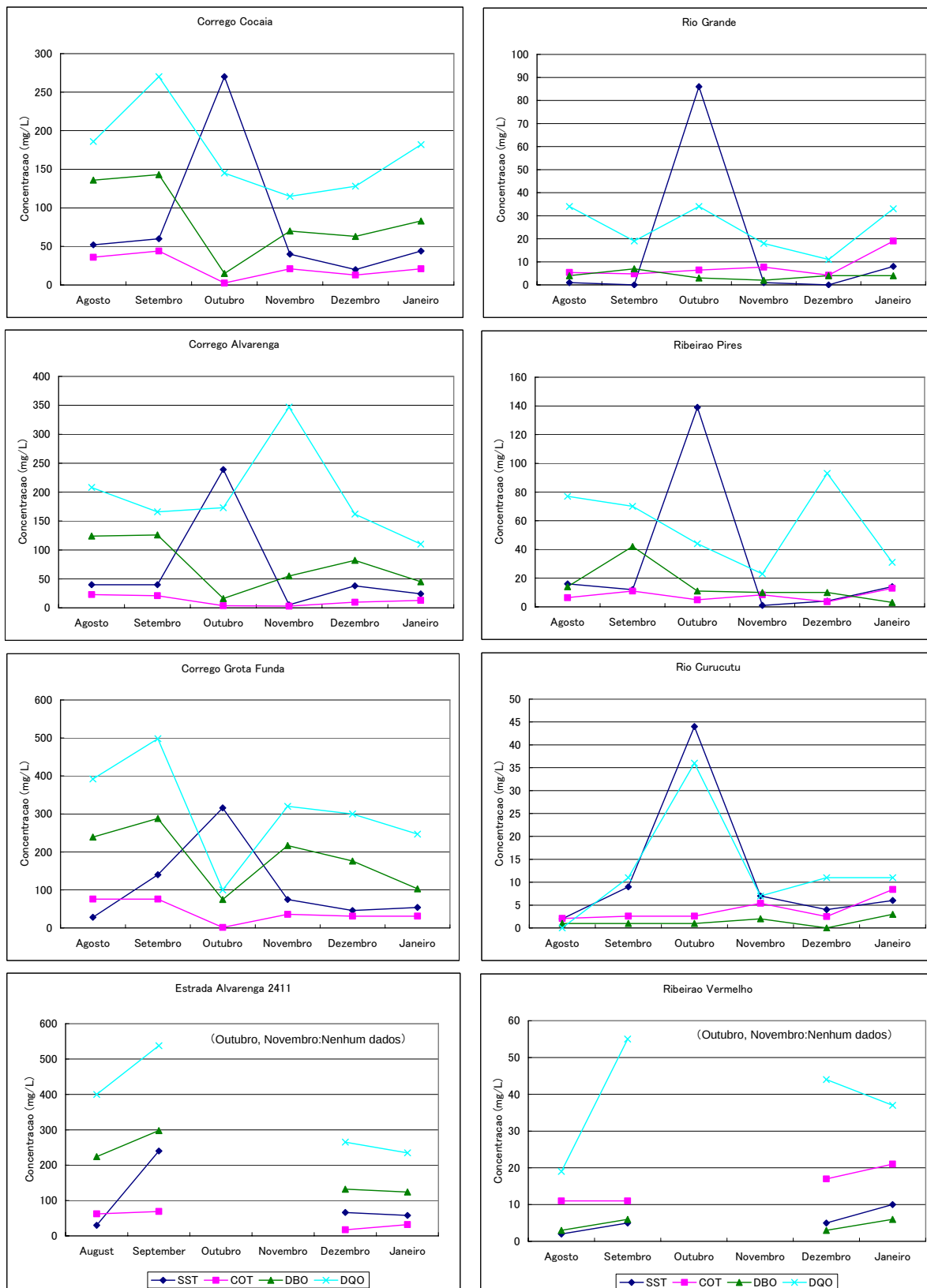


Figura 5.3.12 Variação sazonal da qualidade da água nos afluentes

2) Quantidade de carga (incluindo a vazão)

A vazão total e quantidade de carga (inclusive das 2 ETes) dos 20 rios são conforme a **Tabela 5.3.2**. A vazão na estação de seca é 2,81 m³/s, a quantidade de carga da DBO é 14,9 t/dia, a quantidade de carga do TN é 4,23 t/dia, a quantidade de carga do TP é 0,44 t/dia. A de vazão na estação de chuva é 9,16 m³/s, a quantidade de carga da DBO é 12,01 t/dia, a quantidade de carga do TN é 3,41 t/dia, a quantidade de carga do TP é 0,34 t/dia. A vazão e a quantidade de carga da estação de chuva são, comparadas com as da estação de seca, 3,3 vezes maiores quanto à vazão, 0,8 vezes a carga de DBO, 0,81 vezes a quantidade de carga de NT e 0,77 vezes a quantidade de carga de TP. Mas acredita-se que o motivo pelo qual a estação de chuva apresentam valores menores, quando comparados com os da estação de seca, nos parâmetros que não sejam a de vazão, deve-se ao fato das medições terem sido realizadas em datas sem precipitações de chuva.

A vazão de cada rio é conforme a **Figura 5.3.12**, dos rios com vazão grande, os que têm mais de 0,3 m³/s durante a estação de seca são R-1 Cocaia e R-13 Alvarenga, entre os rios de zonas urbanas e R-8 Rio Pequeno, R-9 Rio Grande e R-10 Ribeirão Pires, entre os rios naturais.

Observando a quantidade de carga de cada rio, os rios com grande quantidade de carga de DBO foram, R-1 Cocaia, R-13 Alvarenga, R-15 Grota Funda, R-16 2411/estrada Alvarenga. A quantidade de carga de PT e NT foram semelhantes à de DBO.

