

ESTUDO LIMNOLÓGICO DE UM TRECHO DO RIO MOJI-GUAÇU II. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

(Limnological researchs in a stretch of the Moji-Guaçu River.

II. Chemical characteristics)

Maria Helena MAIER *
Maria Amália BASILE-MARTINS *
Márcia Navarro CIPÓLLI *
Airton Luiz VIEIRA **
Ercius Gerbi DE CHIARA ***

RESUMO

Nesta pesquisa, realizada no período de outubro de 1973 a setembro de 1975, foram determinados os valores de características químicas da água de um trecho do Rio Moji-Guaçu como parte de um estudo mais amplo, envolvendo também fatores físicos e biológicos e a ação de efluentes de usina açucareira sobre as características limnológicas.

As variáveis estudadas em cinco pontos foram: condutividade elétrica, alcalinidade, pH, amônia, nitrito, nitrato, fosfato, sílica solúvel, ferro total e oxigênio dissolvido.

Os resultados mostram que os valores das características variam de modo considerável, com os períodos de chuva e de estiagem, não apresentando, porém, variações sensíveis ao longo do trecho estudado.

ABSTRACT

In this research, developed during the period from October, 1973 to September, 1975, the main chemical features of the waters of a stretch of the Moji-Guaçu River were considered. This work is part of a study that includes also the investigation of physical and biological features as well the influence of the effluents of sugar-mil factories over limnological characteristics.

The variables investigated through sampling and field works at five points, comprised: electrical conductivity, alkalinity, hydrogen potential, ammonia, nitrite, nitrate, phosphate, silica (soluble), iron (total) and oxygen (dissolved).

The data show that values of the water characteristics change markedly according to the rainy and dry seasons but do not exhibit sensible variations among the points studied.

1. INTRODUÇÃO

A caracterização da área estudada consta de publicação anterior em que são considerados os fatores físicos da água do Rio Moji-Guaçu (MAIER et alii, 1978).

Sabe-se que compostos minerais existentes nas águas correntes originam-se principalmente da dissolução e do intem-

perismo de rochas da bacia de drenagem. Dessa forma, o tipo de material que o rio transporta depende de fatores climáticos e do relevo da bacia hidrográfica.

GANDOLFI (1968), num estudo sedimentológico da bacia do Rio Moji-Guaçu, desde a Cachoeira de Emas até a foz, obser-

(*) Pesquisadores Científicos — Seção de Limnologia da Divisão de Pesca Interior do Instituto de Pesca.
(**) Técnico de Laboratório — Seção de Limnologia. Atualmente farmacêutico da Seção de Biologia Aquática da Divisão de Pesca Interior do Instituto de Pesca.
(***) Técnico de Laboratório — Seção de Limnologia da Divisão de Pesca Interior do Instituto de Pesca. Atualmente Químico da PLASCAR Indústria de Plástico Reforçado — São Paulo — SP.

De acordo com VINER (1975), o que mais caracteriza o clima dos trópicos são os altos índices de precipitação pluviométrica; assim, o suprimento de compostos como os de nitrogênio e fósforo e de matéria orgânica pode ser resultado da inter-relação entre a precipitação e os aspectos geológicos locais modificados pela extensão e tipo de cobertura vegetal da região.

vou a ocorrência de magmatitos básicos e sedimentitos com razoável proporção argilosa.

Em rios de baixa salinidade, de regiões tropicais da África e da América do Sul cujos relevos são baixos e a pluviosidade intensa, o que mais contribui para a caracterização química da água é a composição da água da chuva (GIBBS, 1970).

2. MATERIAL E MÉTODOS

De outubro de 1973 a setembro de 1975 foram realizadas investigações quinzenais de características químicas da água em três pontos (6, 4 e 3) a montante da Cachoeira de Emas e em dois pontos (2 e 1) a jusante da mesma (Figura 1).

As amostras constituíram-se de águas de superfícies, tendo sido coletadas de bordo de um barco.

Os padrões convencionais descritos em AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1960) e em GOLTERMAN (1969), foram obedecidos tanto nas coletas de amostras de água como nos métodos analíticos empregados.

Na determinação da condutividade elétrica utilizou-se condutivímetro "Hach" e na alcalinidade, o método titulométrico empregando-se como solução indicadora a mistura de verde bromocresol com vermelho de metila; o pH da água foi medido no local de coleta com colorímetro de disco "Hach".

A amônia, o nitrito e o nitrato foram determinados, respectivamente, pelos métodos colorimétricos de Nessler, de Griess e do ácido fenol dissulfônico; as leituras foram feitas em espectrofotômetros nos seguintes comprimentos de onda: para amônia e nitrato, 410 nm e para nitrito, 520 nm.

O fosfato (orto-fosfato), a sílica solúvel e o ferro total foram determinados, respectivamente, pelos métodos colorimétricos de Denigés, do molibdato de amônia

e da fenantrolina; as leituras foram feitas em espectrofotômetro nos seguintes comprimentos de onda: 590 nm (fosfato), 850 nm (sílica) e 510 nm (ferro total).

O oxigênio dissolvido foi determinado pelo método titulométrico de Winkler (modificado), a saturação de oxigênio calculada pelo método nomográfico utilizando-se a tabela proposta por Truesdale, Downing & Lowden (SCHWOERBEL, 1975).

Para as leituras espectrofotométricas utilizaram-se espectrofotômetro e computador de concentração da marca "Bausch & Lomb".

No estudo do comportamento sazonal das características químicas da água calcularam-se as medianas mensais de cada variável, através dos valores registrados nos diferentes pontos, que foram comparadas às médias mensais das oscilações fluviométricas e ao índice pluviométrico mensal (Tabela 1 e Figuras 2 a 5). Com o mesmo objetivo, calcularam-se as medianas dos valores registrados em todos os pontos, em cada período: dois de chuva, outubro de 1973 a março de 1974 e outubro de 1974 a março de 1975, e dois de estiagem, abril a setembro de 1974 e de 1975, seguindo-se o modelo de divisão climática da região (Tabela 2 e Figura 6).

Para a verificação da existência ou não de gradientes ao longo do rio, em relação aos vários fatores estudados, utilizaram-se as medianas calculadas para cada ponto e período (Tabelas 3 a 13).

