

VARIAÇÃO LONGITUDINAL DE PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS EM TRÊS RIOS PERTENCENTES A DIFERENTES BACIAS DE DRENAGEM NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

BRANCO, L.H.Z. & NECCHI JR., O.

IBILCE/UNESP - Depto. de Botânica
Cx. postal 136 - 15001-970 - São José do Rio Preto - SP

RESUMO: *Variação longitudinal de parâmetros físicos e químicos em três rios pertencentes a diferentes bacias de drenagem na região noroeste do estado de São Paulo.* Três bacias de drenagem na região noroeste do Estado de São Paulo (bacias dos rios Borá, Preto e São José dos Dourados) foram estudadas em três pontos de amostragem estabelecidos ao longo do curso principal de cada rio. Os trabalhos de campo foram realizados no período de setembro de 1992 a setembro de 1993 através de amostragens mensais (totalizando 117 amostragens), avaliando-se os seguintes parâmetros ambientais: condutividade, temperatura da água, turbidez, velocidade da correnteza, pH e saturação de oxigênio. De acordo com os resultados obtidos, os valores de todos os parâmetros físicos e químicos avaliados mostraram-se comparáveis com diversos estudos anteriores realizados em regiões próximas, pertencentes à Grande Bacia do Paraná. A comparação dentro e entre os três rios mostrou que cada um dos pontos de amostragem apresentava características próprias e peculiares, tornando-os distintos uns dos outros. A análise de variância (ANOVA - uma via) evidenciou que condutividade e velocidade da correnteza foram, dentre os avaliados, os parâmetros ambientais mais significativos na distinção dos segmentos de um mesmo rio ou riacho. A análise das coordenadas principais (PCO) enfatizou esses resultados e salientou que, mesmo diante das diferenças entre os pontos de um mesmo rio, esses são mais semelhantes entre si, do que a outros de distintos rios ou riachos. Os resultados globais evidenciaram diferenças ambientais entre os segmentos estudados, tanto entre os rios de bacias de drenagem distintas, como dentro do mesmo rio, reforçando a idéia de que cada trecho é uma entidade com características particulares e que um rio ou riacho deve ser interpretado como um mosaico formado pelo conjunto de segmentos, tal como postulado pela teoria de "Patchy dynamics" e, em menor grau, como um gradiente contínuo e previsível, como proposto pelo Conceito do Contínuo Fluvial (CCF). As implicações dessa diferenciação espacial são extremamente importantes para a avaliação das comunidades bentônicas em sistemas lóticos.

Palavras-chave: Rio, bacia de drenagem, variação longitudinal, características físicas e químicas.

ABSTRACT: Longitudinal variation of physical and chemical characteristics of 3 rivers belonging to different drainage basins in the northwest region of São Paulo State. Three drainage basins in the northwest region of São Paulo State, Brazil (Borá, Preto and São José dos Dourados river basins) were selected and along the main course of each river three sampling reaches were established. Monthly samplings were carried out from September 1992 to September 1993 (totaling 117) with evaluation of the following environmental parameters: specific conductance, water temperature, turbidity, current velocity, pH, and oxygen saturation. The values of all physical and chemical parameters were comparable to previous studies based on related geographic regions (Paraná River Basin) and, in a general view, they were in accordance to expected patterns for tropical environments, with typical rainy and dry seasons. The comparison within and among the three rivers revealed that each sampling site had particular characteristics, what make them distinct one another. ANOVA showed that specific conductance and current velocity were the environmental variables more significant to distinction among stretches of the same river or stream. Principal Coordinates Analysis (PCO) confirmed these findings and suggested that the reaches within a same river or stream are more similar to each other than to segments of other rivers or streams. The results showed characteristic environmental differences among the reaches studied, along the same river or between rivers of distinct drainage basins, reinforcing the idea that the river or stream is better viewed as a mosaic of patches, as postulated by Patchy Dynamics Theory and, to a lesser extent, as a continuous and predictable gradient as proposed by River Continuum Concept. The implications of this differentiation are extremely important to ecological evaluation of benthic communities in lotic systems.

Key-words: River, drainage basin, longitudinal variation, physical and chemical characteristics.

INTRODUÇÃO

Em rios e riachos, a análise da variação longitudinal de determinados parâmetros físicos e químicos tem proporcionado a elaboração de diversas teorias ecológicas gerais para ecossistemas lóticos. Dentre as existentes, o Conceito do Contínuo Fluvial (CCF - Vannote et al., 1980) propõe que rios e riachos constituem uma seqüência previsível de fenômenos abióticos e bióticos, devido à grande influência entre trechos adjacentes e às alterações da nascente à foz destes corpos d'água. Com uma abordagem mais detalhada, Pringle et al. (1988) aplicaram a teoria de "Patchy dynamics", considerando cada trecho de um rio como uma unidade particular, com características próprias, mas também leva em conta a interação entre segmentos à montante e à jusante de um dado "patchy". A avaliação da dinâmica longitudinal dos parâmetros físicos e químicos pode fornecer subsídios para estudos que visam o melhor entendimento das características ecológicas de diversos grupos de organismos, principalmente os bentônicos, visto que as condições abióticas de um ambiente, freqüentemente determinam como os organismos que vivem em sistemas lóticos podem colonizar ou persistir em habitats novos ou em modificação (Power et al., 1988).

Este trabalho insere-se num projeto mais amplo, que visa analisar aspectos ecológicos de comunidades de macroalgas (Necchi & Moreira, 1995; Necchi et al., 1994, 1995), no qual tem-se investigado a dinâmica de variáveis físicas e químicas (Necchi et al., 1996), incluindo-se, além das variáveis aqui apresentadas, o papel da irradiância subaquática e, mais recentemente, dos nutrientes.