Tabela 5.3.2 Proporção do escoamento de cargas por sub-bacias

Rivers		Dry Season average								Wet Season average							
		BOD		TP		TN		Discharge		BOD		TP		TN		Discharge	
		(ton/day)	(%)	(ton/day)	(%)	(ton/day)	(%)	(m ³ /s)	(%)	(ton/day)	(%)	(ton/day)	(%)	(ton/day)	(%)	(m ³ /s)	(%)
Urban Rivers	R-1 Cocaia	4.38	29.4	0.12	27.5	1.08	25.5	0.36	11.19	3.37	28.07	0.10	29.05	0.63	18.43	0.52	4.53
	R-13 Alvarenga	3.46	23.2	0.11	24.0	1.12	26.4	0.32	9.84	1.70	14.16	0.06	17.43	0.85	24.87	0.31	2.70
	R-15 Grota Funda	2.55	17.1	0.06	14.5	0.54	12.9	0.11	3.37	1.42	11.83	0.03	8.72	0.32	9.36	0.12	1.05
	R-16 2411 Alvarenga Rd.	2.61	17.5	0.06	13.4	0.42	9.9	0.12	3.57	1.50	12.49	0.05	14.53	0.27	7.90	0.14	1.22
	Sub-total	13.00	87.0	0.35	79.0	3.16	75.0	0.91	28.00	7.99	67.00	0.24	70.00	2.07	61.00	1.09	9.50
Mixed Rivers	R-9 Rio Grande	0.19	1.3	0.01	1.2	0.08	1.9	0.46	14.02	2.08	17.32	0.03	8.72	0.58	17.26	6.01	52.34
	R-10 Ribeirão Pires	0.40	2.7	0.02	5.2	0.25	5.9	0.18	5.68	0.20	1.67	0.02	5.81	0.26	7.61	0.43	3.75
	Sub-total	0.59	4.0	0.03	6.0	0.33	8.0	0.64	20.00	2.28	19.00	0.05	15.00	0.85	25.00	6.44	56.09
Others	R-2 Jardim Varginha	0.20	1.3	0.01	2.0	0.18	4.2	0.05	1.54	0.53	4.41	0.01	4.07	0.17	4.97	0.08	0.70
	R-3 Ribeirão da Varginha	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.01	0.43	0.02	0.12	0.00	0.12	0.00	0.05	0.05	0.41
	R-4 Ribeirão Colonia	0.03	0.2	0.00	0.1	0.01	0.3	0.07	2.12	0.07	0.56	0.00	0.42	0.02	0.59	0.17	1.45
	R-5 Ribeirão Vennelho	0.01	0.1	0.00	0.3	0.02	0.4	0.02	0.52	0.26	2.13	0.01	3.21	0.04	1.17	0.52	4.49
	R-6 Ribeirão Taquacetuba	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.02	0.62	0.04	0.31	0.00	0.09	0.01	0.33	0.15	1.33
	R-7 Rio Curucutu	0.03	0.2	0.00	0.0	0.00	0.1	0.12	3.69	0.03	25.00	0.00	0.04	0.01	0.29	0.16	1.39
	R-8 Rio Pequeno	0.11	0.8	0.00	0.2	0.12	2.9	1.15	35.42	0.11	0.88	0.00	0.15	0.03	0.97	0.24	2.13
	R-11 Córrego Numero6	0.09	0.6	0.00	1.0	0.05	1.3	0.01	0.40	0.10	0.86	0.00	0.90	0.02	0.52	0.01	0.09
	R-12 Ribeirão das Lavas	0.14	1.0	0.02	3.7	0.15	3.6	0.03	0.92	0.04	0.36	0.01	1.50	0.07	2.10	0.06	0.52
	R-14 Córrego Pereira	0.55	3.7	0.01	3.3	0.10	2.3	0.02	0.82	0.44	3.64	0.01	2.66	0.05	1.46	0.85	7.44
	R-18 ETE Riacho Grande	0.00	0.0	0.01	1.8	0.01	0.3	0.01	0.31	0.02	0.14	0.00	0.67	0.01	0.29	1.49	13.01
	R-19 ETE Pinheirinho	0.10	0.7	0.01	1.6	0.07	1.5	0.01	0.22	0.04	0.37	0.01	1.74	0.04	1.23	0.01	0.06
	R-20 Ribeirão Varginha	0.02	0.2	0.00	0.1	0.02	0.5	0.18	5.54	0.05	0.40	0.00	0.19	0.02	0.60	0.16	1.39
	Sub-total	1.31	9.0	0.06	14.0	0.74	18.0	1.70	52.00	1.74	14.00	0.05	16.00	0.50	15.00	3.95	34.41
Total		14.91	100.0	0.45	100.0	4.24	100.0	3.25	100.00	12.01	100.00	0.34	100.00	3.42	100.00	11.48	100.00

3) Porcentagem de vazão e quantidade de carga ocupada por cada rio

É apresentada nas **Figuras 5.3.13 e 5.3.14** a taxa de vazão e quantidade de carga de uma estação de seca típica (Agosto) de cada rio que aflui em ambos reservatórios. Em especial os rios que tem as maiores taxas de quantidade de carga são, R-1 Cocaia, R-13 Alvarenga, R-15 Grotta Funda, 2411 Alvarenga e estes 4 rios ocupam juntos 86% do total da quantidade de carga de DBO. Além disso, estes 4 rios ocupam 75% e 79% da quantidade de carga de TN e de TP, respectivamente, apresentando uma alta porcentagem.

Além disso, a taxa ocupada por estes 4 rios durante a estação de chuva é de 67% de quantidade de carga de DBO. E as taxas que indicam a quantidade de carga de TN e de TP foram 61% e 71%, ocupando uma grande porcentagem tal qual durante a estação de seca. A porcentagem ocupada pelos rios Rio Grande e Ribeiro Rires, que tinham taxas relativamente pequenas durante a estação de seca, ocupam 17% de quantidade de carga de DBO, 25% de quantidade de carga de TN e 13% de quantidade de carga do TP, contrastando com a estação de seca e apresentando uma proporção que não pode ser ignorada, durante a estação de chuva.

4) Condições gerais da qualidade da água dos afluentes de ambos reservatórios

- Como característica do ambiente hídrico da represa Billings pode-se encontrar a formação de 2 camadas. Em BL-01, próximo a Pedreira, formam-se 2 camadas, como foi citado anteriormente, durante a estação de seca. Nas profundidades entre 4m-12m (na lagoa) forma-se um estado deficiente de oxigênio, criando um ambiente propício para a dissolução de nutrientes como TN e TP e metais pesados como Mn, Fe, Hg, etc.
- Observando-se a relação TN-TP, a qualidade da água de ambos reservatórios formam um ambiente perigosamente propício para a floração de Algas. Além disso, observando os parâmetros como o de DBO e índice de coliformes, a represa Billings não satisfaz as normas ambientais de qualidade da água.
- A quantidade de carga que aflui para ambos reservatórios dos principais 20 rios (inclusive das 2 ETEs) são de 2,67 m³/s, 14,9 t/dia de DBO, 4,24 t/dia de TN e 0,45 t/dia de TP, durante a estação de seca. Durante a estação de chuva foram, 9,15 m³/s de vazão, 12,01 t/dia de DBO, 3,41 t/dia de TN e 0,34 t/dia de TP. A razão da quantidade de carga durante a estação de chuva ser relativamente pequena quando comparado à estação de seca (cerca de 0.8 vezes), acredita-se que isto se deva ao fato das medições terem sido realizadas durante um período sem precipitações.
- Entre os 20 afluentes, os que ocupam as maiores proporções são 4 rios, R-1 Cocaia,

R-13 Alvarenga, R-15 Grota Funda e R-16 2411 Alvarenga. A quantidade de carga de DBO destes rios ocupa 86% do total. Também, as quantidades de carga de TN e TP ocupam 75% e 79%. Ainda, a proporção ocupada por estes 4 rios durante a estação de chuva foi de 67% para a quantidade de carga de DBO e de 61% e 71% para as quantidades de carga de TN e TP, ocupando uma proporção grande tal como durante a estação de seca. Quanto aos rios Rio Grande e Ribeirão Pires, que tinham percentuais pequenos durante a estação de seca, apresentaram uma quantidade de carga de DBO de 17%, quantidade de carga de TN de 25% e quantidade de carga de TP de 13%, durante a estação de chuva, constituindo proporções que não podem ser ignoradas.