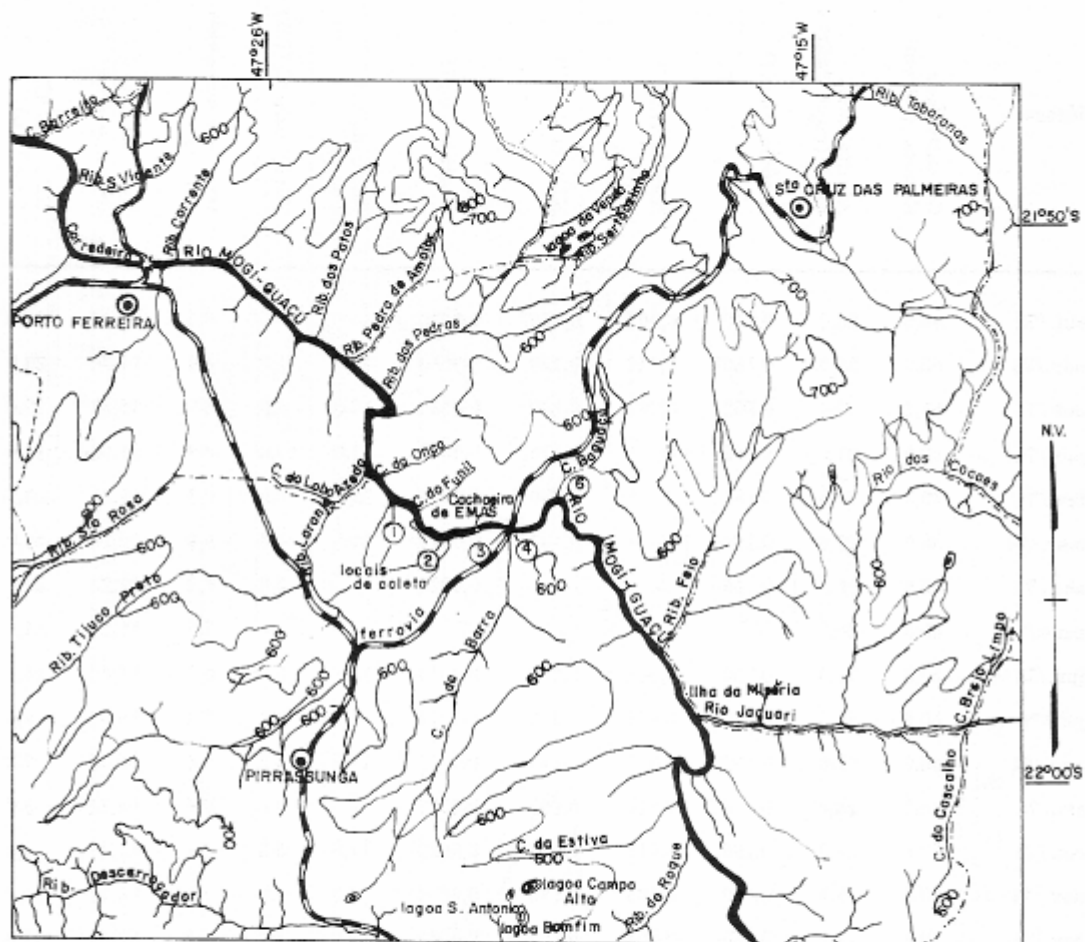


FIGURA 1 — Rio Moji-Guaçu — Localização dos pontos de coleta 1, 2, 3, 4 e 6. Mapa hidrográfico compreendendo os Municípios de Sta. Cruz das Palmeiras, Pirassununga e Porto Ferreira. Escala 1:235.40.

TABELA 1

Rio Moji-Guaçu — Medianas mensais calculadas para as variáveis químicas estudadas.

Meses	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Alcalinidade total ($\text{mg}/\text{l CaCO}_3$)	Amônia (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Fosfato (mg/l)	Silica solúvel (mg/l)	Ferro total (mg/l)	Oxigênio dissolvido (mg/l)	Saturação de oxigênio (%)	DBO ₅ (20°C) ($\text{mg}/\text{l O}_2$)
out./73	56,2	26,0	0,273	0,007	0,180	0,0028	—	—	6,9	91,64	20,0
nov./73	50,0	21,0	0,180	0,016	0,190	0,0030	11,0	1,7	6,0	77,70	20,9
dez./73	51,2	25,0	0,202	0,008	0,130	0,0035	13,0	2,5	6,7	88,28	17,6
jan./74	40,0	21,0	0,185	tr.	0,175	0,0020	11,0	10,6	6,2	81,62	12,0
fev./74	49,5	20,0	0,180	0	0,230	0,0011	13,0	6,9	6,5	88,55	23,2
mar./74	38,7	18,0	0,167	0	0,135	0,0043	12,5	4,6	6,9	92,16	16,0
abr./74	45,0	19,5	0,115	—	—	0,0020	—	0,8	6,9	89,23	22,4
maio/74	45,0	20,0	—	—	—	—	—	—	7,0	88,31	14,4
jun./74	50,0	21,0	0,150	0,001	0,202	0,0014	12,2	0,7	6,9	88,62	15,4
jul./74	55,0	22,0	0,130	0,007	0,210	0,0014	8,6	0,6	7,4	85,67	9,6
ago./74	56,2	22,0	0,190	0,007	0,140	tr.	11,2	0,5	6,8	82,45	7,2
set./74	64,0	26,0	0,115	0,010	0,265	0,0027	—	0,6	6,6	84,76	8,0
out./74	76,5	28,0	0,185	0,016	0,180	0,0020	14,8	0,8	6,2	81,42	6,4
nov./74	80,5	29,5	0,190	0,003	0,185	0,0024	9,7	1,1	6,1	85,13	13,2
dez./74	43,5	22,0	0,270	0,004	0,165	0,0038	12,0	5,0	6,2	82,49	17,6
jan./75	54,5	19,5	0,175	tr.	0,193	0,0023	12,8	4,7	6,2	83,94	12,8
fev./75	41,0	20,0	0,170	0,003	0,162	0,0038	9,7	4,0	5,3	71,01	10,4
mar./75	48,0	21,0	0,190	0	0,200	0,0026	11,1	1,8	6,0	80,20	16,0
abr./75	50,0	21,0	0,180	0,005	0,202	0,0028	12,3	1,2	7,0	89,89	6,4
maio/75	53,5	19,0	0,180	0,004	0,180	0,0014	11,8	0,7	7,2	87,63	7,4
jun./75	56,0	19,0	0,210	0,004	0,195	tr.	11,2	0,3	7,8	89,53	10,1
jul./75	67,5	23,0	0,215	0,007	0,184	0,0013	12,0	0,5	7,3	85,03	10,8
ago./75	77,5	27,0	0,230	0,012	0,215	0,0035	11,0	2,1	5,8	72,83	—
set./75	93,0	31,0	0,220	—	0,320	—	—	4,1	6,1	77,70	—