O objetivo principal deste trabalho é a análise da variação longitudinal de parâmetros físicos e químicos selecionados, bem como o conhecimento das interações entre essas características. Em complemento, os dados obtidos fornecerão subsídios para melhor compreensão das características bióticas (no presente caso, especialmente sobre as comunidades de macroalgas) ao longo de rios/riachos e, ainda, permitirão uma avaliação inicial de teorias globais para ecossistemas de águas correntes em regiões tropicais.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em três sistemas lóticos da região noroeste do Estado de São Paulo (Fig. 1) pertencentes a bacias de drenagem distintas, todas componentes da Grande Bacia do Paraná: **a. Ribeirão do Borá** - tributário da Bacia do Rio Tietê; **b. Rio Preto** - tributário da Bacia do Rio Grande; **c. Rio São José dos Dourados** - tributário da Bacia do Rio Paraná. Em cada um destes rios foram estabelecidos três pontos de amostragem no rio principal, em posições aproximadamente equivalentes em relação à bacia de drenagem, denominados B1, B2, B3, RP1, RP2, RP3, SJD1, SJD2 e SJD3 (Fig. 1).

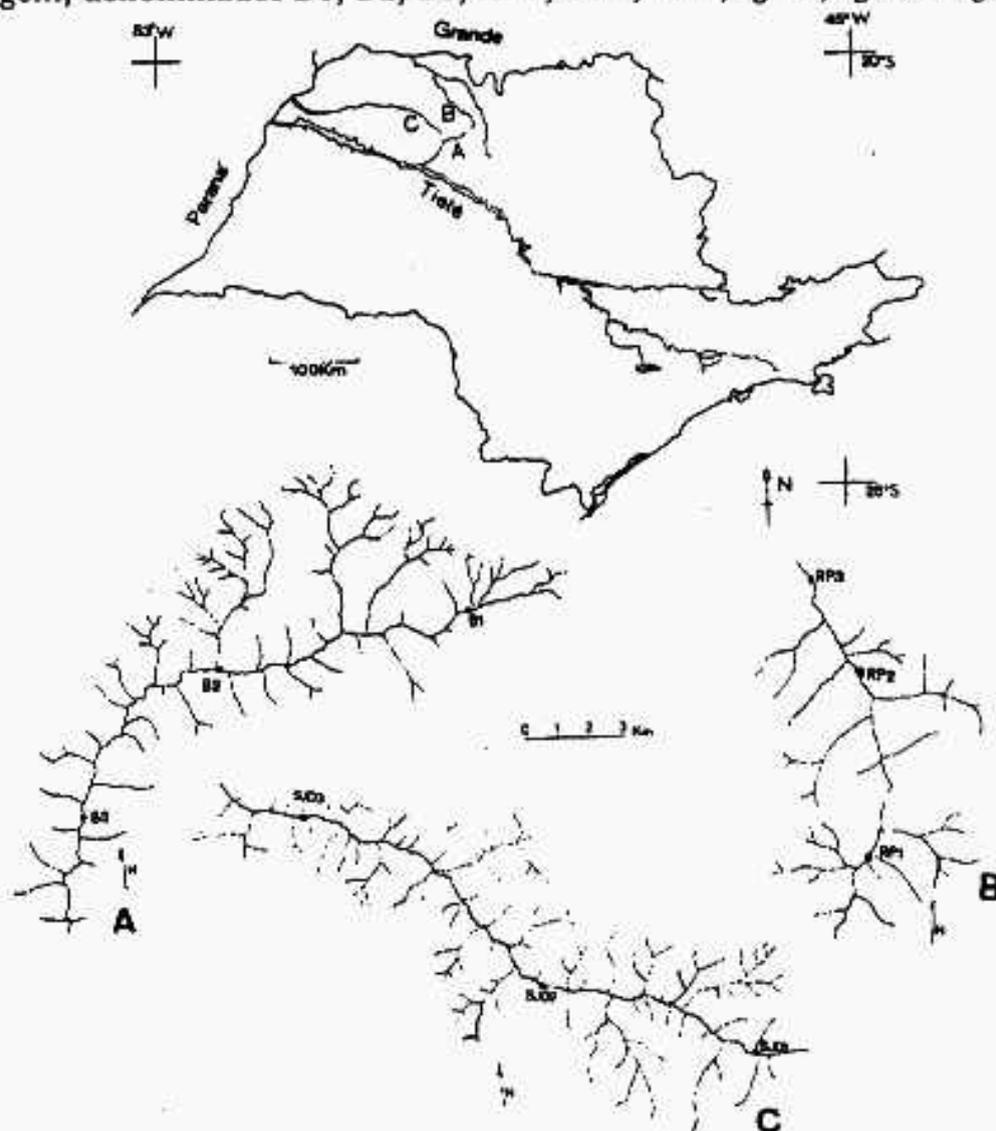


Figura 1. Localização dos rios amostrados e detalhe das bacias estudadas, mostrando os respectivos pontos de coleta. A - Ribeirão do Borá, B - Rio Preto e C - Rio São José dos Dourados.

O trabalho em campo iniciou-se em setembro de 1992 e finalizou-se em setembro de 1993. As amostragens foram realizadas mensalmente em intervalos de 25-35 dias, o que resultou num total de 13 amostragens realizadas ao final do período. Com a finalidade de padronização das medições nas amostragens, convencionou-se: 1) iniciar a coleta sempre pelo ponto mais distante da nascente de cada rio, seguindo rio acima e 2) realizar as medições no período de 12:00 \pm 2 h.