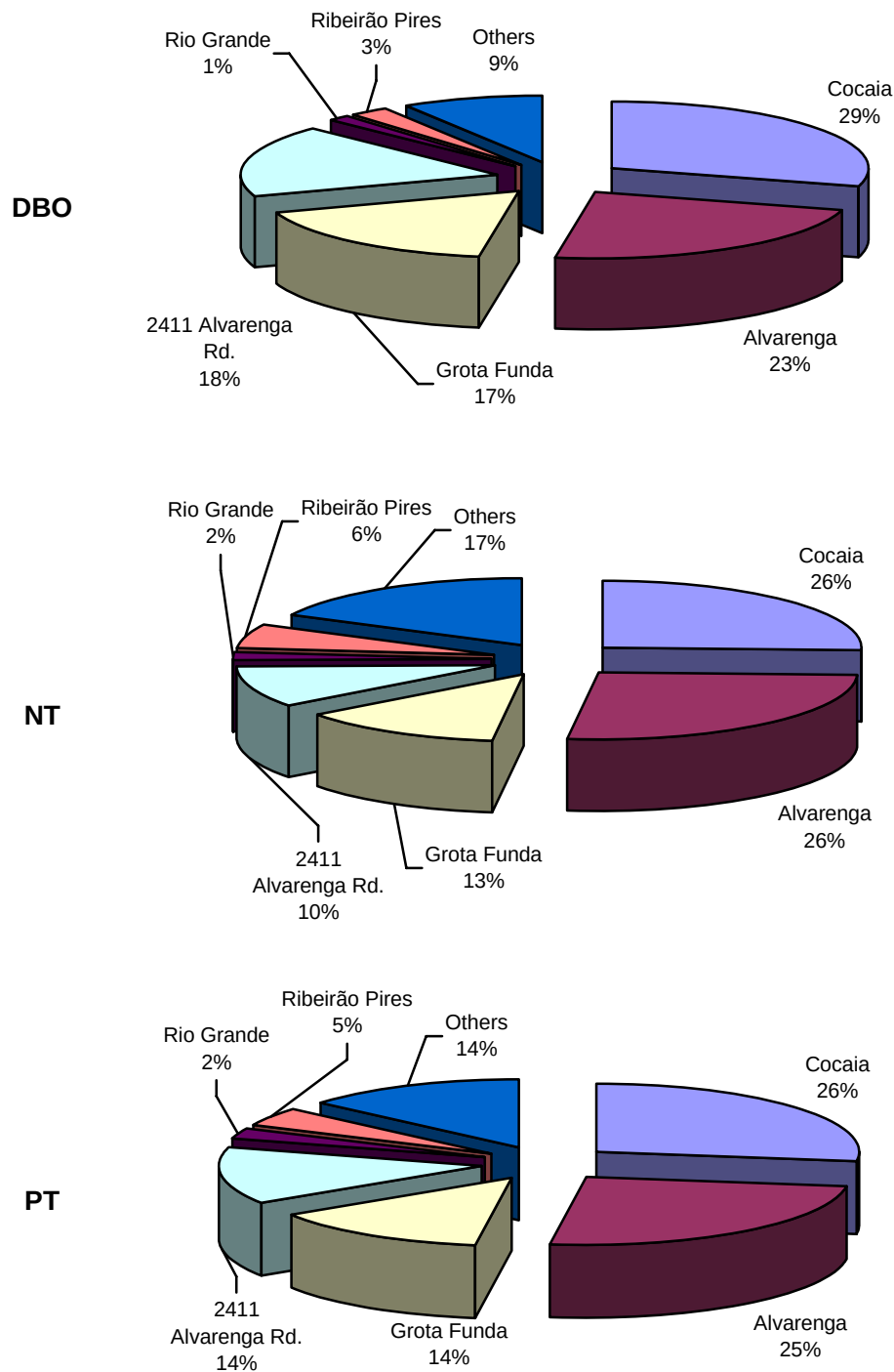


Figura 5.3.13 Divisão da contribuição de cargas poluentes dos afluentes na estação seca (BOD, TN, TP)

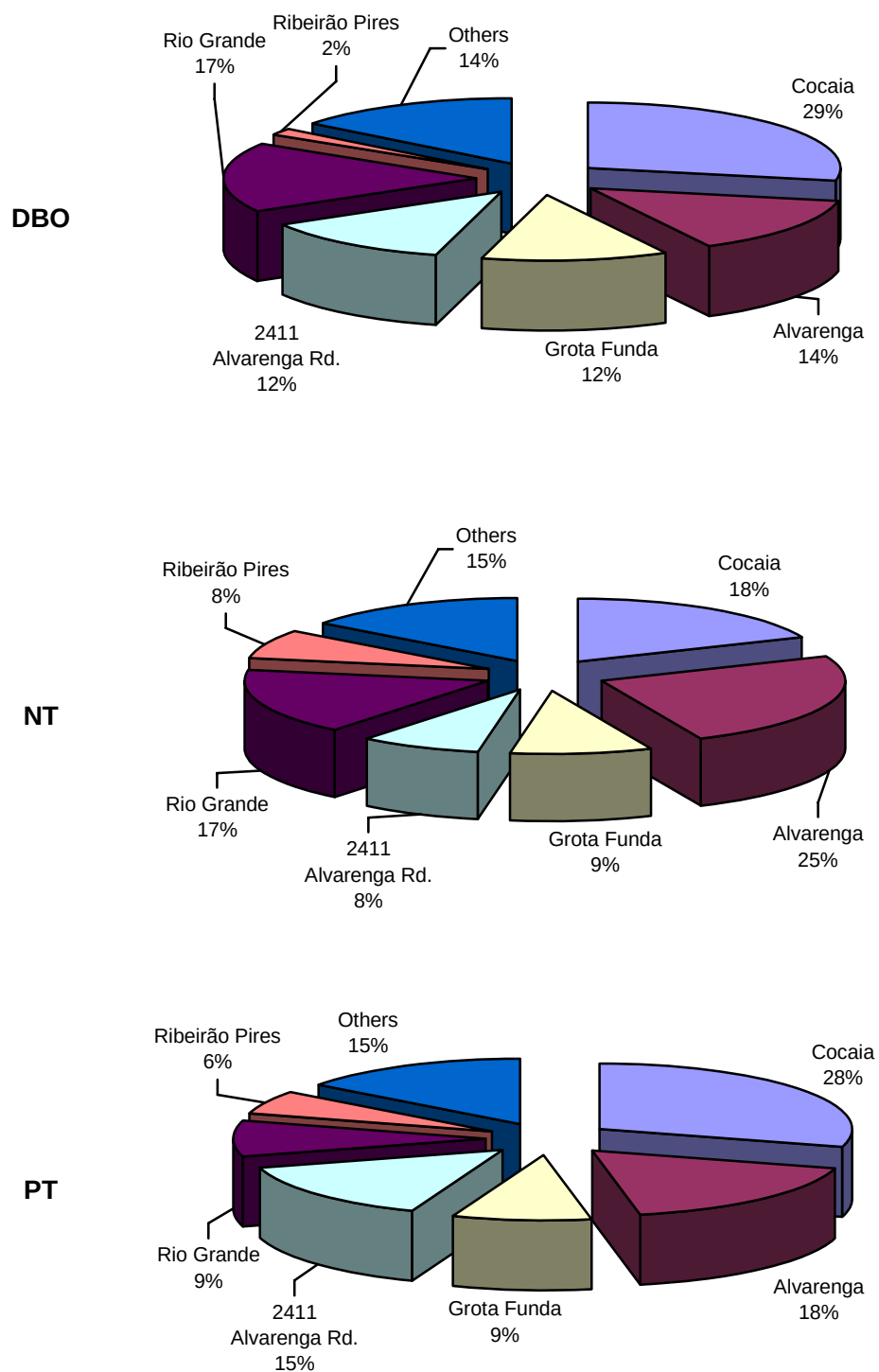


Figura 5.3.14 Divisão da contribuição de cargas poluentes dos afluentes na estação chuvosa (BOD, TN, TP)