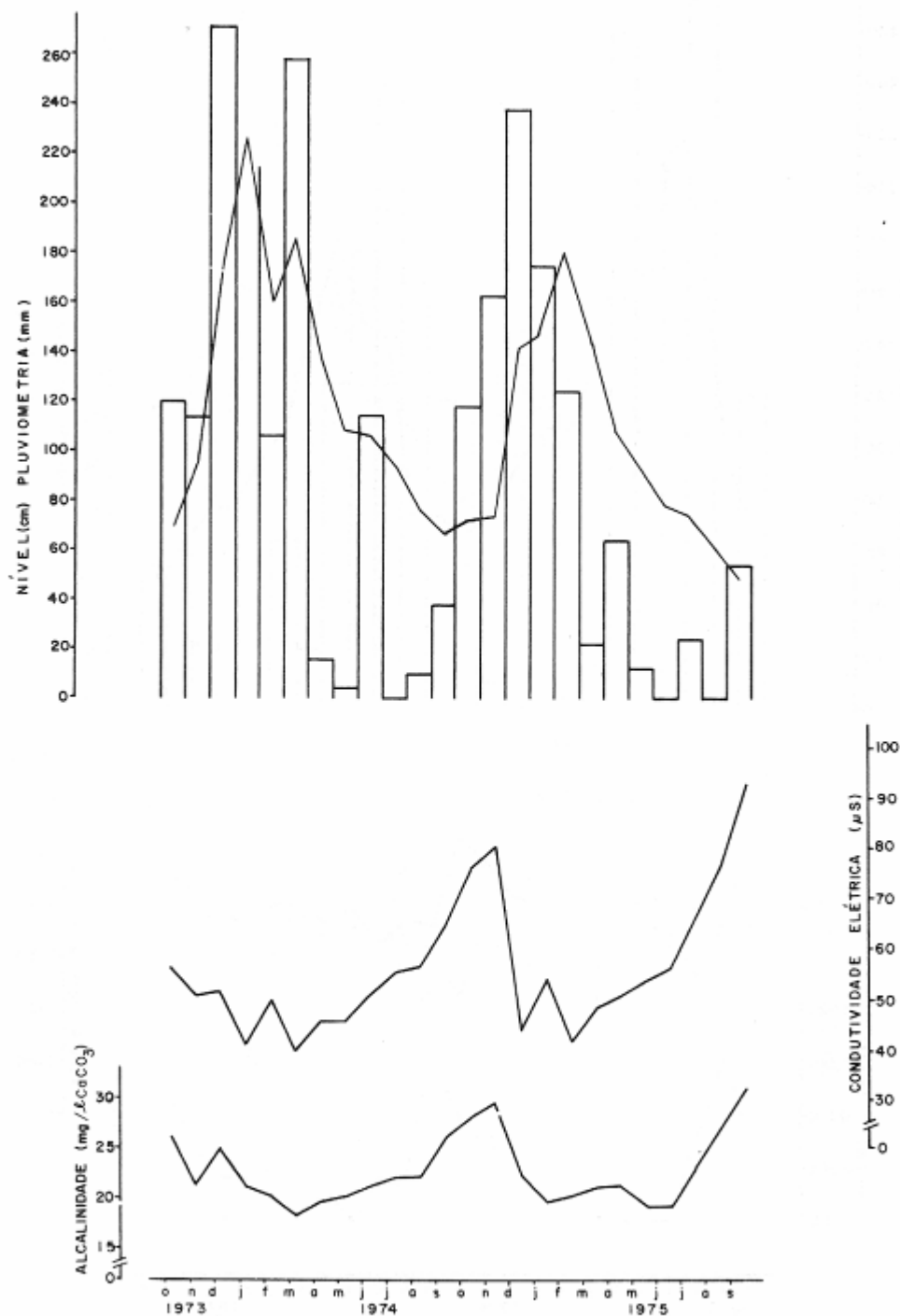


FIGURA 2 — Rio Moji-Guaçu — Variação, ao longo dos anos, das medianas mensais da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e alcalinidade ($\text{mg}/\text{l CaCO}_3$), pluviometria mensal total (mm) e média mensal do nível do rio (cm).

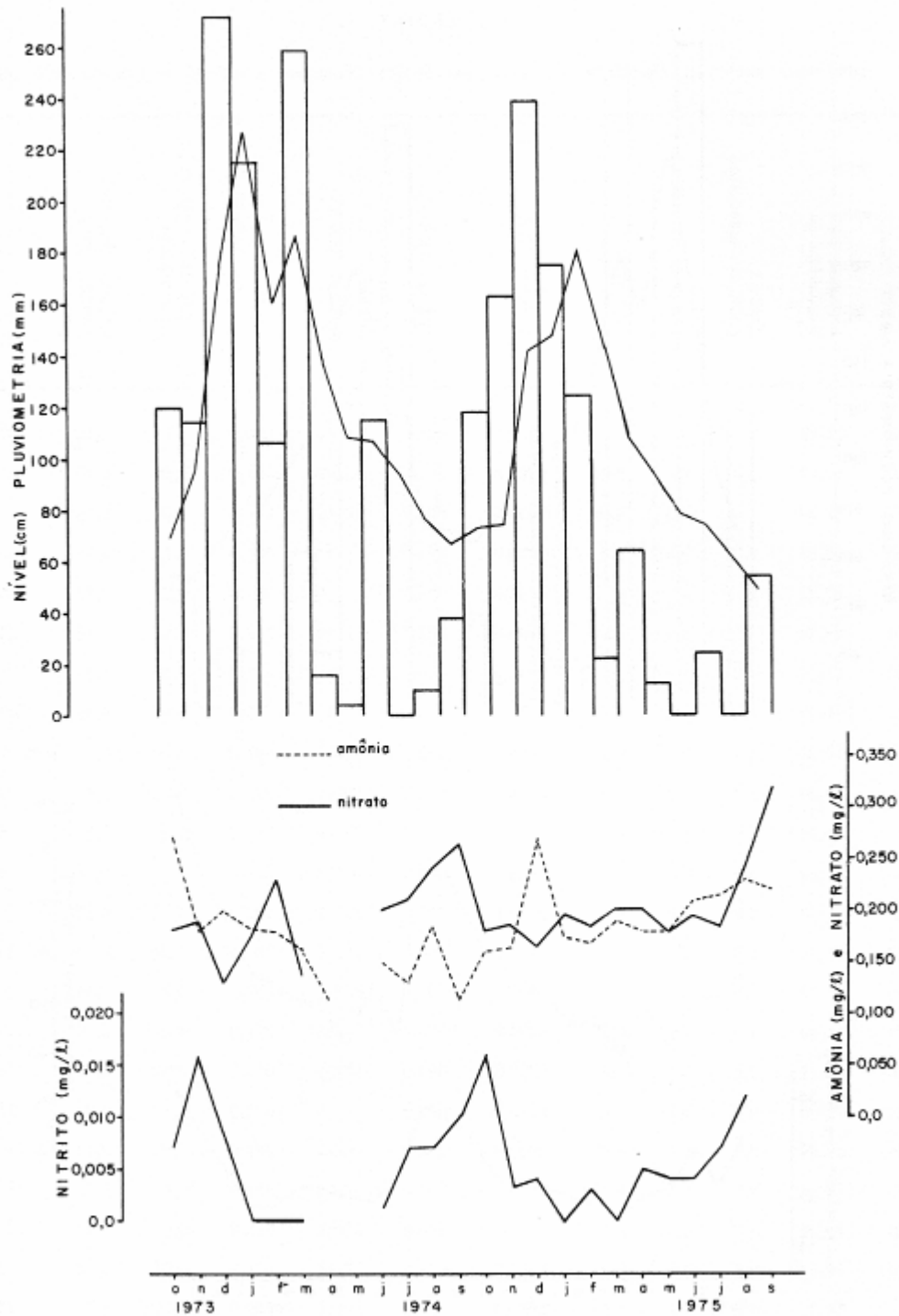


FIGURA 3 — Rio Moji-Guaçu — Variação, ao longo dos anos, das medianas mensais da concentração de amônia (mg/l), nitrato (mg/l) e nitrito (mg/l), pluviometria mensal total (mm) e média mensal do nível do rio (cm).

