

## ANÁLISE NICTEMERAL E SAZONAL DE ALGUMAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM UM RIACHO NO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

NECCHI Jr., O., BRANCO, L.H.Z. & BRANCO, C.C.Z.

Universidade Estadual Paulista,  
Campus de São José do Rio Preto, Depto. Botânica,  
Caixa Postal 136, 15001-970, São José do Rio Preto, SP, Brasil

**RESUMO: Análise nictemeral e sazonal de algumas variáveis limnológicas em um riacho no noroeste do Estado de São Paulo.** A variação nictemeral e sazonal de temperatura, pH e oxigênio dissolvido foi analisada trimestralmente (julho e outubro de 1989 e janeiro e abril de 1990), num riacho de segunda ordem (Córrego da Barra Funda) localizado em São José do Rio Preto, noroeste do Estado de São Paulo (20°35' S, 49°24' W). Em adição, turbidez, condutividade elétrica e irradiância (radiação fotossinteticamente ativa) foram medidas durante os períodos de chuva - primavera (novembro de 1994) e seca - outono (junho de 1995). As variações nictemeraias de temperatura e oxigênio mostraram padrões semelhantes nas quatro estações do ano, mas encontrou-se diferenças significativas entre as épocas. Os horários com valores mais próximos das médias nictemeraias de temperatura situaram-se entre 11:10 e 12:10 h. A maior amplitude térmica nictemeral foi verificada no inverno, ao contrário de regiões temperadas, onde ocorre tipicamente no verão. As flutuações nictemeraias de oxigênio mostraram-se negativamente correlacionadas com temperatura. As variações de pH foram estreitamente relacionadas com o metabolismo da comunidade (produção/ respiração) e não houve diferença entre as quatro estações. Os padrões de variação nictemeral de turbidez e condutividade em condições de chuva foram marcadamente diferentes daqueles observados em período de seca, com flutuações muito maiores no primeiro período. Em dia chuvoso as flutuações de condutividade responderam mais direta e rapidamente à ocorrência de eventos de precipitação do que as de turbidez. A variação nictemeral de irradiância subaquática revelou padrões nítidos nas duas estações, com grande semelhança entre superfície e fundo em local aberto e sombreado. Os valores medidos no período de chuva foram menores do que aqueles no período de seca, característica estreitamente associada com a maior abundância de comunidades de macroalgas na estação seca (abril a setembro) nesta região. As informações disponíveis são, ainda, esparsas e fragmentárias e sugere-se a realização de estudos semelhantes envolvendo ampla variedade de rios/riachos, bem como de outras regiões a fim de incluir toda a gama de condições ocorrentes em ecossistemas lóticos brasileiros.

Palavras-chave: condutividade elétrica, luz, oxigênio, pH, riacho, temperatura, turbidez, variação nictemeral.

**ABSTRACT: Diel and seasonal analysis of some limnological variables in a stream in northwestern São Paulo State, southeastern Brazil.** Diel and seasonal variation of temperature, pH and dissolved oxygen was analyzed quarterly (one sampling per season) in July and October, 1989 and January and April, 1990, in a second-order stream (Córrego da Barra Funda) located in São José do Rio Preto, northwestern São Paulo State (20°35' S, 49°24' W). In addition, turbidity, specific conductance and irradiance (photosynthetically active radiation) were measured during the rainy (November, 1994) and dry (June, 1995) periods. Diel variations of temperature and oxygen showed similar patterns in the four seasons but significant differences were found among the periods. Times nearest to daily means of temperature were between 11:10 and 12:10 h. Widest thermal range was observed in winter, in contrast to temperate regions where it occurs typically in summer. Daily fluctuations of oxygen were negatively correlated to temperature. Variations of pH were closely related to community metabolism (production/respiration) and no significant seasonal difference was found. Daily variation patterns for turbidity and conductance under rainy conditions were markedly different from those observed in the dry period, with wider fluctuations in the former. On a rainy day, fluctuations of conductance responded more directly and rapidly to the occurrence of precipitation events than those of turbidity. Daily variation of underwater irradiance revealed evident patterns in the two seasons, with great similarity between surface and bottom in open and shaded sites. The values measured during the rainy season were lower than those in the dry season, a characteristic closely associated with higher abundances of macroalgal communities in the dry season (April to September) of this region. Information is still sparse and fragmentary and similar studies involving a wider variety of streams/rivers, as well as other regions are suggested, in order to include the full range of conditions occurring in Brazilian lotic ecosystems.