5.3.2 Lodo do fundo do lago

(1) Volume de lodo sedimentado no lago

1) Estimativa baseada no diagrama altura-velocidade da EMAE

A EMAE, administradora dos recursos do reservatório, criou um mapa de profundidade do Reservatório Billings entre 1984-85. E ainda, recentemente, através de um novo estudo de profundidade, um novo mapa de profundidade foi criado em 2004. O presente estudo calculou o volume de terra e areia sedimentada juntando estes dois dados. Entretanto, como a compatibilidade entre estes dois dados não é boa, tendo pontos positivos e negativos na altitude, os técnicos da EMAE sugeriram o cálculo através de um diagrama altura-velocidade.

Portanto, como resultado de um estudo de batimetria entre 1986 e 2004, foi calculado que o volume de água eliminada, armazenada a 746,5 m de altitude, é de $27,1661 \times 10^6 \text{ m}^3$. Assim, a altura média da região sedimentada nos últimos 20 anos foi estimada como sendo de 29 cm.

Como exemplo, se colocarmos em um gráfico o diagrama altura-velocidade da EMAE, obteremos a **Figura 5.3.15**.

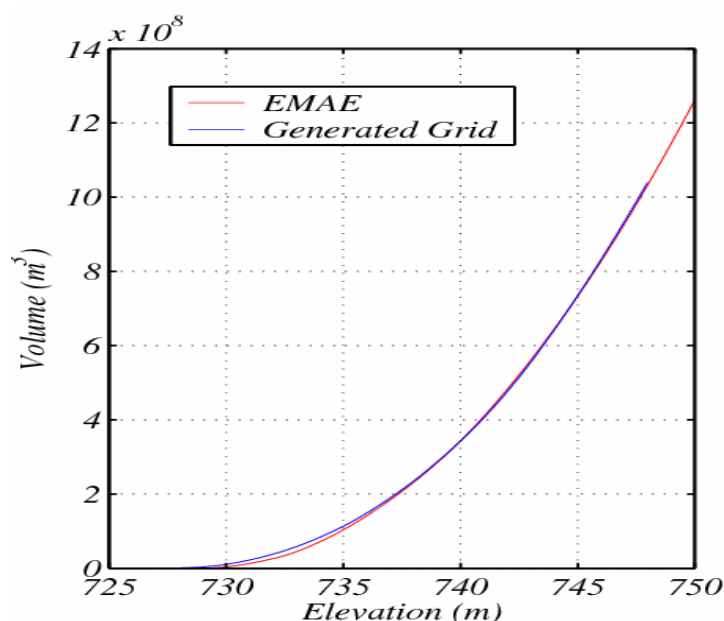


Figura 5.3.15 Diagrama altura-velocidade da EMAE

2) Estimativa baseada na amostragem do lodo sedimentado

O grupo de pesquisa da JICA encarregou o Prof. Antonio A. Mozeto, da Universidade de São Carlos, de pesquisar o estado do lodo sedimentado, empregando coletores tipo "core sampler" de acrílico no canal intermediário do Reservatório Billings, na jusante do Rio Grande e nos braços do Alvarenga, Taquacetuba, Capivari e Rio Pequeno, durante os dias 11 a 13 de julho de 2006 (vide **Figura 5.3.16** e **Foto 5.3.1**). Usando estes resultados, foi estimada a situação da

sedimentação do lodo nos demais braços. A **Figura 5.3.17** apresenta o volume de lodo sedimentado no Reservatório Billings e no braço do Rio Grande, com os dados da medição e da estimativa acima. Segundo isso, o volume de lodo sedimentado é de 47 milhões m³ no Reservatório Billings e de 5 milhões m³ no braço do Rio Grande, com espessura média de 51 cm e 34 cm, respectivamente.

	
Riacho Grande (11/07/06)	Barragem de Pedreira (13/07/06)
	
Bororé (12/07/06)	Taquacetuba (12/07/06)
	
Capivari (12/07/06)	Rio Pequeno (12/07/06)