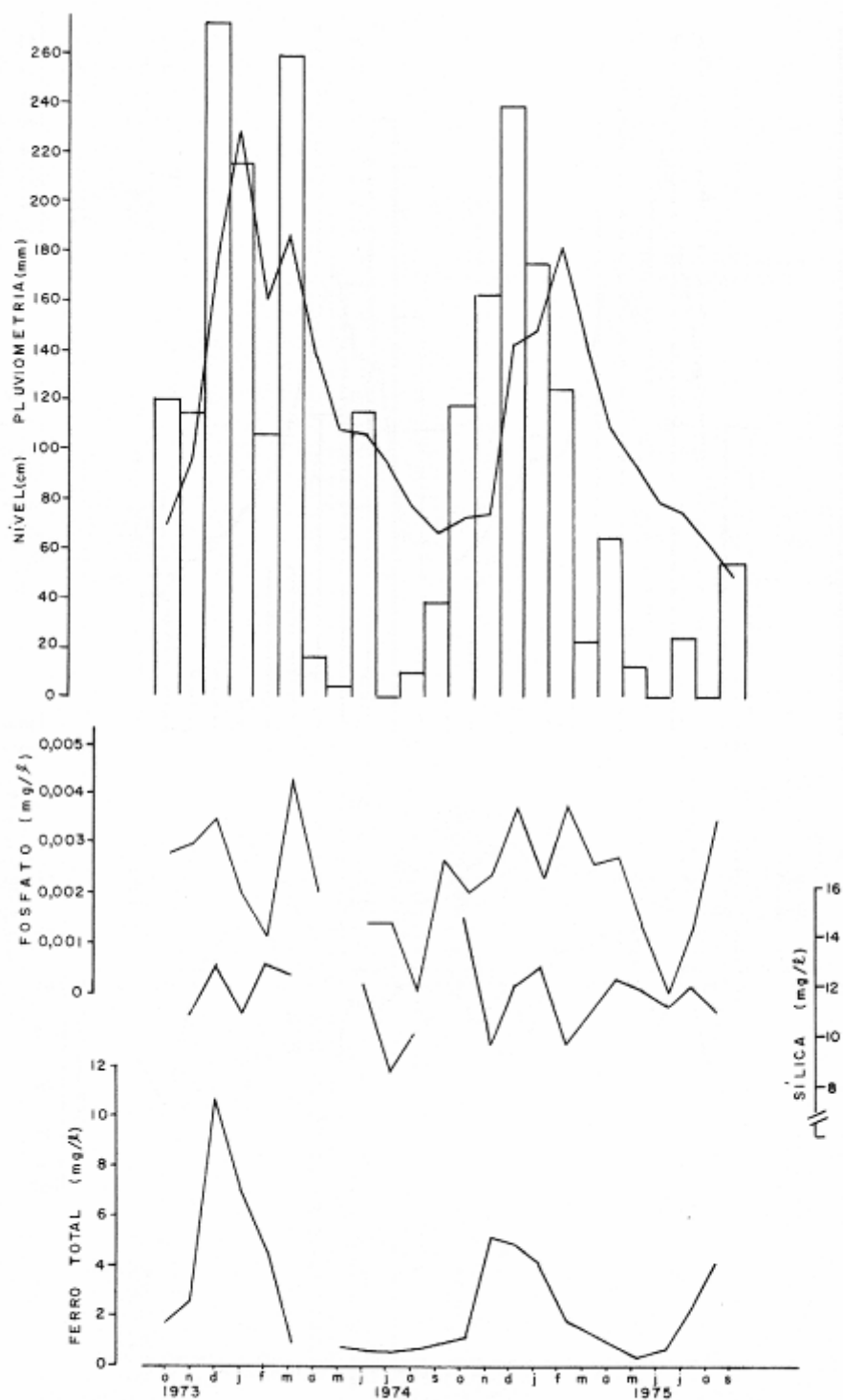


FIGURA 4 — Rio Moji-Guaçu — Variação, ao longo dos anos, das medianas mensais da concentração de fosfato ($\mu\text{g/l}$), sílica solúvel (mg/l) e ferro total (mg/l), pluviometria mensal total (mm) e média mensal do nível do rio (cm).

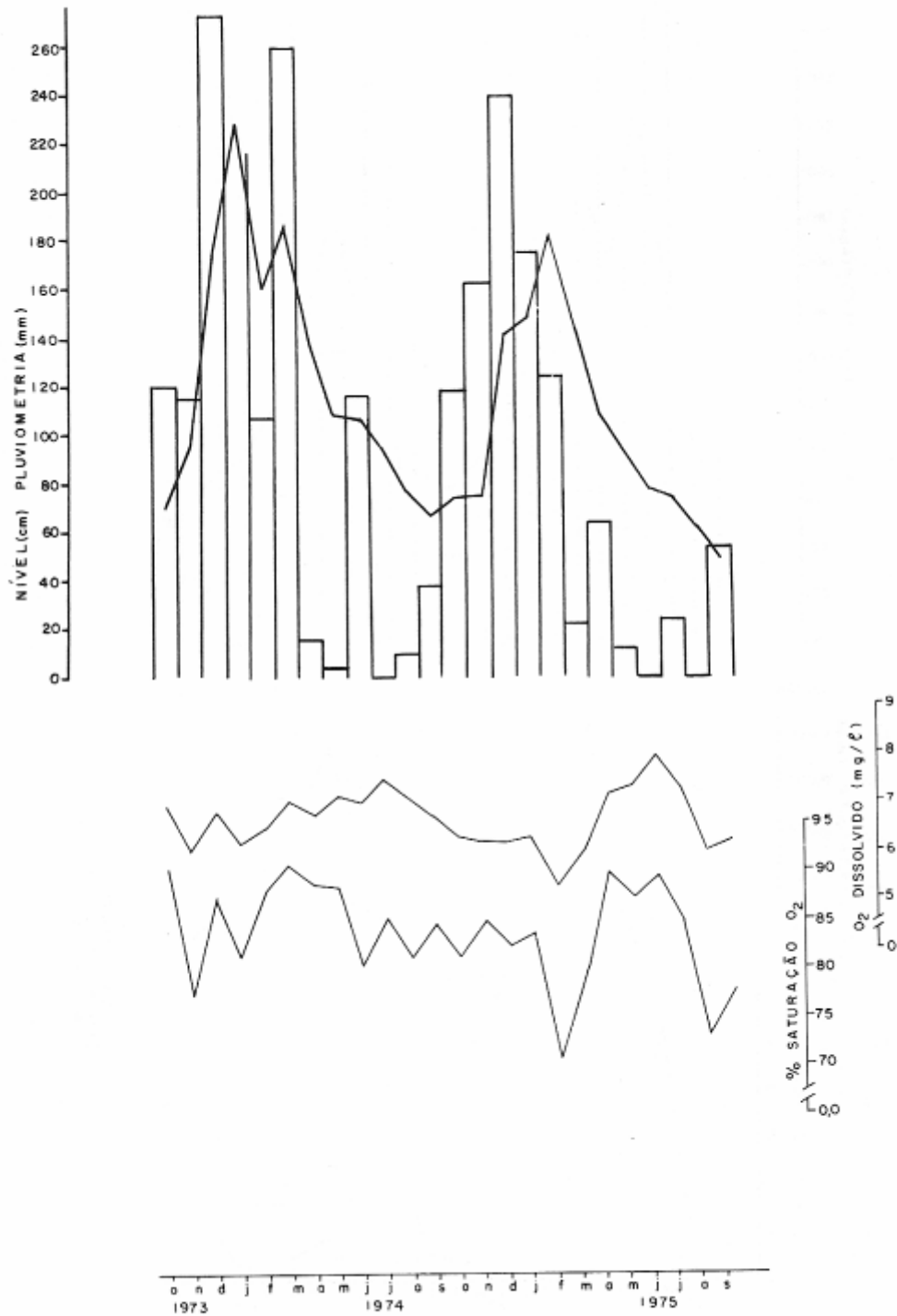


FIGURA 5 — Rio Moji-Guaçu — Variação, ao longo dos anos, das medianas mensais das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/l), porcentagens de saturação de oxigênio, pluviometria mensal total (mm) e média mensal do nível do rio (cm).