Key-words: electric conductance, light, oxygen, pH, stream, temperature, turbidity, diel variation.

## INTRODUÇÃO

Estudos limnológicos em ecossistemas lóticos da América do Sul têm focado, predominantemente, rios de grande porte, tais como o Amazonas (Sioli, 1967, 1975, 1984) e o Paraná (Szikszay, 1973; Bonetto, 1976, 1986). Investigações envolvendo rios menores e riachos são comparativamente mais escassas. Estudos relevantes com essa última abordagem foram realizados por Maier *et al.* (1978, 1980) no Rio Mogi-Guaçu (médio porte) e Maier (1987) no Rio Jacaré Pepira (pequeno porte), ambos pertencentes à bacia do Paraná. Ainda, Necchi *et al.* (1991) apresentaram dados sobre a variação sazonal de parâmetros físicos e químicos de um riacho de segunda ordem da bacia do Rio Preto e Necchi & Pascoaloto (1993) sobre nove riachos desta mesma bacia. Knöppel (1970), Uherkovich & Franken (1980) e Furch (1985) descreveram características físicas e químicas da água de alguns igarapés amazônicos.

Outros trabalhos envolvendo riachos ou rios de pequeno porte têm sido desenvolvidos na região de São Carlos (p. ex. Sé, 1992). Entretanto, muito pouco se conhece a respeito dos padrões nictemerais das variáveis limnológicas em ecossistemas lóticos tropicais, particularmente no Brasil, e suas implicações em estudos ecológicos. Dentre os raros estudos em ambientes lóticos brasileiros, pode-se mencionar o de Carmargo *et al.* (1995), que analisaram a variação nictemeral de alguns parâmetros limnológicos em dois pequenos rios da região estuarina de Cananéia. A referida escassez de informações motivou o estudo da variação nictemeral em cada estação do ano de alguns parâmetros limnológicos (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade e irradiância - radiação fotossinteticamente

ativa), em um riacho de segunda ordem, pertencente à bacia do Rio Preto, noroeste do Estado de São Paulo. O enfoque é centrado na aplicação potencial em estudos ecológicos de plantas aquáticas, especialmente de comunidades perifíticas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O riacho estudado (Córrego da Barra Funda) está localizado no Município de São José do Rio Preto, Distrito de Ipiguá, na região noroeste do Estado de São Paulo (20°35' S, 49°24' W). O clima regional é classificado como tropical quente e úmido (Necchi & Pascoaloto, 1993). As temperaturas médias anuais são sempre maiores que 25°C, com as médias dos meses mais frios (junho e julho) em torno de 20°C e as dos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) ao redor de 30°C. A precipitação anual varia de 1100 a 1250 mm, com uma distribuição bastante heterogênea, marcada por alta concentração (cerca de 85% do total anual) no período de outubro a março (estação chuvosa) e escassez (15%) de abril a setembro (estação seca). Janeiro é o mês mais chuvoso (18%) e agosto, o mais seco (1,3%).

O trecho do riacho analisado apresenta as seguintes características gerais: é um segmento de 2a. ordem, com 27 km<sup>2</sup> de área de drenagem, extensão de 8,5 km, largura variando de 1,38 a 4,42 m e profundidade de 14 a 42 cm (Necchi & Pascoaloto, 1993; Necchi *et al.*, 1995). O substrato é predominantemente rochoso, a radiação incidente varia de 62 a 100% em função do sombreamento e a velocidade da correnteza é relativamente elevada (78 a 115 cm s<sup>-1</sup>). O perifiton contribui em cerca de 95% da produção primária no riacho e a comunidade perifítica é composta predominantemente por macroalgas (Necchi & Branco, 1992). Além das espécies de macroalgas, uma briófita (*Fissidens* sp.) também é componente importante da comunidade perifítica (Necchi *et al.*, 1995).