Em cada trecho foi estabelecida uma transeção de 10m de comprimento ao longo de uma das margens (Holmes & Whitton, 1981; Necchi et al. 1991), com a finalidade de delimitação do segmento a ser amostrado. As seguintes variáveis físicas e químicas foram analisadas: condutividade, temperatura, turbidez, velocidade da correnteza, pH e porcentagem de saturação de oxigênio. Todas as variáveis, exceto turbidez, foram medidas em campo, com auxílio dos seguintes equipamentos: temperatura da água - termômetro digital ELDI, modelo Th1200C; turbidez - turbidímetro MICRONAL, modelo B25; condutividade - condutivímetro ALÉM-MAR 901; velocidade da correnteza - fluxômetro mecânico GENERAL OCEANICS 2030R; pH - pHmetro OAKTON pHep+, modelo WD-00624-20; saturação de oxigênio - oxímetro HANNA INSTRUMENTS, HI8543. Os dados médios mensais de pluviosidade referentes às diversas localidades no período de amostragens foram obtidos junto a Divisão Regional Agrícola (DIRA - Secretaria da Agricultura) de São José do Rio Preto, considerando-se os pontos de medição mais próximos de cada um dos trechos amostrados. Velocidade da correnteza foi medida em cinco pontos equidistantes dentro dos trechos amostrados e a 5cm de profundidade; os valores mensais de velocidade da correnteza foram obtidos pela média aritmética dos cinco valores.

Os resultados obtidos foram submetidos preliminarmente à estatística descritiva, constatando-se a distribuição normal. Assim, os seguintes testes paramétricos foram efetuados: correlação, utilizando-se o coeficiente de correlação r de Pearson (Sokal & Rohlf, 1981) e análise de variância (ANOVA - uma via - Sokal & Rohlf, 1981). A análise das coordenadas principais (PCO - Digby & Kempton, 1987) foi empregada para avaliação das similaridades entre os pontos de amostragem.

RESULTADOS

Ribeirão do Borá

O trecho B1 apresentou menores valores de velocidade da correnteza, temperatura da água, oxigênio, pH e turbidez entre os três trechos analisados no Ribeirão do Borá (Tab. I), no entanto, apresentou o valor médio mais alto para condutividade, sendo um dos mais elevados entre as três bacias. No ponto B2 foram observados os valores mais altos de velocidade da correnteza no Ribeirão do Borá. Temperatura, oxigênio, pH e turbidez apresentaram valores intermediários, quando comparados aos outros pontos desse rio. A média dos dados de condutividade em B2 apresentou valores inferiores aos do ponto B1 (Tab. II). O trecho B3 caracterizou-se pela ocorrência dos maiores valores médios para temperatura, turbidez, oxigênio e pH, enquanto, o valor médio da condutividade foi o menor observado no rio.

Temperatura e pluviosidade correlacionaram-se positivamente nos três trechos; ainda, foram observadas correlações negativas entre condutividade e pH (B1), turbidez e pluviosidade (B1), condutividade e turbidez (B2) e oxigênio e pluviosidade (B3), enquanto

Tabela I. Valores mínimos, máximos e (médios, n = 13) encontrados para as variáveis físicas e químicas estudadas durante o período de setembro de 1992 a setembro de 1993 nos pontos B1, B2, B3 (Ribeirão do Borá), RP1, RP2, RP3 (Rio Preto), SJD1, SJD2 e SJD3 (Rio São José dos Dourados).

	Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Vel. correnteza ($\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Oxigênio (%)	pH	Turbidez (UNT)
B1	95,9-146,6 (119,2)	18,3-75,4 (41,3)	16,6-23,5 (20,8)	50,0-69,0 (59,2)	6,6-7,1 (6,8)	6,0-37,0 (14,6)
B2	64,6-115,3 (99,4)	55,6-141,3 (78,7)	16,9-24,8 (21,8)	51,0-79,0 (61,7)	7,1-7,5 (7,3)	2,0-100,0 (15,8)
B3	70,6-86,2 (77,7)	35,5-107,2 (66,5)	16,6-25,0 (21,9)	56,0-84,0 (65,1)	7,1-7,8 (7,3)	7,0-51,0 (15,8)
RP1	42,9-78,6 (52,4)	4,2-16,8 (10,3)	17,2-25,5 (23,2)	21,0-74,0 (46,4)	6,4-7,0 (6,7)	3,0-8,0 (5,2)
RP2	70,0-103,3 (83,7)	9,2-43,5 (20,8)	17,3-25,9 (23,4)	28,0-59,0 (42,5)	6,4-7,2 (6,8)	5,0-13,0 (7,5)
RP3	76,1-103,3 (85,6)	31,0-76,3 (53,1)	17,5-26,2 (23,4)	14,0-58,0 (34,2)	6,5-7,3 (6,8)	5,0-15,0 (8,7)
SJD1	80,2-118,5 (94,5)	24,0-112,6 (58,2)	18,6-26,7 (24,3)	52,0-89,0 (63,1)	7,0-7,6 (7,2)	6,0-55,0 (13,3)
SJD2	89,7-115,0 (104,6)	76,6-164,7 (117,9)	15,6-24,7 (22,2)	53,0-77,0 (64,7)	7,0-7,6 (7,3)	5,0-53,0 (14,2)
SJD3	108,3-136,5 (122,8)	8,8-35,0 (22,0)	14,6-25,1 (22,4)	42,0-79,0 (58,8)	7,0-7,6 (7,3)	10,0-19,0 (13,5)

Tabela II. Valores significativos (n = 13) de correlação (r de Pearson) entre as variáveis físicas e químicas dos pontos de amostragem do Ribeirão do Borá, estado de São Paulo. * = p < 0,05; ** = p < 0,01.