Foto 5.3.1 Pesquisa do lodo sedimentado nos braços do Reservatório Billings

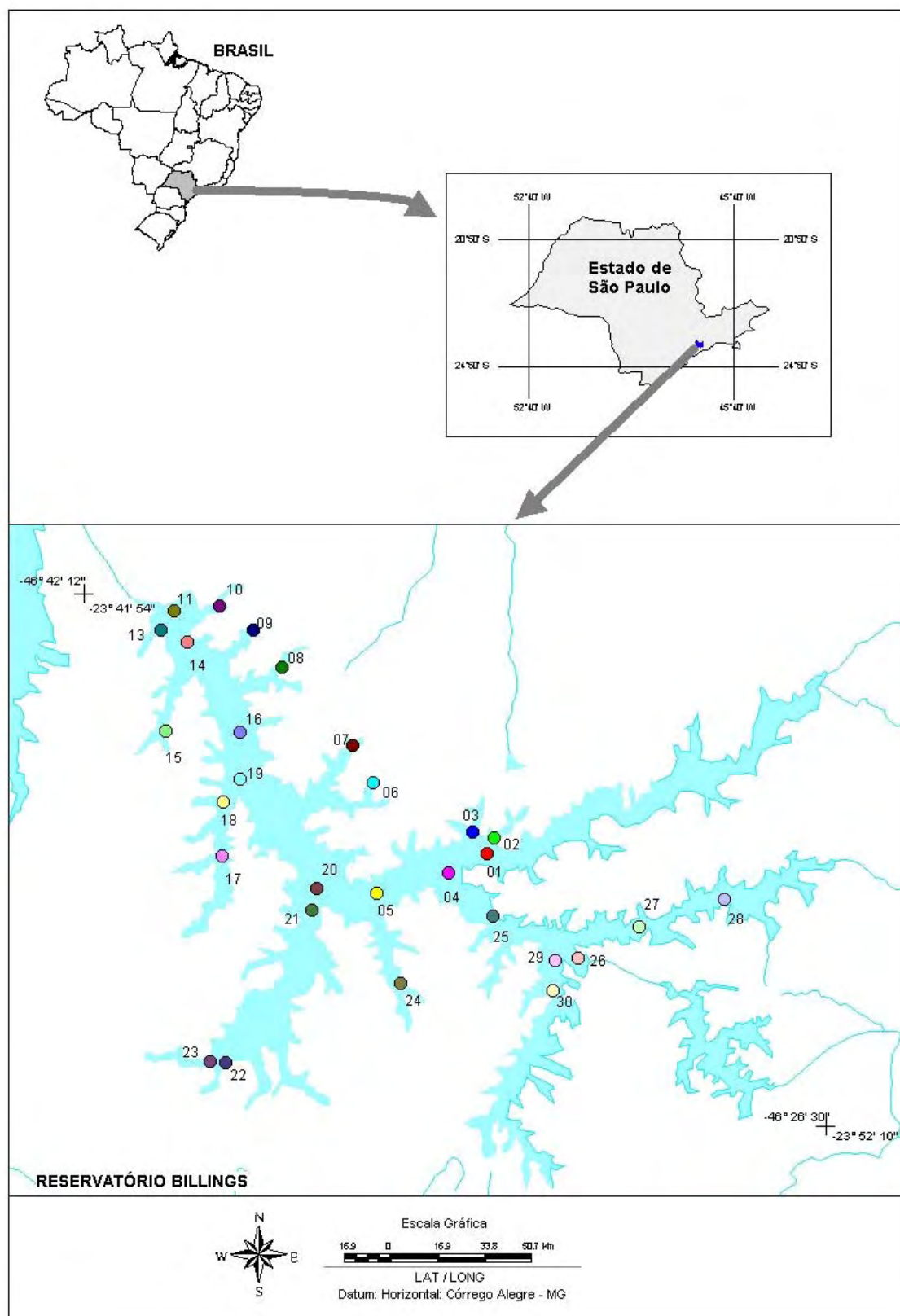


Figura 5.3.16 Pontos de monitoramento da qualidade da água e do fundo do lago de cada braço do Reservatório Billings

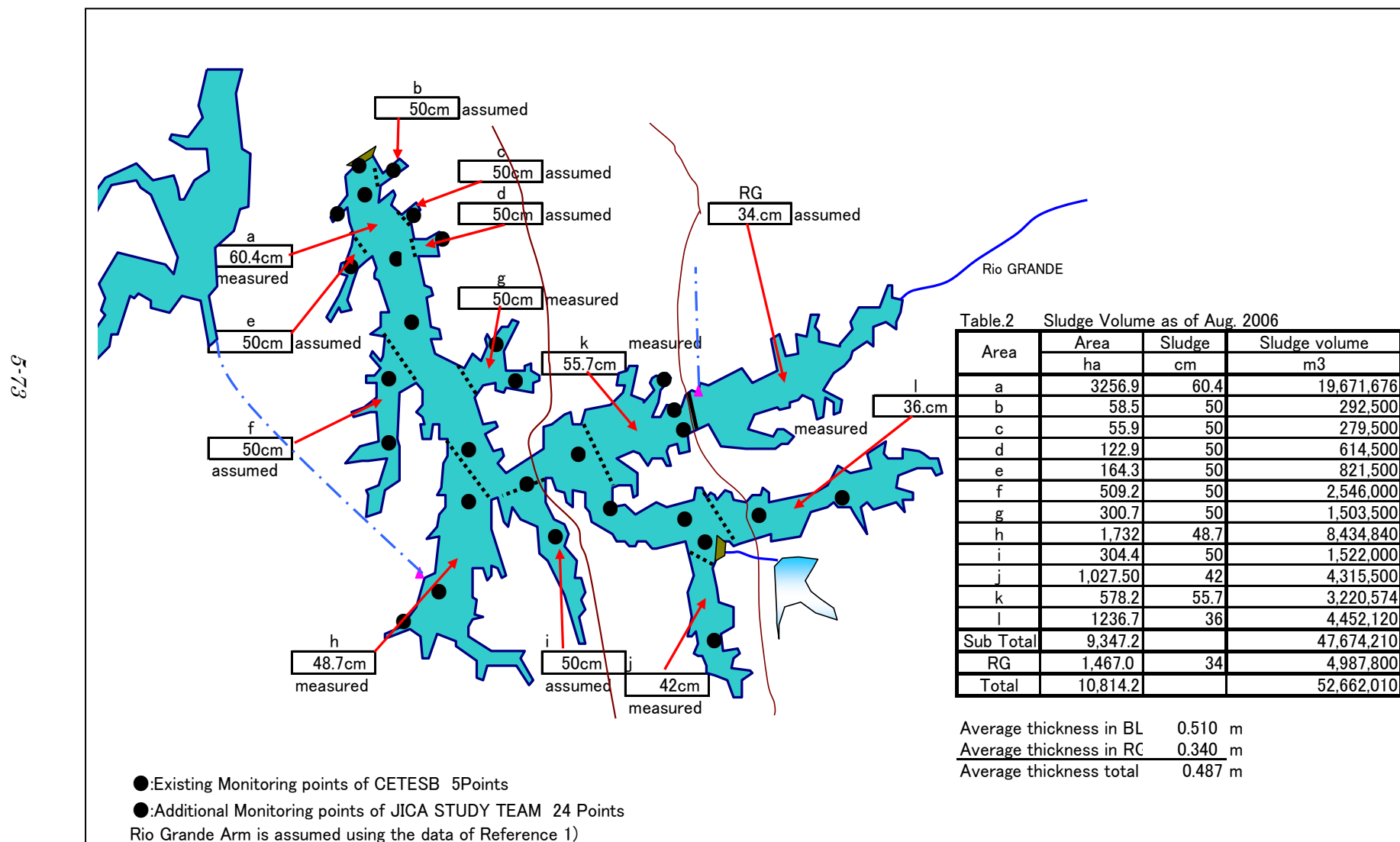


Figura 5.3.17 Estudo do lodo sedimentado e estimativa do volume de lodo sedimentado no Reservatório Billings

(2) Qualidade do solo do fundo

1) Padrão de qualidade do fundo

Internacionalmente, Austrália, Nova Zelândia, Canadá, Holanda, Inglaterra, Hong Kong e Japão já possuem guias para a qualidade do fundo, em termos de proteção do ecossistema, e possuem valores claros para os indicadores de concentração. Estes indicadores de concentração são baseados nos exemplos de avaliação de toxicidade dos elementos traços dos EUA. Entretanto, como cada Estado difere em termos de regulamentação, os EUA não têm indicadores definidos a nível federal.

Como exemplo, temos os indicadores da Austrália, da Nova Zelândia e do Canadá na **Tabela 5.3.3**. O ISQG (interim sediment quality guideline)-low ou "nível no limiar de causar impacto" é um indicador de baixa concentração mostrada pelo nível de investigação. Por outro lado, o ISQG-high é um indicador de alta concentração mostrada pelo nível de investigação e, para diferenciar, é chamado de "nível com possibilidade de causar impacto".

Tabela 5.3.3 Comparativo dos indicadores ambientais de qualidade do fundo

			Indicador	Unidade	Hg	Cr	As	Ni	
Austrália & Nova Zelândia	lodo	Preservação do ecossistema	ISQG (interim sediment quality guideline) - low	mg/kg	0,15	80	20	21	ANZECC (Australian and New Zealand Environmental and Conservation Council) (2000)
			ISQG-high	mg/kg	1	370	70	52	ANZECC(2000)
Canadá	qualidade do fundo de água doce	Preservação do ecossistema	ISQG	mg/kg	0,17	37,3	5,9	-	-
			PEL	mg/kg	0,486	90	17	-	-
Japão	Lodo do fundo de rios, lagos e brejos	Saúde das pessoas	Norma de eliminação de lodo dos rios	ppm	25				28/10/1975 regulamentação ambiental 119. Comunicado sobre a preservação da qualidade da água da agência do meio ambiente

Fonte: Fundação com personalidade jurídica Eletricidade - Laboratório Central de Pesquisas Elétricas Chu-ô, coleta e análise dos dados de concentração de elementos traços no solo do país - Estudo comparativo com os indicadores ambientais do exterior; abril de 2003

Até agora, o Japão tem enfatizado o estabelecimento de um padrão ambiental para a prevenção da eutrofização e proteção da saúde das pessoas. Portanto, isto difere do objetivo da regulamentação ambiental de outros países, que focam a preservação do ecossistema.