A variação nictemeral de temperatura, pH e oxigênio dissolvido foi analisada sazonalmente, consistindo de uma amostragem por estação do ano. As análises foram realizadas nas seguintes datas: inverno - estação seca (21 de julho de 1989), primavera (20 de outubro de 1989), verão - estação chuvosa (19 de janeiro de 1990) e outono (20 de abril de 1990). A temperatura foi medida diretamente na água do riacho com uso de termômetro digital Th 1200 C. pH e oxigênio dissolvido foram medidos a partir de amostra de água coletada em frasco de polietileno (500 ml) com uso, respectivamente, de pHmetro Digimed DM-PV e eletrodo de oxigênio Orion 9708. As medidas foram tomadas a intervalos de duas horas durante um período de 24 horas. Para estimar a temperatura média diária aplicamos o método de Crisp (1990), que consiste na representação gráfica da curva nictemeral, a qual, tipicamente, cruza a linha do ponto médio duas vezes: uma durante o período de elevação da temperatura (final da manhã) e outra durante a queda (próximo da meia-noite). Esse método permite determinar o horário do cruzamento da temperatura média e, assim, efetuar medições nesse horário para estimar a média nictemeral. A utilização do primeiro cruzamento é mais simples e fornece dados mais confiáveis, segundo aquele autor.

Além dessas variáveis, as variações nictemeris de turbidez, condutividade elétrica e irradiância - radiação fotossinteticamente ativa - foram analisadas nas duas estações mais contrastantes: primavera - chuvosa (18 de novembro de 1994) e outono - seca (9 de junho de 1995). Ambas foram realizadas em típicos dias das respectivas estações: no período de chuva anotou-se 40 mm de chuva nos três dias precedentes e ocorrência de chuva (6 mm) durante a realização das amostragens, enquanto que na amostragem em período seco não se registrou qualquer precipitação durante os 15 dias precedentes ou durante as medições. Turbidez e condutividade foram medidas a partir de amostra de água coletada conforme descrição

anterior, através do Analisador de Qualidade da Água Horiba U-10. A irradiância subaquática foi analisada com uso de quantômetro Li-Cor LI-189 e sensor de quântum esférico Li-Cor LI-193SA. As medições foram efetuadas em dois níveis da coluna d'água (imediatamente abaixo da superfície da água e junto ao fundo) em dois pontos: aberto (100% de luz incidente) e sombreado (aproximadamente 75% de luz incidente). As medições de turbidez e condutividade foram efetuadas a intervalos de 2 horas durante 24 horas, enquanto as de irradiância foram feitas a intervalos de 1 hora, durante o período de luz (13 horas na estação chuvosa e 11 horas na estação seca). Os resultados foram comparados estatisticamente através de estatística descritiva, teste  $t$  de Student, análise de variância (uma via) e coeficiente de correlação,  $r$  de Pearson (Sokal & Rohlf, 1981).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Temperatura

A variação nictemeral de temperatura (Fig. 1) mostrou o mesmo padrão em todas as estações do ano. As mínimas foram observadas às 6:00 h no inverno e na primavera e às 8:00 h no verão e outono, enquanto as máximas às 16:00 h em todas as estações, exceto no verão (14:00 h). Este padrão essencialmente concorda com os dados de Camargo *et al.* (1995) para a única estação analisada por aqueles autores (outono), com ligeira diferença para um dos rios, isto é, temperatura mínima observada as 2:00 h e posterior elevação da temperatura devido à elevação do nível da maré. As médias nictemerai variaram de 16,1°C (inverno) a 25,6°C (verão) e a média global foi de 21,5°C. Observou-se diferença altamente significativa entre as quatro estações ( $F=167,3$   $p<0,001$ ). Com base no método proposto por Crisp (1990),