Pontos	Variáveis	Coefficiente de Correlação
B1	condutividade x pH	-0,54 *
	temperatura x pluviosidade	0,73 **
	turbidez x pluviosidade	-0,59 *
	velocidade x oxigênio	0,77 **
B2	condutividade x turbidez	-0,76 **
	temperatura x pluviosidade	0,52 **
B3	condutividade x oxigênio	0,62 *
	oxigênio x pluviosidade	-0,66 **
	temperatura x pluviosidade	0,51 *

velocidade da correnteza e oxigênio (B1) e condutividade e oxigênio (B3) correlacionaram-se positivamente (Tab. III). A análise de variância revelou a existência de diferenças significativas entre esses pontos com relação a pH, condutividade e velocidade da correnteza (Tab. V).

Rio Preto

O ponto mais próximo à nascente do rio, RP1, apresentou os valores mais baixos para todas as características físicas e químicas estudadas, exceto oxigênio (Tab. I). No ponto RP2 observou-se a maioria das variáveis com valores intermediários, quando comparados aos dos demais trechos, sendo que a temperatura foi a maior entre os pontos do Rio Preto, com valores pouco superiores quando comparados à do ponto RP3. Este ponto apresentou os valores mais elevados de condutividade, velocidade da correnteza, pH e turbidez, entre os trechos estudados no Rio Preto. Temperatura teve valores intermediários e oxigênio correspondeu ao menor valor observado nesse rio.

Encontrou-se correlação positiva entre temperatura e pluviosidade nos três trechos do Rio Preto, do mesmo modo que no Ribeirão do Borá, enquanto oxigênio e pluviosidade apresentaram correlação negativa, também nos três pontos de amostragem; oxigênio apresentou correlação positiva com condutividade (RP1) e com pH (RP2 e RP3). Os parâmetros condutividade e velocidade da correnteza mostraram-se significativamente diferentes entre os pontos do Rio Preto (Tab. V).

Tabela III: Valores significativos ($n = 13$) de correlação (r de Pearson) entre as variáveis físicas e químicas dos pontos de amostragem do Rio Preto, estado de São Paulo. * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

Pontos	Variáveis	Coefficiente de correlação
RP1	oxigênio x condutividade	0,62 *
	oxigênio x pluviosidade	-0,66 **
	temperatura x pluviosidade	0,51 *
RP2	oxigênio x pluviosidade	-0,76 ***
	oxigênio x turbidez	0,59 *
	pH x oxigênio	0,55 *
	temperatura x pluviosidade	0,53 *
RP3	oxigênio x pluviosidade	-0,77 ***
	pH x oxigênio	0,59 *
	temperatura x pluviosidade	0,65 **

Rio São José dos Dourados

Dentre os pontos do Rio São José dos Dourados, SJD1 apresentou os menores valores médios para condutividade, pH e turbidez (Tab. I). A temperatura média observada neste ponto foi a maior encontrada no rio. Velocidade da correnteza e oxigênio mostraram valores intermediários. No trecho SJD2 foram observados os mais altos valores médios de velocidade da correnteza, oxigênio, pH e turbidez, enquanto condutividade apresentou valores intermediários. Temperatura, pH e turbidez do ponto SJD3 apresentaram valores intermediários em relação aos demais trechos analisados, ao passo que velocidade da correnteza e

oxigênio apresentaram os menores e condutividade, o maior valor entre os pontos do Rio São José dos Dourados. Houve correlação positiva entre pH e oxigênio nos três trechos do Rio São José dos Dourados (Tab. IV); ainda foram observadas correlações positivas entre pH e turbidez (SJD1), velocidade da correnteza e pluviosidade (SJD2) e temperatura e pluviosidade (SJD3) e correlações negativas de oxigênio com velocidade da correnteza (SJD2), pluviosidade (SJD3) e temperatura (SJD3), e entre pH e pluviosidade (SJD3). Foram observadas diferenças significativas entre os trechos do Rio São José dos Dourados para condutividade e velocidade da correnteza (Tab. V).

A análise da variação dos valores médios dos parâmetros estudados (Tab. I), permitiu observar, em alguns casos, um gradiente de variação contínuo, crescente ou decrescente, entre os pontos sucessivos de cada rio. Condutividade foi uma variável que apresentou padrão diferente entre os rios estudados.

No Ribeirão do Borá notou-se um gradiente decrescente nos valores de condutividade, no sentido nascente-foz, enquanto nos rios Preto e São José dos Dourados os valores médios de condutividade aumentaram em direção à foz. Os valores de pH mostraram relativa uniformidade quanto à variação longitudinal, com tendência crescente entre os dois primeiros pontos e, a seguir, estabilização no terceiro ponto de cada um dos rios. A maior variação de

Tabela IV. Valores significativos ($n = 13$) de correlação (r de Pearson) entre as variáveis físicas e químicas dos pontos de amostragem do Rio São José dos Dourados, estado de São Paulo. * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

Pontos	Variáveis	Coefficiente de correlação
SJD1	pH x oxigênio	0,54 *
	pH x turbidez	0,52 *
SJD2	oxigênio x velocidade	-0,55 *
	pH x oxigênio	0,62 *
	pH x temperatura	-0,55 *
	velocidade x pluviosidade	0,73 ***
SJD3	oxigênio x pluviosidade	-0,59 *
	oxigênio x temperatura	-0,83 ***
	pH x oxigênio	0,61 *
	pH x pluviosidade	-0,72 **
	pH x temperatura	0,69 **
	temperatura x pluviosidade	0,66 **

Tabela V. Valores de ANOVA (uma via - F) com base nos parâmetros físicos e químicos dos pontos de amostragem nos três rios estudados no estado de São Paulo. ** = $p < 0,05$, *** = $p < 0,001$.