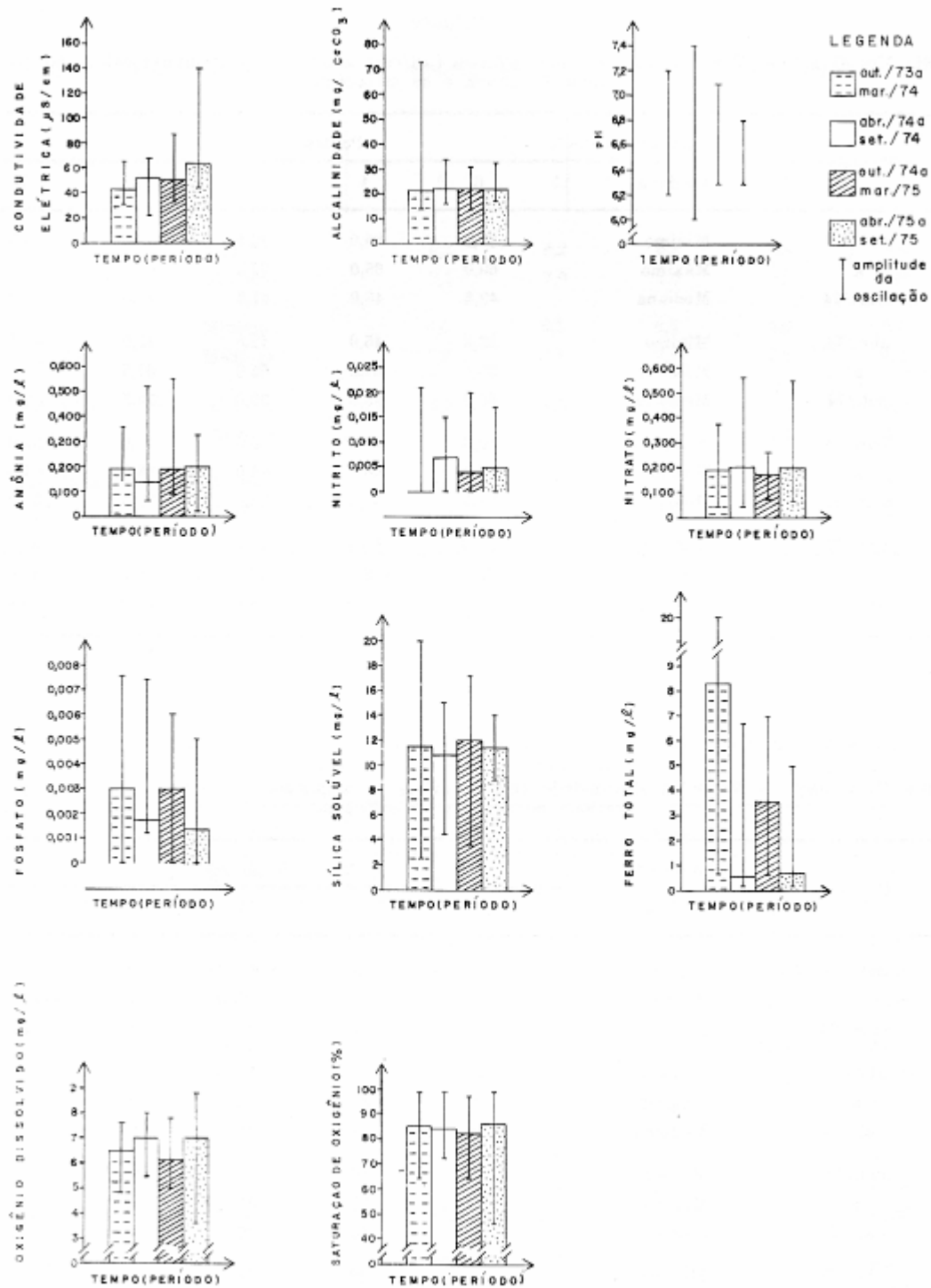


FIGURA 6 — Rio Moji-Guaçu — Comparação das medianas obtidas durante cada período de chuva e de estiagem, seus valores mínimos e máximos, para cada variável química estudada.

TABELA 2

Rio Moji-Guaçu — Valor da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) amplitudes e medianas calculadas por período de chuva e de estiagem.

Períodos	Amplitudes e Medianas	Pontos de Estudo				
		6	4	3	2	1
out./73	Mínimo	37,5	35,0	32,5	35,0	35,0
a	Máximo	60,0	65,0	62,5	60,0	65,0
mar./74	Mediana	42,5	45,0	41,3	45,0	45,0
abr./74	Mínimo	22,0	45,0	42,5	45,0	45,0
a	Máximo	65,0	67,5	65,0	67,5	67,5
set./74	Mediana	50,0	55,0	50,0	52,5	50,0
out./74	Mínimo	40,0	40,0	40,0	40,0	35,0
a	Máximo	86,0	86,0	85,0	85,0	84,0
mar./75	Mediana	52,5	51,5	52,5	52,5	52,0
abr./75	Mínimo	50,0	50,0	45,0	50,0	50,0
a	Máximo	122,0	102,5	102,5	100,0	98,0
set./75	Mediana	66,0	66,0	64,0	65,0	60,0

TABELA 3

Rio Moji-Guaçu — Valor da alcalinidade ($\text{mg}/\text{l CaCO}_3$) — amplitudes e medianas calculadas por período de chuva e de estiagem.

Períodos	Amplitudes e Medianas	Pontos de Estudo				
		6	4	3	2	1
out./73	Mínimo	15	15	14	16	15
a	Máximo	29	28	73	28	27
mar./74	Mediana	22	21	20	20	21
abr./74	Mínimo	18	19	17	19	17
a	Máximo	27	34	28	26	26
set./74	Mediana	22	23	21	21	21
out./74	Mínimo	17	16	17	17	14
a	Máximo	30	30	30	31	30
mar./75	Mediana	22	24	20	21	21
abr./75	Mínimo	18	20	18	18	18
a	Máximo	31	32	32	33	31
set./75	Mediana	22	22	22	22	21

TABELA 4

Rio Moji-Guaçu — Valor do pH — amplitude por período de chuva e de estiagem.

Períodos	Amplitudes	Pontos de Estudo				
		6	4	3	2	1
out./73 a	Mínimo	6,2	6,2	6,3	6,4	6,4
mar./74	Máximo	7,1	7,0	7,0	7,2	7,0
abr./74 a	Mínimo	6,6	6,5	6,5	6,0	6,7
set./75	Máximo	7,2	7,4	7,1	7,1	7,2
out./74 a	Mínimo	6,3	6,5	6,5	6,4	6,6
mar./75	Máximo	7,1	6,9	6,9	6,9	6,9
abr./75 a	Mínimo	6,5	6,5	6,3	6,3	6,4
set./75	Máximo	6,8	6,7	6,7	6,7	6,8

TABELA 5

Rio Moji-Guaçu — Valor da concentração de amônia (mg/l) — amplitudes e medianas calculadas por período de chuva e de estiagem.