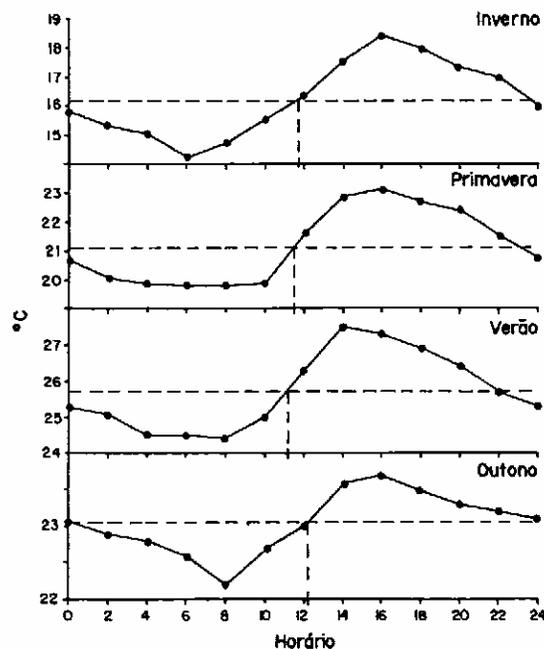


Figura 1. -Variação nictemeral de temperatura da água nas quatro estações do ano. As linhas tracejadas horizontais indicam as médias nictemerai e as verticais o primeiro ponto de cruzamento das médias nictemerai (vide texto para detalhes).

os horários do primeiro cruzamento da linha de temperatura média variaram de 11:10 h (verão) a 12:10 h (outono) (Fig. 1). Portanto, as medições efetuadas dentro desse período devem situar-se próximo das respectivas médias nictemeraias para o riacho estudado. A comparação dos horários estimados para quatro diferentes riachos da Inglaterra (Crisp, 1990), sugeriu relação direta com a área de drenagem, ou seja, foi mais tardio quanto maior a área de drenagem.

A maior amplitude nictemeral foi observada no inverno, ao contrário de regiões temperadas onde ocorre, tipicamente, no verão (Tabela 1). A amplitude de variação anual foi consideravelmente menor do que em regiões temperadas, ao passo que a média mostrou-se bastante superior (Tabela 1). Essa situação é referida como típica de regiões tropicais (Payne, 1986), mas a ocorrência de maior amplitude térmica nictemeral no inverno pode refletir características regionais (dia de inverno típico com dias quentes e noites frias). Este estudo indicou, ainda, que a análise da variação nictemeral em quatro estações revelou o mesmo padrão sazonal anteriormente observado no riacho (Necchi *et al.*, 1991), mas ampliou os limites mínimos e máximos (Tabela 1). A temperatura pode constituir fator limitante para o crescimento de espécies de algas perifíticas, considerando que algumas conseguem tolerar apenas variações estreitas, tais como *Cladophora glomerata* (Wong *et al.*, 1978; Entwistle, 1989) e *Batrachospermum* spp. (Sheath & Hambrook, 1990; Necchi, 1993).

## pH

As variações nictemeraias de pH para o riacho estudado (Fig. 2) foram anteriormente apresentadas por Necchi & Branco (1992) e associadas ao metabolismo das comunidades (produção/respiração). Em síntese, observou-se decréscimo durante a noite (tipicamente após 24:00 h) até as primeiras horas da manhã (6:00-8:00 h), seguido de elevação até aproximadamente às 10:00 h. No período compreendido entre 10:00-18:00 h ocorreram as maiores variações. O padrão encontrado sugere estreita relação com fotossíntese e respiração via sistema de CO<sub>2</sub> (Necchi & Branco, 1992). Não foi possível comparação com os dados de Camargo *et al.* (1995), pois as variações de pII descritas naquele trabalho relacionaram-se com as flutuações de maré. As maiores flutuações foram observadas no inverno (0,46) e as menores no verão (0,11). A variação verificada no outono foi atípica, isto é, mostrou curva nictemeral distinta das demais estações, e pode estar relacionada com as intensas chuvas que antecederam o período de amostragem. Não houve diferença significativa entre as quatro estações (F=2,1, p=0,11). As médias nictemeraias variaram de 7,00 (outono) a 7,09 (inverno e verão) e a média global foi 7,06. O pH é importante para as comunidades vegetais, particularmente por determinar a forma de carbono inorgânico disponível para fotossíntese (Wetzel, 1983). Algumas algas (e.g. *Batrachospermum* e *Lemanea*) são capazes de utilizar CO<sub>2</sub>, mas não bicarbonato (Raven & Beardall, 1981). Dentro da faixa de variação medida no riacho estudado (6,80 a 7,26) a maior parte (cerca de 70-90%) do carbono inorgânico ocorre na forma de bicarbonato (Golterman *et al.*, 1978).