	Condutividade	Vel. correnteza	Temperatura	Oxigênio	PH	Turbidez
Borá	38,92 ***	9,84 ***	0,69	1,84	43,09 ***	0,02
Preto	57,07 ***	75,14 ***	0,02	2,52	1,80	7,06 **
S.J.Dourados	33,33 ***	63,41 ***	1,86	2,09	0,37	0,02

pH em um mesmo rio, ocorreu entre pontos B1 e B2 do Ribeirão do Borá (Tab. I). A saturação de oxigênio mostrou padrão crescente, aumentando rio abaixo no Ribeirão do Borá, enquanto no Rio Preto o padrão observado foi oposto, ou seja, decrescente em direção à foz do rio. No Rio São José dos Dourados os maiores valores foram observados no ponto intermediário do rio.

Nos rios Preto e Borá, a turbidez da água apresentou padrão crescente no sentido nascente-foz. Entretanto, no Rio São José dos Dourados o valor mais alto para esse parâmetro foi observado no trecho intermediário.

A análise dos coordenadas principais (PCO) realizada com base nos valores médios dos parâmetros físicos e químicos revelou a formação de 3 grupamentos distintos (Fig. 2). Cada um destes grupos, denominados A, B e C, foi formado por pontos do mesmo rio. O grupo A incluiu os três pontos do Ribeirão do Borá, sendo este diferenciado dos demais por apresentar os maiores valores de turbidez e oxigênio e os menores de temperatura da água. O grupo B foi constituído pelos trechos do Rio Preto, caracterizando-se por apresentar os valores mais baixos de oxigênio, pH e turbidez dentre os demais. O grupo C foi formado

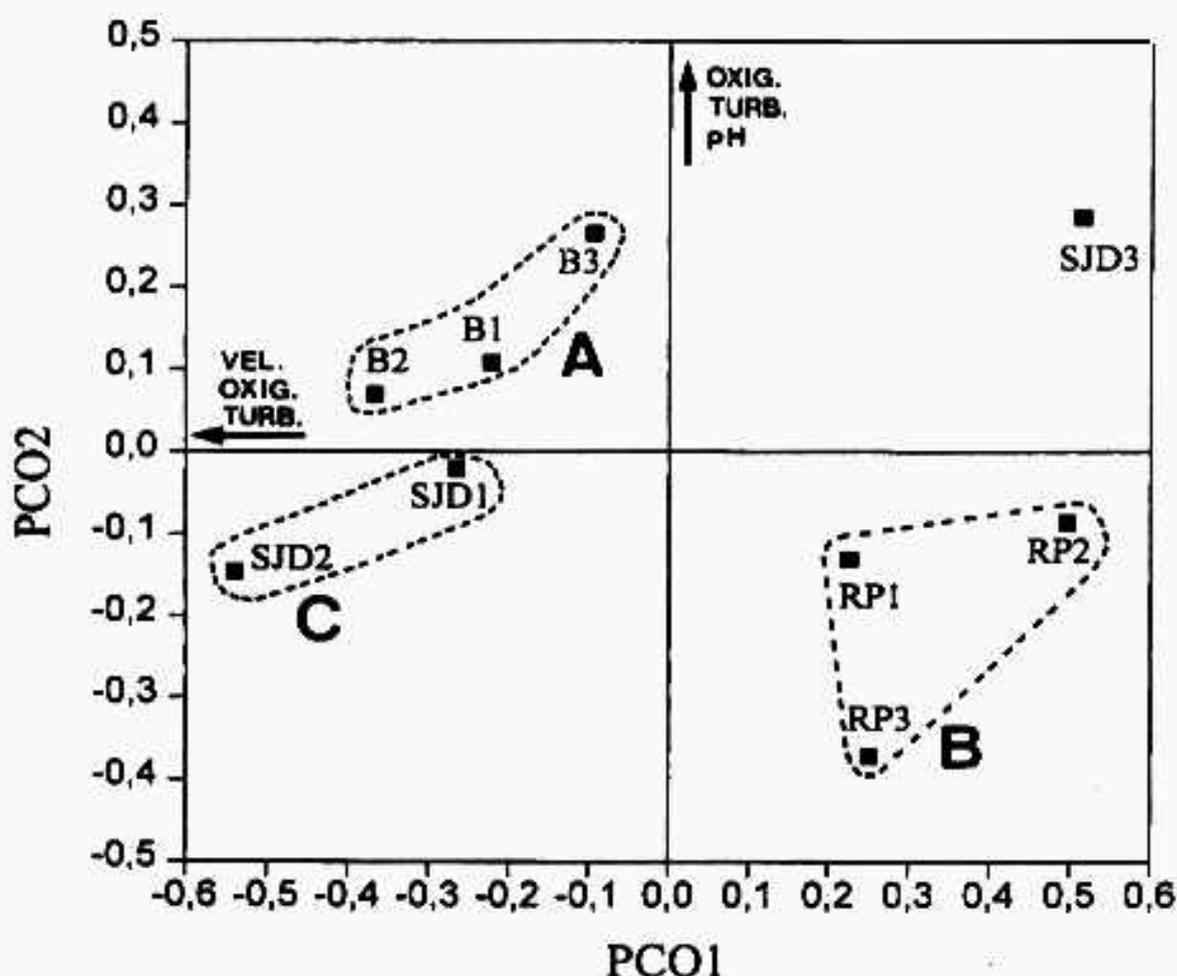


Figura 2. Resultado da análise de PCO realizada para pontos de amostragem, com base nos valores médios dos parâmetros ambientais selecionados, mostrando a formação de três grupamentos (A, B e C). As duas primeiras coordenadas representam 83,5% da variação observada (PCO1 = 65,3% e PCO2 = 18,2%). As setas indicam a direção crescente dos valores das variáveis mais influentes. OXIG. = saturação de oxigênio, VEL. = velocidade da correnteza e TURB. = Turbidez.

pelos pontos SJD1 e SJD2, do Rio São José dos Dourados e caracterizou-se por apresentar valores intermediários para condutividade, oxigênio e turbidez. Entre os grupos formados, este foi exceção por não incluir conjuntamente todos os trechos do rio, pois o trecho SJD3 posicionou-se isoladamente, devido essencialmente à baixa velocidade da correnteza e à alta condutividade.