Períodos	Amplitudes e Medianas	Pontos de Estudo				
		6	4	3	2	1
out./73	Mínimo	0,145	0,140	0,170	0,160	0,150
a	Máximo	0,300	0,297	0,340	0,360	0,290
mar./74	Mediana	0,180	0,180	0,192	0,200	0,200
abr./74	Mínimo	0,070	0,100	0,100	0,100	0,090
a	Máximo	0,370	0,520	0,320	0,220	0,170
set./74	Mediana	0,105	0,150	0,140	0,150	0,120
out./74	Mínimo	0,090	0,155	0,160	0,150	0,155
a	Máximo	0,370	0,330	0,530	0,550	0,520
mar./75	Mediana	0,190	0,180	0,190	0,190	0,190
abr./75	Mínimo	0,020	0,170	0,140	0,160	0,145
a	Máximo	0,330	0,320	0,250	0,320	0,260
set./75	Mediana	0,190	0,205	0,200	0,190	0,210

TABELA 6

Rio Moji-Guaçu — Valor da concentração de nitrito (mg/l) — amplitudes e medianas calculadas por período de chuva e de estiagem.

Períodos	Amplitudes e Medianas	Pontos de Estudo				
		6	4	3	2	1
out./73	Mínimo	0	0	0	0	0
a	Máximo	0,017	0,017	0,009	0,021	0,018
mar./74	Mediana	tr.	0,004	tr.	tr.	tr.
abr./74	Mínimo	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
a	Máximo	0,015	0,013	0,011	0,011	0,010
set./74	Mediana	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
out./74	Mínimo	0	0	0	0	0
a	Máximo	0,020	0,018	0,020	0,019	0,016
mar./75	Mediana	0,005	0,007	0,002	0,006	0,001
abr./75	Mínimo	tr.	0	0	0,004	tr.
a	Máximo	0,017	0,011	0,012	0,013	0,016
set./75	Mediana	0,005	0,004	0,005	0,006	0,004

TABELA 7

Rio Moji-Guaçu — Valor da concentração de nitrato (mg/l) — amplitudes e medianas calculadas por período de chuva e de estiagem.

Períodos	Amplitudes e Medianas	Pontos de Estudo				
		6	4	3	2	1
out./73	Mínimo	0,070	0,050	0,120	0,100	0,100
a	Máximo	0,330	0,260	0,300	0,375	0,240
mar./74	Mediana	0,215	0,199	0,190	0,182	0,180
abr./74	Mínimo	0,080	0,110	0,040	0,140	0,080
a	Máximo	0,265	0,560	0,560	0,400	0,560
set./74	Mediana	0,200	0,185	0,182	0,247	0,217
out./74	Mínimo	0,110	0,070	0,115	0,090	0,100
a	Máximo	0,260	0,240	0,210	0,220	0,240
mar./75	Mediana	0,180	0,167	0,170	0,147	0,180
abr./75	Mínimo	0,080	0,070	0,090	0,073	0,080
a	Máximo	0,510	0,540	0,420	0,550	0,340
set./75	Mediana	0,205	0,220	0,190	0,205	0,200

TABELA 8

Rio Moji-Guaçu — Valor da concentração de fosfato (mg/l) — amplitudes e medianas calculadas por período de chuva e de estiagem.

Períodos	Amplitudes e Medianas	Pontos de Estudo				
		6	4	3	2	1
out./73	Mínimo	tr.	tr.	tr.	0,0010	tr.
a	Máximo	0,0049	0,0049	0,0075	0,0050	0,0050
mar./74	Mediana	0,0030	0,0025	0,0036	0,0030	0,0030
abr./74	Mínimo	0,0012	0,0014	0,0013	0,0018	0,0016
a	Máximo	0,0056	0,0054	0,0074	0,0054	0,0060
set./74	Mediana	0,0034	0,0029	0,0029	0,0030	0,0030
out./74	Mínimo	tr.	tr.	tr.	tr.	0
a	Máximo	0,0020	0,0054	0,0042	0,0060	0,0048
mar./75	Mediana	0,0016	0,0020	0,0018	0,0010	0,0020
abr./75	Mínimo	tr.	tr.	tr.	tr.	0
a	Máximo	0,0050	0,0047	0,0035	0,0031	0,0038
set./75	Mediana	0,0022	0,0019	0,0014	0,0014	0,0014

TABELA 9

Rio Moji-Guaçu — Valor da concentração de sílica solúvel (mg/l) — amplitudes e medianas calculadas por período de chuva e de estiagem.

Períodos	Amplitudes e Medianas	Pontos de Estudo				
		6	4	3	2	1
out./73	Mínimo	2,6	2,5	2,5	10,0	2,5
a	Máximo	15,0	20,0	13,0	17,0	16,0
mar./74	Mediana	11,5	13,0	10,7	12,0	12,0
abr./74	Mínimo	4,3	6,4	7,5	8,4	8,4
a	Máximo	12,8	14,7	12,6	13,7	14,8
set./74	Mediana	10,5	10,7	11,6	11,4	11,6
out./74	Mínimo	6,0	4,8	4,2	4,2	3,5
a	Máximo	17,2	15,7	16,0	15,2	15,6
mar./75	Mediana	12,5	12,5	11,3	12,4	11,8
abr./75	Mínimo	9,8	8,8	9,8	10,3	10,5
a	Máximo	13,4	13,2	14,2	13,8	13,4
set./75	Mediana	11,6	12,2	11,9	11,7	11,7

TABELA 10

Rio Moji-Guaçu — Valor da concentração de ferro total (mg/l) — amplitudes e medianas calculadas por período de chuva e de estiagem.

Períodos	Amplitudes e Medianas	Pontos de Estudo				
		6	4	3	2	1
out./73	Mínimo	1,7	0,9	0,7	0,7	0,8
a	Máximo	20,0	17,5	20,0	20,0	19,0
mar./74	Mediana	9,4	9,2	6,4	5,5	8,3
abr./74	Mínimo	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
a	Máximo	6,7	4,6	1,0	3,7	3,5
set./74	Mediana	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6
out./74	Mínimo	0,8	0,6	0,7	1,0	0,8
a	Máximo	5,5	5,8	6,2	6,9	5,6
mar./75	Mediana	2,8	2,8	2,6	2,9	3,0
abr./75	Mínimo	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5
a	Máximo	3,5	4,9	4,0	4,9	4,1
set./75	Mediana	0,9	0,6	0,9	0,9	0,7

TABELA 11

Rio Moji-Guaçu — Valor da concentração de oxigênio dissolvido (mg/l) — amplitudes e medianas calculadas por período de chuva e de estiagem.

Períodos	Amplitudes e Medianas	Pontos de Estudo				
		6	4	3	2	1
out./73	Mínimo	5,0	4,8	5,5	6,4	6,1
a	Máximo	7,5	7,4	7,0	7,4	7,6
mar./74	Mediana	6,0	6,5	6,2	7,1	6,6
abr./74	Mínimo	6,2	6,4	6,4	6,1	5,5
a	Máximo	7,7	7,4	7,8	7,8	8,0
set./74	Mediana	7,1	6,9	7,0	7,2	7,2
out./74	Mínimo	5,4	5,1	5,4	5,1	5,6
a	Máximo	7,4	6,2	7,8	7,7	7,0
mar./75	Mediana	6,1	5,8	6,1	6,4	6,4
abr./75	Mínimo	5,9	3,6	4,7	5,1	4,7
a	Máximo	8,8	7,9	7,8	8,4	7,9
set./75	Mediana	7,0	7,1	6,6	7,2	7,0

TABELA 12

Rio Moji-Guaçu — Saturação de Oxigênio (%) — amplitudes e medianas calculadas por período de chuva e de estiagem.