Visto que a qualidade do fundo do Reservatório Billings e do braço do Rio Grande será

avaliada quanto à preservação do ecossistema, os indicadores brasileiros serão adotados como padrão.

2) Resultado da análise da qualidade do fundo do Reservatório Billings e do braço do Rio Grande

Segundo o resultado da análise da qualidade do fundo em 5 pontos diferentes do Reservatório Billings e do braço do Rio Grande, realizada em 15/05/2005 e apresentada na **Tabela 5.3.4** (quanto aos pontos de coleta de amostras, vide **Figura 5.3.1**), obtivemos os seguintes resultados:

Quanto à concentração de mercúrio na qualidade do fundo, foi verificada em 2 de 3 pontos uma concentração que ultrapassa os 0,15 mg/kg do ISQG-low, dados que ultrapassam o nível com possibilidade de causar impacto. Em especial, foi detectada uma alta concentração de mercúrio no ponto de confluência (BL-3) do canal intermediário com o Taquacetuba, com um valor de 2,34 mg/kg, e na jusante (BL-5) da ponte dos Imigrantes, com um valor de 2,25 mg/kg. Estes valores indicam uma alta possibilidade de causar impacto sobre o ecossistema, com perigo para a preservação do ecossistema.

Ainda, foram detectados pontos onde a concentração de Ni ultrapassa os 21 mg/kg do ISQG-low. Foram detectados 77,3 mg/kg no BL-2, 162,3 mg/kg no BL-3 e 137 mg/kg no BL-5, todos no Reservatório Billings.

Apenas como observação, o valor médio da concentração de mercúrio nos fundos dos lagos e brejos do Japão, antes de 1980, era de 0,2 à 0,25 mg/kg, mas, após 1980, encontra-se praticamente entre 0,1 e 0,2 mg/kg, com tendência a se manter estável.

Também, o valor médio da concentração de Ni nos fundos dos lagos e brejos do Japão é de 55 mg/kg e no fundo dos rios é de 16 mg/kg. Comparando os dois, vemos que a concentração dos lagos e brejos é muito grande. Esta tendência se mostra estável.

Continuando, os resultados da análise da qualidade da água e do fundo realizada em 11-13/07/2006 nos pontos de monitoramento indicados na **Figura 5.3.16**, são apresentados na **Tabela 5.3.5** e **5.3.6**.

Entre os indicadores da qualidade da água apresentados na **Tabela 5.3.5**, os que determinam o padrão ambiental são: pH, OD, turbidez, Clorofila-a (Chl-a), NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PT, cianobactérias, colibacilos, coliformes fecais e DBO; porém, entre os 29 pontos de monitoramento, 23 pontos em relação a OD, 19 em relação a Clorofila-a e 22 em relação a

DBO5 estão abaixo do padrão ambiental para a classe 2. Fora isso, 3 pontos em relação a PT, 6 em relação a NH_4 , 10 em relação a PT e 8 em relação a cianobactérias estão abaixo do padrão ambiental para a classe 2.

Observando tudo, o OD, o E_H e o nível de transparência são baixos nos braços do Alvarenga (ponto de monitoramento 07), de Gruta Funda (ponto de monitoramento 08), de Alvarenga 2411 (ponto de monitoramento 10) e de Cocaia (ponto de monitoramento 13), bem como no canal intermediário nas proximidades da Barragem de Pedreira (pontos de monitoramento 11 e 14); e, ao contrário, a turbidez, COD, TOC, TSS, $\text{NH}_4\text{-N}$, NT, PT, índice de coliformes, DQO e DBO são altos, indicando que estão extremamente poluídos. Em particular, Alvarenga, Gruta Funda, Alvarenga 2411 e Barragem de Pedreira se encontram em um alto nível de degradação, com OD próximo a zero.

E os únicos locais onde o pH ultrapassa o padrão ambiental são 3 pontos no Taquacetuba.

A **Tabela 5.3.6** apresenta os valores de OD dos pontos onde a qualidade do fundo foi monitorada, mas a 0,5 m de profundidade a partir da superfície da água destes locais.

Alguns pontos têm um pH levemente baixo, indicando que a oxidação dos componentes orgânicos libera CO_2 e produz um efeito fraco, porém importante, de oxidação na água da qualidade do fundo.

O conteúdo de água no solo tende a aumentar quanto mais próximo da camada superior; mas, em contraste com o nível alto de conteúdo de água na camada inferior do ponto 20 (46 a 56 cm), com 80,1%, e a camada inferior do ponto 19 (90 a 100 cm), com 78,9%, as camadas intermediárias (12 a 22 cm) e inferiores (24 a 34 cm) do ponto 14 apresentam praticamente o mesmo nível baixo (53,5%).

Quanto aos metais pesados, foi observado que a concentração de Cr, Cu, Ni, Pb e Zn em Summit (pontos de monitoramento 14-19-20-4-26) estão em um nível crítico. A concentração no ponto 19 (ponto de confluência com Cocaia) é a maior, mas, surpreendentemente, é seguido pelo ponto 4 (ponto de confluência com Rio Grande). Examinando a variação por profundidade em cada ponto de monitoramento, no ponto 19 as concentrações de Cr, Cu, Ni e Pb aumentam quanto mais próximo da camada superior, e no ponto 20 (ponto de confluência com Taquacetuba), a concentração de Cr, Cu, Ni, Pb e Zn é maior na camada intermediária. Nos pontos 14 (Barragem de Pedreira) e 4, os metais pesados formam vários padrões diferentes. No ponto 26 (Summit), a concentração de Hg na camada inferior é a única em níveis críticos.

Nos pontos 20 a 22 do Taquacetuba, os valores de Cu e Ni na camada intermediária não são altos, mas se encontram em um nível crítico em relação ao impacto ambiental.

A concentração de Cr e Ni no Taquacetuba, Summit e Capivari, e a de Cu na jusante do Rio Grande, encontram-se em níveis críticos.

Tabela 5.3.4 Resultado na análise de qualidade da água e sedimentos na Represa Billings (15/05/2005)

Monitoring Stations	Substrate	pH	Redox Pot. (mV)	Water Cont. (%)	TOC (mg/L)	TOC (% C)	TP (mg/L)	TP (mg/kg)	PO ₄ (mg/L)	TN (µg/kg)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Hg (mg/L)	Hg (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)
Bororé (BL-2)	Sediment	7.21	-124	63.2		8.01		466		1.1				n.d.	497	3.4	255	77.3
	Per. W.	6.77	59		34		0.52		0.117		27	1.444	n.d.					
Taquacetuba (BL-3)	Sediment	6.4	-103	62.1		8.51		502		2.1				2.34	968.4	8.628	344.4	162.3
	Per. W.	6.5	70		48		0.348		< 0.050		23.1	1.897	n.d.					
Imigrantes (BL-5)	Sediment	6.89	-100	67.1		11.07		112		3.2				2.25	595	5.6	297.2	137
	Per. W.	6.65	78		31		0.368		< 0.050		38.3	4.695	n.d.					
SABESP (RGDE-1)	Sediment	7.09	-127	38.5		2.16		183		69				n.d.	51.1	n.d.	47.4	4.3
	Per. W.	6.7	59		14		1		0.062		27	1.002	n.d.					
** (RGDE-3)	Sediment	6.43	-98	68.4		6.45		109		1.1				n.d.	101	n.d.	1235	21.5
	Per. W.	7.24	93		27		0.535		< 0.050		54.6	3.956	n.d.					