A comparação dos rios estudados, tomando por base as características físicas e químicas analisadas, revelou algumas diferenças marcantes (Tabs. I e VI). A condutividade no Ribeirão do Borá variou entre 64,6 a 146,6 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, no Rio Preto, entre 42,9 a 103,3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e no Rio São José dos Dourados, de 80,2 a 136,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. As saturações de oxigênio encontradas nos rios Borá (50,0 a 84,0%) e São José dos Dourados (42,0 a 89,0%) foram muito próximas, tanto em termos de amplitude de valores, como com relação à média dos rios, enquanto o Rio Preto apresentou valores inferiores e bastante distintos quando comparado aos dos demais rios (14,0 a 74,0%).

Tabela VI. Valores médios e (desvio padrão) das variáveis nos rios amostrados no estado de São Paulo (n = 39).

	Condutividade	Vel. correnteza	Temperatura	Oxigênio	PH	Turbidez
Borá	98,7 (20,8)	62,2 (26,5)	21,5 (2,7)	62,0 (7,6)	7,0 (0,3)	15,4 (16,8)
Preto	73,9 (17,7)	28,1 (20,2)	23,3 (2,8)	41,0 (14,7)	6,8 (1,0)	7,1 (4,1)
S.J.Dourados	107,3 (14,5)	66,0 (45,2)	23,0 (2,9)	62,2 (8,6)	7,3 (0,2)	13,7 (10,6)

Os rios Borá e Preto apresentaram pH com faixa de variação semelhante, caracterizando-se por possuir águas desde levemente ácidas a levemente alcalinas (6,6 a 7,8 e 6,4 a 7,3, respectivamente); mesmo assim, os dois rios diferenciaram-se pela média global dos dados de pH. No Rio São José dos Dourados, o pH teve variação de 7,0 a 7,6, portanto, com águas neutras a levemente alcalinas. Entre os três rios estudados, a turbidez variou de modo particular em cada um deles. No Ribeirão do Borá observou-se a maior amplitude de variação (2,0 a 100,0 UNT), enquanto que o Rio São José dos Dourados apresentou variação intermediária (5,0 a 55,0 UNT) e no Rio Preto foi encontrada a menor amplitude de valores (3,0 a 15,0 UNT). Os resultados de ANOVA revelaram diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre os três rios para condutividade ($F = 56,7$), velocidade da correnteza ($F = 39,3$), oxigênio ($F = 25,2$) e pH ($F = 44,6$).

DISCUSSÃO

Varição longitudinal em cada rio

A condutividade dos pontos do Ribeirão do Borá diminuiu (considerando-se os valores médios) no sentido nascente-foz, o que provavelmente é reflexo da grande quantidade de sedimentos presente no ponto B1; pode-se supor que esse sedimento tenha interferência sobre as condições químicas da água dos trechos (Ryan, 1991). Vale ressaltar que, apesar da grande quantidade de sedimentos encontrada em B1, não houve o correspondente aumento da turbidez no sentido rio abaixo; isso provavelmente se deve ao fato de que tais sedimentos não se encontravam dispersos na coluna d'água, mas depositados no leito do riacho. Velocidade da correnteza apresentou valor mais elevado no ponto médio do rio (B2); característi-

cas locais específicas, como por exemplo inclinação e tipo de substrato (Maitland, 1990), devem ter sido responsáveis por esse desvio. Condutividade e pH correlacionaram-se negativamente no ponto B1; correlação entre os dois parâmetros também foi encontrada por Sheath et al. (1989), contudo ambas variaram positivamente. Profundidade e velocidade da correnteza apresentaram correlação negativa nos trechos B2 e B3; entretanto, Burkholder & Sheath (1985) observaram correlação positiva entre profundidade e velocidade da correnteza em cinco riachos de Rhode Island, EUA, diferença essa que pode ser atribuída, novamente, a condições locais específicas como inclinação, tipo de substrato (Maitland, 1990) e curso do rio (Gordon et al., 1992).

A saturação de oxigênio ao longo do Rio Preto apresentou diminuição progressiva no sentido nascente-foz, o que pode ser atribuído à proximidade de zonas urbanas e ampla ocupação humana das áreas marginais do rio (ambas situações ocorrendo nos pontos RP2 e RP3), constituindo-se em um indicativo da presença de poluição orgânica nas águas do rio. A correlação positiva entre pH e oxigênio encontrada nos pontos RP2 e RP3 pode estar relacionada com a maior atividade de produção primária da comunidade ao longo do período estudado (Necchi & Branco, 1992).

De modo similar ao Ribeirão do Borá, no Rio São José dos Dourados a velocidade da correnteza variou sem um padrão longitudinal discernível, apresentando o maior valor médio no ponto intermediário e o menor, à jusante; a baixa velocidade da correnteza em SJD3 pode estar relacionada com as maiores dimensões do trecho.