Períodos	Amplitudes e Medianas	Pontos de Estudo				
		6	4	3	2	1
out./73	Mínimo	66,50	63,33	72,57	85,07	80,28
a	Máximo	99,22	97,10	92,88	98,89	97,74
mar./74	Mediana	79,14	88,21	81,62	92,88	86,25
abr./74	Mínimo	80,62	78,86	77,39	78,86	71,49
a	Máximo	99,96	88,31	95,66	99,61	97,34
set./74	Mediana	84,76	82,38	82,65	87,75	84,86
out./74	Mínimo	71,77	66,97	70,72	68,57	64,86
a	Máximo	92,32	83,94	97,34	96,34	94,99
mar./75	Mediana	79,68	78,51	80,35	85,71	82,89
abr./75	Mínimo	67,18	46,16	58,05	64,79	60,56
a	Máximo	98,49	89,63	99,07	96,83	92,50
set./75	Mediana	84,76	87,13	79,40	89,09	84,55

TABELA 13

Rio Moji-Guaçu — Valores mínimos, máximos e medianos nos períodos de chuva e de estiagem.

VARIÁVEIS	Valores:			
	medianos			
	mínimos-máximos			
	mar./74 out./73	abr.-set./74	out./74 mar./75	abr.-set./75
Condutiv. elétrica (μ S/cm)	41,7 32,5-65,0	52,5 22,0-67,5	52,0 35,0-86,0	64,0 45,0-122,0
Alcalinidade (mg/l CaCO ₃)	21 14-73	22 17-34	22 14-31	22 18-33
pH	6,5-7,0	6,0-7,4	6,3-7,1	6,3-6,8
Amônia (mg/l)	0,190 0,140-0,360	0,140 0,070-0,520	0,190 0,090-0,550	0,200 0,020-0,330
Nitrito (mg/l)	0 0-0,021	0,007 tr-0,015	0,004 0-0,020	0,005 0-0,017
Nitrato (mg/l)	0,190 0,070-0,375	0,205 0,080-0,560	0,170 0,070-0,260	0,200 0,070-0,550
Fosfato (mg/l)	0,0030 tr-0,0075	0,0018 0-0,0060	0,0030 0,0012-0,0074	0,0014 0-0,0005
Sílica solúvel (mg/l)	11,7 2,5-20,0	10,8 4,3-14,8	12,0 3,5-17,2	11,6 8,8-14,2
Ferro total (mg/l)	8,3 0,7-20,0	0,6 0,2-6,7	3,6 0,6-6,9	0,7 0,2-4,9
Oxigênio dissolvido (mg/l)	6,5 4,8-7,6	7,0 5,5-8,0	6,1 5,1-7,8	7,0 3,6-8,8
Saturação de Oxigênio (%)	86,55 63,33-99,22	83,92 71,49-99,96	81,88 64,86-97,34	86,78 46,16-99,07

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos valores das características estudadas (Tabelas 3 a 13) mostra que as variações ocorridas ao longo do trecho considerado não foram significativas.

3.1 Condutividade elétrica

A análise dos dados de condutividade do Rio Moji-Guaçu mostra que as medianas mensais variaram no primeiro ano, de 38,7 a 64,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e no segundo, de 41,0 a 93,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabela 1 e Figura 2) e que os valores medianos nos períodos de chuva foram mais baixos que os obtidos nos de estiagem (Tabela 2 e Figura 6).

GODOY (1975), estudando o Rio Moji-Guaçu em anos anteriores aos considerados neste trabalho, também observou elevação dos valores da condutividade com o decorrer do tempo e valores mais baixos nos períodos chuvosos.

Valores de condutividade próximos aos registrados no presente estudo são citados por BONETTO (1976) para o Alto e Médio Paraná; entretanto, neste rio, os valores tendem a aumentar com as cheias.

3.2 Alcalinidade

As medianas mensais de alcalinidade variaram de 18 a 31 mg/l CaCO_3 (Tabela 1 e Figura 2) e os valores mínimos e máximos registrados foram respectivamente 14 e 73 mg/l CaCO_3 .

A alcalinidade não apresentou variações sazonais, pois as medianas dos valores registrados tanto nos períodos de chuva como nos de estiagem foram próximos de 20 mg/l e CaCO_3 (Tabela 2 e Figura 6) valor este considerado baixo, segundo AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1975).

3.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

Da mesma maneira que para a alcalinidade, as pequenas oscilações observadas entre os valores do pH nos períodos de chuva e de estiagem, não evidenciam variações sazonal; durante todo o período considerado, os valores mínimo e máximo foram 6,0 e 7,4 (Tabela 2 e Figura 6).

De acordo com SIOLI (1975), no Médio Amazonas o pH varia de 6,5 a 7,3, no Alto Rio Negro, de 4,2 a 4,3 e no Rio Tapajós, de 6,4 a 6,6.

BONETTO (1976) menciona que a variação do pH da água do Médio Paraná é de 7,2 a 7,7, a do Alto Paraná, de 7,0 a 7,9 e a do Paraguai Inferior, de 6,9 a 7,7.

3.4 Amônia, Nitrito e Nitrato

Relativamente às concentrações de amônia no Rio Moji-Guaçu, observa-se que o menor e o maior valor mediano mensal foram 0,115 e 0,273 mg/l (Tabela 1 e Figura 3). Em ambos os períodos de chuva as medianas foram 0,190 mg/l e nos de estiagem, 0,140 (1974) e 0,200 mg/l (1975); os valores extremos observados durante os dois anos de estudo foram 0,020 e 0,550 mg/l (Tabela 2 e Figura 6).

Os resultados obtidos mostram que, no trecho estudado, a amônia ocorre em concentrações inferiores àquela citada por REID & WOOD (1976) como normal em águas não poluídas 1 mg/l .

As concentrações de amônia foram próximas às observadas por BONETTO (1976) para o Alto e Médio Paraná e Paraguai Inferior a montante do Rio Vermelho, sendo que nestes rios a concentração desta variável relaciona-se inversamente com o aumento do nível da água.

Os resultados das análises de nitrito revelaram concentrações mínimas algumas vezes aquém do limite de sensibilidade do método (Tabelas 1 e 2 e Figuras 3 e 6) e, de acordo com REID & WOOD (1976), em rios não poluídos o nitrito, quando presente, ocorre em quantidades diminutas.

Quanto às concentrações de nitrato, a Tabela 1 e a Figura 3 mostram que as medianas mensais variaram de 0,130 a 0,320 mg/l e a Tabela 2 e a Figura 6, que nos períodos de chuva as medianas foram 0,190 e 0,170 mg/l , inferiores às dos períodos de estiagem, 0,205 e 0,200 mg/l , evidenciando portanto relação inversa com o nível do rio.