Per. W.: Permeant Water

n.d.: not detected

** Confluence of Ribeirão Pires & Rio Grande

Tabela 5.3.5 (1) – Resultado da análise da qualidade da água na Represa Billings (11 a 13/07/2006)

		Temperatura	Temperatura da água	pH	OD	Saturação de OD	E _H	Condutividade	Turbidez	Transparência	DOC	
	Classe 2			6.0-9.0	>5.0				100			
		°C	°C		mg/L	%	mV	mS/cm	UNT	m	mg/L	
1	Rio Grande	17.48	18.38	7.29	3.49	41.2	396	0.175	7.54	0.8	4.433	0.278
2	Rio Grande	16.61	18.33	8.07	3.58	42.2	394	0.176	8.18	0.9	3.866	0.168
3	Rio Grande	17.80	18.39	7.79	3.30	38.2	387	0.174	9.48	0.7	4.582	0.587
4	Imigrantes	18.70	18.40	7.76	4.34	51.0	425	0.176	7.04	1.1	4.967	0.907
5	Imigrantes	22.11	19.26	8.03	3.69	44.0	405	0.187	7.93	1.0	5.118	0.817
6	Alvarenga	18.72	18.41	7.23	2.89	33.2	407	0.208	6.50	0.8	4.470	0.623
7	Alvarenga	19.00	18.11	6.94	0.07	0.1	282	0.839	23.00	0.4	4.290	0.414
8	Grora Funda	21.16	19.20	7.55	0.05	0.0	399	0.211	11.90	0.7	4.470	0.938
9		20.27	19.16	7.33	2.74	31.6	409	0.218	16.90	0.6	4.680	0.510
10	Alvarenga 2411	25.50	20.56	7.20	0.00	0.0	91	0.263	42.10	0.2	5.630	0.663
11	Pedreira	22.98	19.23	7.06	0.28	1.6	22	0.267	45.30	0.1	5.980	1.124
13		22.70	19.32	6.93	0.97	10.7	76	0.250	47.10	0.2	4.310	0.497
14		22.87	19.23	7.16	0.81	7.6	323	0.232	44.20	0.3	5.410	0.898
15	Cocaia	22.13	20.41	7.37	6.24	75.8	313	0.237	28.60	0.5	4.780	0.451
16		20.72	19.14	7.70	5.98	69.0	409	0.202	18.30	0.6	4.824	0.207
17	Borore	19.00	19.40	8.75	10.06	120.0	377	0.187	18.90	0.6	5.283	0.187
18	Borore	22.32	19.38	8.89	9.77	116.6	375	0.192	19.90	0.7	4.938	0.869
19		18.98	18.70	7.86	7.96	94.5	414	0.196	33.30	0.6	3.030	0.556
20		16.38	18.44	7.47	7.87	90.5	426	0.187	11.50	0.9	3.155	0.286
21	Taquacetuba	19.47	20.27	9.38	4.92	58.5	397	0.191	21.20	0.6	6.137	0.311
22	Taquacetuba	20.46	19.41	9.34	4.11	50.1	384	0.174	21.40	0.5	5.246	0.223
23	Taquacetuba	21.29	20.46	9.32	4.16	50.8	418	0.172	29.40	0.4	6.019	0.271
24	Pedra Branca	23.70	19.66	8.67	3.96	48.3	415	0.185	9.31	0.9	3.786	0.151
25		21.72	19.46	8.36	3.85	46.1	386	0.173	8.27	1.0	3.978	0.234
26		24.50	18.78	8.42	4.41	51.9	363	0.455	9.83	0.8	2.781	0.369
27	Rio Pequeno	18.57	18.77	8.44	3.64	43.1	298	0.114	11.30	0.7	4.467	0.166
28	Rio Pequeno	20.12	18.41	8.01	3.93	46.1	317	0.058	9.44	0.6	4.259	0.240
29	Capivari	19.08	18.42	7.03	3.35	39.5	389	0.157	10.10	0.6	4.833	1.401
30	Capivari	18.90	19.36	8.24	3.74	44.9	321	0.159	9.18	0.7	4.453	0.347

Valores em vermelho representam não-cumprimento do padrão Classe 2

Valores em azul representam altos valores

20

100

0.400

40

0.5

5

Tabela 5.3.5 (2) – Resultado da análise da qualidade da água na Represa Billings (11 a 13/07/2006)