Comparação entre as três bacias

De maneira geral, todos os três rios amostrados apresentaram valores dos parâmetros físicos e químicos da água próximos a diversos outros de região tropical ou subtropical (Tab. VII e Rios & Calijuri, 1995). Em comparação com as características físicas e químicas de rios componentes da Grande Bacia do Paraná [bacias de drenagem dos rios Paraná - segmentos médio e superior -, Jacaré Pepira e Mogi-Guaçu (Tab. VII)], observa-se que os rios Preto e São José dos Dourados apresentaram temperaturas médias pouco mais elevadas. Com relação à condutividade, os rios Borá e São José dos Dourados tiveram valores maiores que os demais, ao passo que no Rio Preto os valores mantiveram-se dentro da amplitude de variação nos rios Paraná e Jacaré Pepira; mesmo assim, de maneira geral, a condutividade dos rios estudados é compatível com a de ambientes lóticos geograficamente próximos. As três bacias estudadas apresentaram os menores valores de turbidez dentre os comparados, provavelmente por tratar-se de trechos de pequeno porte (partes superiores das respectivas bacias). Os valores de pH entre todos os rios apresentados na Tab. VII situaram-se praticamente na mesma faixa de variação, oscilando entre levemente ácido e levemente alcalino; de acordo com Wetzel (1983), nesta faixa de pH, a maioria do carbono inorgânico encontra-se na forma de bicarbonato e, em menor proporção, na forma de CO_2 livre. Por fim, os valores de oxigênio dos pontos examinados também apresentaram-se muito próximos, tanto em valores médios como em faixa de amplitude, à exceção do Rio Preto o qual apresentou níveis muito baixos de oxigênio em algumas épocas do ano, o que, comparativamente, reforça a suposição da presença de alguma carga de poluição orgânica. O trabalho de Rios & Calijuri (1995) fornece dados físicos e químicos de 10 segmentos pertencentes à bacia do Ribeirão do Feijão (São Carlos, SP). Quando comparadas aos dados do presente estudo, temperatura (19,6-21,1°C), condutividade (15,9-121,3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), pH (5,8-6,7) e turbidez (material suspenso total), além de oxigênio (4,5-32,6 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) em alguns trechos, apresentaram em geral valores relativamente inferiores na bacia do Ribeirão do Feijão.

Tabela VII. Comparação de variáveis físicas e químicas da água (amplitude e média) entre os rios Paraná (alto e médio), Jacaré Pepira, Borá, Preto e São José dos Dourados. (* mediana)

RIO VARIÁVEL	Alto Paraná ¹	Médio Paraná ²	Jacaré Pepira ³	Mogi Guaçu ⁴	Borá ⁵	Preto ⁵	São J. dos Dourados ⁵
Temperatura (°C)	—	— (21,6)	11,0-31,0 (21,1)	16,0-28,0 (24,0*)	16,6-25,0 (21,5)	17,2-26,2 (23,3)	14,6-26,7 (23,0)
Velocidade da correnteza (cm.s ⁻¹)	—	—	—	47,0-98,0 (72,5)	18,3-141,3 (62,2)	4,2-76,3 (28,7)	8,8-164,7 (66,0)
Condutividade (μ S.cm ⁻¹)	31,0-72,0 (44,2)	— (87,8)	9,5-58,0 (25,8)*	22,0-122,0 (74,6)	64,6-146,6 (98,7)	42,9-103,3 (73,9)	80,2-136,5 (107,3)
Turbidez (UNT)	4,0-143,0 (39,1)	— (180,0)	3,0-82,0 (16,0)*	4,0-91,0 (17,6)	2,0-100,0 (15,4)	3,0-15,0 (7,1)	5,0-55,0 (13,7)
PH	7,0-7,9 (7,5)	— (7,5)	6,0-7,6 (6,7)	6,0-7,4 —	6,6-7,8 (7,0)	6,4-7,3 (6,8)	7,0-7,6 (7,3)
Oxigênio (mg.l ⁻¹)	—	—	3,4-10,4 (7,2)*	3,6-8,8 (6,6*)	5,5-9,9 (7,3)	1,6-8,6 (4,8)	6,0-10,2 (7,1)

¹. Golterman (1975); ². Bonetto (1976, 1986); ³. Maier (1987); ⁴. Maier et al. (1978, 1980); ⁵. este trabalho.