Os valores medianos de concentração de nitrato foram, de modo geral, inferiores

aos registrados por VISSER (1974) para as águas do leste e oeste da África (0,30 mg/l) e ao valor médio apresentado por BONETTO (1976) para os rios Paraguai Inferior e Alto Paraná (0,93 mg/l), rios esses que mostram relação direta entre a concentração desse fator e o nível da água.

De acordo com SIOLI (1975), o nitrato não é encontrado nas águas do Alto Rio Negro, enquanto que no Médio Amazonas, sua concentração varia entre 0,018 e 0,084 mg/l.

3.5 Fosfato

No Rio Moji-Guaçu o fosfato foi encontrado sempre em pequenas concentrações (valor máximo: 0,0075 mg/l), observando-se também que nos períodos de chuva seus valores foram mais elevados (Tabela 2 e Figura 4 e 6). Comportamento semelhante desta variável foi registrado por BONETTO (1976) no Alto e Médio Paraná e no Paraguai Inferior, embora nestes os teores de fosfato tenham sido superiores aos do Moji-Guaçu.

No Médio Amazonas a concentração de fosfato varia de zero a 0,026 mg/l (SIOLI, 1975).

3.6 Sílica solúvel

Relativamente à sílica, observa-se que no trecho estudado as concentrações médias mensais variaram entre 8,6 e 14,8 mg/l (Tabela 1 e Figura 4), não tendo sido observada variação sazonal, pois as médias nos períodos de chuva, 11,7 e 12,0 mg/l foram próximas às dos de estiagem, 10,8 e 11,6 mg/l (Tabela 2 e Figura 6). Estes valores aproximam-se do teor médio de sílica, 11,9 mg/l, referido por LIVINGSTONE (1963) para os rios da América do Sul.

HUTCHINSON (1957) considera que quantidades de sílica até 77,5 mg/l são normais em água doce.

Para os rios Paraguai Inferior e Alto e Médio Paraná, as concentrações médias de sílica estão ao redor de 20 mg/l e mostram tendência a aumentar no início das chuvas (BONETTO, 1976). Já para os rios

da Bacia Amazônica, os valores são muito baixos: 3,6 a 4,5 mg/l no Médio Amazonas e 1,2 mg/l no Alto Rio Negro (SIOLI, 1975).

3.7 Ferro total

Varição sazonal bastante acentuada foi observada nas concentrações de ferro do Rio Moji-Guaçu, com valores medianos de 8,3 e 3,6 mg/l para os períodos de chuva e de 0,6 e 0,7 mg/l para os de estiagem (Tabela 2 e Figura 6). Isto talvez seja decorrente do fato de o Rio Moji-Guaçu correr, em grande parte, sobre leito de magmatito básico e de receber enxurradas que atravessam, com frequência, solos argilosos ricos em hidróxido de ferro originado da decomposição daquela rocha.

No Alto Paraná e Paraguai Inferior, os valores da concentração de ferro também aumentam nas cheias, talvez por efeito da dissolução química de solos lateríticos pelas águas da chuva (BONETTO, 1976); entretanto, as concentrações desta variável, nestes rios, são inferiores às registradas para o Moji-Guaçu.

3.8 Oxigênio dissolvido

Sob condições naturais, águas de rio contêm uma concentração relativamente alta de oxigênio dissolvido, tendendo à saturação. De um modo geral, naqueles de considerável extensão e volume e onde não ocorrem processos de contaminação orgânica, o teor de saturação varia entre 95 e 105%, permanecendo assim em valores próximos aos de equilíbrio com a pressão parcial desse gás no ar (PENNAK, 1971).

As concentrações de oxigênio dissolvido, assim como sua porcentagem de saturação no Rio Moji-Guaçu, não variaram sazonalmente, apresentando valores medianos de 6,5 e 6,1 mg/l nos períodos de chuva e de 7,0 mg/l nos de estiagem; ao longo do trecho estudado, observou-se que valores pouco mais elevados ocorreram no ponto 2, provavelmente devido ao fato deste estar situado nas proximidades da Cachoeira de Emas, propiciando esta boa aeração da água (Tabelas 1 e 2 e Figuras 5 e 6).

4. CONCLUSÕES

Por este estudo, pode-se concluir que:
— à exceção do oxigênio dissolvido, cuja concentração possivelmente sofre influências locais, as demais variáveis químicas consideradas no Rio Moji-Guaçu apresentaram valores mais ou menos homogêneos ao longo do trecho estudado.
— a alcalinidade, o pH, a amônia, a sílica, o nitrato, o oxigênio dissolvido e

sua porcentagem de saturação, não mostraram diferenças significativas de seus valores em funções da época do ano (chuvosa ou de estiagem).

— as concentrações de fosfato e de ferro apresentaram relação direta com o nível da água, enquanto que a condutividade elétrica e o nitrato apresentaram-na inversa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1960 *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 11.ed. New York. 626p.
- . 1975 *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 14.ed. New York. 1193p.
- BONETTO, A. A. 1976 *Calidad de las aguas del Rio Paraná: introducción a su estudio ecológico*. Buenos Aires, Dirección Nacional de Construcciones Portuarias y Vias Navegables. 202p.
- GANDOLFI, N. 1968 *Bacia do Moji-Guaçu: morfologia da drenagem, sedimentologia e investigações físico-químicas*. São Carlos. (Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia).
- GIBBS, R. J. 1970 Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*, New York, 170: 1088-90.
- GODOY, M. P. de 1975 O Rio Mogi Guassu. In: ———. *Peixes do Brasil; subordem Characoidei, Bacia do Rio Mogi Guassu*. Piracicaba, Franciscana. v. 1, cap. 1, p. 1-30.
- GOLTERMAN, H. L. 1969 *Methods for chemical analysis of fresh waters*. London, International Biological Programme. 172p. (IBP Handbook, 8).
- HUTCHINSON, G. E. 1957 The silica cycle in lake waters. In: ———. *A treatise on limnology: geography, physics, and chemistry*. New York, John Wiley & Sons, Inc. v. 1, cap. 14, p. 788-800.
- LIVINGSTONE, D. A. 1963 Data of geochemistry — Chemical composition of rivers and lakes. *Prof. Pap. U. S. geol. Surv.*, 440-G: 1-63.
- MAIER, M. H. et alii 1978 Estudo limnológico de um trecho do Rio Moji Guaçu. I. Características físicas. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 5(2):91-107, dez.
- PENNAK, R. W. 1971 Toward a classification of lotic habitat. *Hydrobiologia*, The Hague, 28:321-34.
- REID, G. K. & WOOD, R. D. 1976 Environmental variables of natural waters. In: ———. *Ecology of inland waters and estuaries*. 2.ed. New York, Van Nostrand. part 3, p. 129-257.
- SCHWOERBEL, J. 1975 *Metodos de hidrobiologia: biologia del agua dulce*. Trad. Francisco Javier Haering Perez. Madrid, Hermann Blume Ed. 262p. Original alemão.
- SIOLI, H. 1975 Tropical river: The Amazon. In: WHITTON, B. A. *River ecology*. Oxford, Blackwell. cap. 18, p. 461-88.
- VINER, A. B. 1975 The supply of minerals to tropical rivers and lakes (Uganda). In: HASLER, D. *Coupling of land and water systems*. Berlin, Springer-Verlag. p. 227-62.
- VISSER, S. A. 1974 Composition of waters of lakes and rivers in east and west Africa. *Tropical Hydrobiology and Fisheries*, 3(1): 43-60.