		TOC		TSS	Chl-a	NH ₄	NO ₂	NO ₃	TN	TP	Cianobactérias	Coliformes	Coliformes Fecais	DQO	DBO
	Classe 2				30		1,0	10,0		0,030	5000				5,0
		mg/L		mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	cell/mL	UFC/100mL	UFC/100mL	mg/L	mg/L
1	Rio Grande	4,300	0,406	<0.02	37,06	0,09	0,029	4,0	1,00	<0.01	7.318	3.5X10 ³	220	13	4
2	Rio Grande	4,915	1,186	<0.02	36,59	<0.06	0,023	2,0	0,68	0,01	4.318	7.0X10 ³	50	36	15
3	Rio Grande	3,440	0,703	5,33	26,27	0,46	0,015	0,4	1,20	0,02	1.505	2.7X10 ⁴	470	24	5
4	Imigrantes	7,387	0,644	7,33	35,86	<0.06	0,013	0,5	0,97	0,01	4.921	1.1X10 ⁵	10	29	7
5	Imigrantes	4,380	0,795	0,33	23,91	<0.06	0,010	0,5	1,00	0,01	2.842	4.9X10 ³	10	32	6
6	Alvarenga	4,310	0,456	4,33	22,18	1,50	0,035	0,8	1,70	0,18	1.011	6.2X10 ⁶	5,0X10 ³	29	8
7	Alvarenga	7,990	2,502	31,33	29,23	3,60	0,083	1,0	4,00	0,28	4.000	7.1X10 ⁵	2,1X10 ⁴	27	6
8	Grora Funda	5,310	0,787	8,33	23,04	1,10	0,045	1,5	1,60	0,09	1.675	1.5X10 ⁵	8,0X10 ³	19	5
9		4,240	0,755	6,33	15,95	5,00	0,051	3,0	2,60	0,14	2.312	3.5X10 ⁶	9,0X10 ³	32	14
10	Alvarenga 2411	5,003	1,199	29,33	31,41	6,00	0,005	2,0	5,70	1,10	1.289	2.1X10 ⁶	6,5X10 ⁴	44	18
11	Pedreira	6,460	0,287	44,33	5,59	6,50	0,004	0,1	5,20	1,20	2.656	6.3X10 ⁵	8,6X10 ⁴	49	21
13		9,350	0,577	29,33	24,19	5,00	0,003	12,0	5,10	0,80	1.763	9.2X10 ⁵	9,1X10 ⁴	37	17
14		7,530	0,628	24,33	26,47	4,50	0,001	0,2	4,90	0,27	3.534	4.3X10 ⁵	6,4X10 ⁴	39	12
15	Cocaia	4,350	1,761	17,33	117,35	4,50	0,082	0,6	3,20	0,21	1.480	3.5X10 ⁵	4,0X10 ³	40	17
16		6,340	0,530	4,33	99,76	0,70	0,011	1,0	1,70	0,08	2.682	1.6X10 ⁵	6.7X10 ²	30	10
17	Borore	6,870	0,514	5,33	70,42	0,20	0,015	0,2	1,00	0,02	4.683	2.8X10 ⁴	30	38	10
18	Borore	6,430	0,346	7,33	70,49	<0.06	0,013	1,5	0,95	0,04	4.843	2.2X10 ⁴	20	18	6
19		3,310	0,939	6,33	84,29	<0.06	0,006	2,0	1,40	0,05	8.627	7.9X10 ⁴	3.1X10 ²	24	8
20		8,650	2,000	4,33	62,67	<0.06	0,007	0,4	1,10	0,02	5.413	3.3X10 ⁴	10	25	7
21	Taquacetuba	7,060	1,399	1,33	64,48	<0.06	0,011	0,4	1,50	0,03	3.859	2.7X10 ⁴	30	32	10
22	Taquacetuba	7,870	1,072	7,33	81,61	0,12	0,009	1,5	0,94	0,02	4.992	1.6X10 ⁴	3.3X10 ²	28	10
23	Taquacetuba	7,652	0,516	15,33	79,76	0,04	0,008	0,2	1,10	0,02	8.189	1.8X10 ⁴	30	41	18
24	Pedra Branca	3,410	0,360	3,33	38,53	<0.06	0,009	0,9	0,93	0,02	885	1.3X10 ⁵	10	22	6
25		7,387	0,000	<0.02	33,30	0,07	0,012	0,4	1,00	0,01	4.736	4.8X10 ⁴	30	30	9
26		6,667	0,260	<0.02	48,73	<0.06	0,009	0,2	1,20	0,01	4.178	3.8X10 ⁴	90	14	3
27	Rio Pequeno	4,450	0,408	0,33	38,86	<0.06	0,005	4,5	0,97	0,01	12.843	7.0X10 ⁵	40	17	5
28	Rio Pequeno	7,030	0,135	<0.02	24,05	<0.06	0,002	0,1	0,78	0,01	14.025	9.0X10 ⁵	30	19	5
29	Capivari	5,559	0,405	<0.02	45,42	<0.06	0,007	4,0	0,74	0,01	9.642	1.9X10 ⁴	40	25	8
30	Capivari	5,385	0,875	3,33	37,51	<0.06	0,007	0,3	0,92	0,01	13.499	3.0X10 ⁴	10	17	5

Valores em vermelho representam não-cumprimento do padrão Classe 2

Valores em azul representam altos valores

5

20

0,5

10

4

X10⁶

X10⁴

30

Tabela 5.3.6 Resultado da análise de sedimentos na Represa Billings (11-13/07/2006)

SQG's	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
TEL	0.596	37.3	35.7	18	35	123.1	0.17
PEL	4	90	197	36	91.3	315	0.486
SEL	10	110	110	75	250	820	2

			DO (mg/L)	pH	Eh (mV)	Water content (%)	N total (%)	P total (%)	TOC (%)	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Cu (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)	Hg (mg/L)
1	Rio Grande		3.49	7.25	-117	83.6	0.56	1.79	6.41	0.33	91.22	823.93	65.23	53.95	154.49	0.1941
2	Rio Grande		3.58	7.97	-194	87.0	0.58	2.09	6.88	0.32	97.46	349.95	55.62	63.00	112.22	0.1531
3	Rio Grande		3.30	8.18	-294	86.4	0.62	1.37	9.80	0.08	65.49	472.34	33.74	26.79	166.71	0.1205
4	Imigrantes	0-12 cm	4.34	6.25	-158	92.6	0.58	1.39	13.17	3.34	455.74	441.89	303.35	127.07	936.32	0.3440
		29-41 cm	-	-	-	84.7	0.43	1.60	5.76	0.08	48.76	17.07	13.65	33.65	67.78	0.1252
		58-70 cm	-	-	-	62.6	0.30	1.,27	10.40	0.89	7.20	159.79	6.45	99.74	66.99	0.1913
14		0-10 cm	0.81	7.15	-176	78.4	0.53	2.00	5.49	0.90	161.09	289.26	63.84	113.21	508.70	0.5488
		12-22 cm	-	-	-	53.4	0.52	1.65	3.39	1.19	183.97	199.79	88.03	159.73	442.61	0.9379
		24-34 cm	-	-	-	53.5	0.24	1.28	3.95	1.30	186.42	226.30	95.13	141.26	480.47	0.8168
19		0-10 cm	7.96	6.68	-188	87.9	0.35	1.49	6.84	6.62	577.06	619.28	399.25	213.00	1566.97	0.1467
		45-55 cm	-	-	-	87.0	0.38	1.43	5.00	3.88	500.05	339.35	217.50	287.89	1267.11	0.1381
		90-100 cm	-	-	-	78.9	0.,42	1.48	5.82	2.59	238.52	237.03	50.79	210.64	1712.98	0.3395
20		0-10 cm	7.87	5.82	-169	90.5	0.37	1.72	8.12	1.66	229.47	213.39	104.26	114.49	540.78	0.3086
		23-33 cm	-	-	-	85.3	0.35	1.60	7.47	4.21	515.39	339.46	224.00	236.38	1184.40	0.2409
		46-56 cm	-	-	-	80.1	0.61	1.45	9.82	1.60	209.75	159.31	52.94	156.31	1108.67	2.1157
22	Taquacetuba	0-12 cm	4.11	5.91	-179	90.4	0.40	2.01	9.89	0.22	82.21	46.21	61.78	57.89	73.94	0.0681
		15-27 cm	-	-	-	84.7	0.75	1.51	9.28	0.34	163.29	48.20	80.66	60.99	141.16	0.0000
		28-40 cm	-	-	-	58.3	0.59	1.68	5.77	0.09	68.61	32.31	20.88	38.78	87.00	0.2220
23	Taquacetuba		4.16	5.67	-187	84.5	0.51	1.74	8.11	0.16	71.48	34.75	47.16	45.67	40.21	0.0596
26			4.41	6.23	-193	83.3	0.49	1.69	7.40	0.39	131.38	91.92	59.95	56.45	150.36	0.1641
28	Rio Pequeno		3.93	6.08	-139	86.5	0.55	1.52	6.75	0.15	61.85	29.93	29.43	52.87	61.35	0.1180
30	Capivari		3.74	6.73	-170	86.4	0.57	1.58	8.91	0.25	112.75	78.06	60.71	34.69	106.49	0.0819

O Guia de Sedimentos usado no Brasil (*Sediment Quality Guideline: SQG*) apresenta as 3 classificações abaixo:

TEL = *Threshold effect level* – nível-limite de impacto valores em azul na **Tabela 5.3.6**

PEL = *Probable effect level* – nível de impacto provável valores em vermelho na **Tabela 5.3.6**

SEL = *Severe effect level* – nível de impacto severo valores em vermelho/negrito na **Tabela 5.3.6**