Alguns estudos têm mostrado que os segmentos de um mesmo rio ou riacho são dotados de características próprias, tanto do ponto de vista das condições ambientais (variáveis físicas e químicas da água, tipo de substrato, morfologia do canal e inclinação, entre outros), como no aspecto da estrutura das comunidades bióticas. Necchi et al. (1994) salientaram essas especificidades e sugeriram que a bacia estudada tratava-se de uma composição de trechos com diferentes características. Neste trabalho, a clara diferenciação observada entre os segmentos estudados com relação aos parâmetros ambientais mostrou evidências de que realmente cada parte de um rio ou riacho apresenta condições próprias. Gordon et al. (1992) ressaltaram que características como por exemplo velocidade da correnteza e tipo de substrato são intimamente dependentes de inclinação, curso ou natureza do rio ou riacho. Entretanto, os segmentos de um rio não são independentes e revelam maior semelhança entre si, do que quando comparados com trechos pertencentes a bacias de drenagem distintas, conforme constatado. Essas observações correspondem às previsões do Conceito do Contínuo Fluvial (Vannote et al., 1980), que sugere um contínuo previsível de alterações abióticas e bióticas, complementado pela Teoria de "Patchy dynamics", aplicadas a sistemas lóticos (Pringle et al., 1988). Segundo essa visão adicional, os rios ou riachos não são vistos apenas como uma unidade contínua; para a atribuição de características globais aos rios ou riachos utiliza informações provenientes de diversos tipos de estudos (como por exemplo, morfologia do canal e hidrodinâmica) e abordagens sobre as particularidades de cada trecho e a compilação dos resultados fornece maior poder de previsão dos fenômenos que ocorrem nesses corpos d'água.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES (LHZB), à FAPESP (ONJ, proc. 92/2587-0) e a Ciro Cesar Z. Branco e João Carlos L. Moreira pela colaboração durante os trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonetto, A.A. 1976. *Calidad de las aguas del rio Paraná: introducción a su estudio ecológico*. Dirección Nacional de Construcciones Portuarias y Vías Navegables.
- Bonetto, A.A. 1986. The Paraná River system. IN: Davies, B.R. & Walker, K.F. (eds) *The ecology of river systems*. Dordrecht, Dr. W. Junkers Publishers, p. 541-555.
- Burkholder, J.M. & Sheath, R.G. 1985. Characteristics of soft-water streams in Rhode Island, 1. A comparative analysis of physical and chemical variables. *Hydrobiologia* 128: 97-108.
- Digby, P.G.N. & Kempton, R.A. 1987. *Multivariate analysis of ecological communities*. London, Chapman & Hall, 206 p.
- Golterman, H.L. 1975. Chemistry. in: Whitton, B.A. (ed.), *River Ecology*. Oxford, Blackwell Sci. Publ., p. 39-80.
- Gordon, N.D.; McMahon, T.A.; Finlayson, B.L. 1992. *Stream hydrology: an introduction for ecologists*. Chichester, John Wiley & sons, 526 p.
- Holmes, N.T.H. & Whitton, B.A. 1981. Phytobenthos of River Tees and its tributaries. *Freshw. Biol.* 11: 139-163.
- Maier, M.H. 1987. Ecologia da bacia do Rio Jacaré Pepira (47°55' - 48°55' W; 21°30' - 21°55' S - Brasil): qualidade da água do rio principal. *Ciênc. Cult.* 39: 164-185.
- Maier, M.H.; Basille-Martins, M.A.; Cipolli, M.N.; De Chiara, E.G. 1978. Estudo limnológico de um trecho do rio Mogi-Guaçu. I. Características físicas. *B. Inst. Pesca* 5: 91-107.
- Maier, M.H.; Basille-Martins, M.A.; Cipolli, M.N.; De Chiara, E.G. 1980. Estudo limnológico de um trecho do rio Mogi-Guaçu. II. Características químicas. *B. Inst. Pesca* 7: 75-92.
- Maitland, P.S. 1990. *Biology of fresh waters*. New York, Chapman & Hall, 276 p.
- Necchi, O.Jr.; Branco, C.C.Z.; Simão, R.C.G.; Branco, L.H.Z. 1995. Distribution of stream macroalgae in the northwest region of São Paulo State, southeastern Brazil. *Hydrobiologia* 299: 219-230.
- Necchi, O.Jr. & Branco, L.H.Z. 1992. Preliminary evaluation of primary production in a stream of São Paulo State, southeastern Brazil. *Rev. bras. Biol.* 52: 319-324.
- Necchi, O.Jr., Branco, L.H.Z.; Branco, C.C.Z. 1996. Análise nictemeral de algumas variáveis limnológicas em um riacho do noroeste do estado de São Paulo. *Acta Limnológica Brasilensia* 8: 169-182.
- Necchi, O.Jr. & Moreira, J.C.L. 1995. Longitudinal distribution of macroalgae in two tropical lotic ecosystems from southeastern Brazil. *Arch. Hydrobiol.* 135: 113-128.
- Necchi, O.Jr., Pascoaloto, D.; Branco, L.H.Z. 1994. Distribution of macroalgae in a tropical river basin from southeastern Brazil. *Arch. Hydrobiol.* 129: 459-471.
- Necchi, O.Jr.; Dip, M.R.; Góes, R.M. 1991. Macroalgae of a stream in southeastern Brazil: composition, seasonal variation and relation to physical and chemical variables. *Hydrobiologia* 213: 241-250.
- Power, M.E.; Stout, R.J.; Cushing, C.E.; Harper, P.P.; Hauer, F.R.; Matthews, W.J.; Moyle, P.B.; Stutzner, B.; De Badgen, I.R.W. 1988. Biotic and abiotic controls in river and stream communities. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 456-479.
- Pringle, C.M.; Naiman, R.J.; Bretschko, G.; Karr, J.R.; Oswood, M.W.; Webster, J.R.; Wellcomme, R.L.; Winterbourn, M.J. 1988. Patchy dynamics in lotic systems: the stream as a mosaic. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 503-524.
- Rios, L. & Calijuri, M.C. 1995. A bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão: uma proposta para ordenação das sub-bacias através de variáveis limnológicas. *Acta Limnológica Brasilensia* VII: 151-161.
- Ryan, P.A. 1991. Environmental effects of sediment on New Zealand streams: a review. *New Zealand J. Mar. Freshw. Res.* 25: 207-221.

-
- Sheath, R.G.; Hamilton, P.B.; Hambrook, J.A.; Cole, K.M. 1989. Stream macroalgae of the eastern boreal forest region of North America. *Can. J. Bot.* 67: 3553-3562.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1981. *Biometry*. New York, W. H. Freeman, 859 p.
- Vannote, R.C.; Minshall, G.W.; Cummins, K.W.; Sedell, J.R.; Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.
- Wetzel, R.G. 1983. *Limnology*. Filadélfia, Saunders, 2ª edição, 767 p.