## Oxigênio dissolvido

Os dados de oxigênio apresentados neste trabalho foram utilizados anteriormente (Necchi & Branco, 1992) para estimar a taxa de produção primária e respiração das comunidades deste riacho. As flutuações nictemeraias mostraram-se altamente correlacionadas com temperatura da água ( $r = -0,92$ ,  $p < 0,001$ ), considerando-se os dados das quatro estações conjuntamente. Notou-se diferença altamente significativa entre as quatro estações (F=192,7,  $p < 0,001$ ). Em regra, observou-se padrão semelhante em todas as estações (Fig. 3), caracteri-

Tabela 1. Valores comparativos de temperatura (°C) em riachos de regiões temperadas e tropicais.								
Variação anual*			Variação diária			Localidade	Tipo de abordagem	Referência
Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média			
0 (janeiro, fevereiro) (14,5-28,0)	30,0 (julho, agosto)	13,2	—	—	—	5 riachos de Rhode Island, E.U.A. (41°35'-41°45' N)	Sazonal	Burkholder & Sheath (1985)
3,2 (janeiro) (7,4-15,4)	20,2 (agosto)	11,0	0,3 (janeiro)	7,3 (julho)	2,5	9 riachos no sul da Inglaterra (50-52° N)	Sazonal e diária	Crisp et al. (1982)
2,0 (janeiro-março)	17,8 (julho)	10,1	1,5 (dezembro)	6,0 (julho-setembro)	—	West Fork, Oak Creek, Arizona, E.U.A. (34°59' N)	Sazonal e diária	Duncan & Blinn (1989)
8,0 (julho)	26,0 (dezembro)	—	3,0-6,0 (abril-junho)	—	—	Darbin e Merri Creeks, Melbourne, Austrália (37°50' S)	Sazonal e diária	Entwisle (1989)
0 (janeiro, fevereiro)	19,0 (agosto)	13,5	—	—	—	Guy's Run, tributário Caltpasture River, Virgínia, E.U.A. (38°58' N)	Sazonal	Hornick et al. (1981)
16,0 (julho) (7,5-10,6)	28,4 (fevereiro)	22,5	—	—	—	9 riachos da bacia do Rio Preto, SP, Brasil (20°12'-20°57' S)	Sazonal	Necchi & Pascolato (1993)
16,5 (julho)	25,0 (janeiro)	20,9	—	—	—	Córrego Barra Funda, SP, Brasil (20°35' S)	Sazonal	Necchi et al. (1991)
14,2 (julho)	27,5 (janeiro)	21,8	2,3 (abril)	4,1 (julho)	3,2	Córrego Barra Funda, SP, Brasil (20°35' S)	Sazonal e diária	Este trabalho

\* os valores entre parênteses representam a amplitude dos valores mensais entre os vários riachos examinados

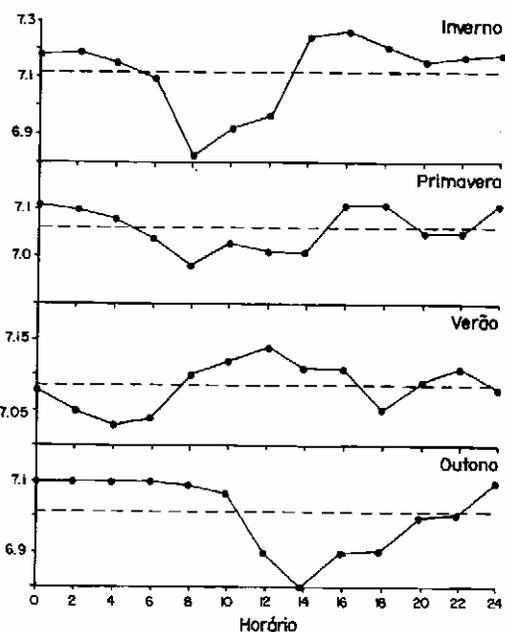


Figura 2. -Variação nictemeral de pH nas quatro estações do ano. As linhas tracejadas indicam as médias nictemeraias.

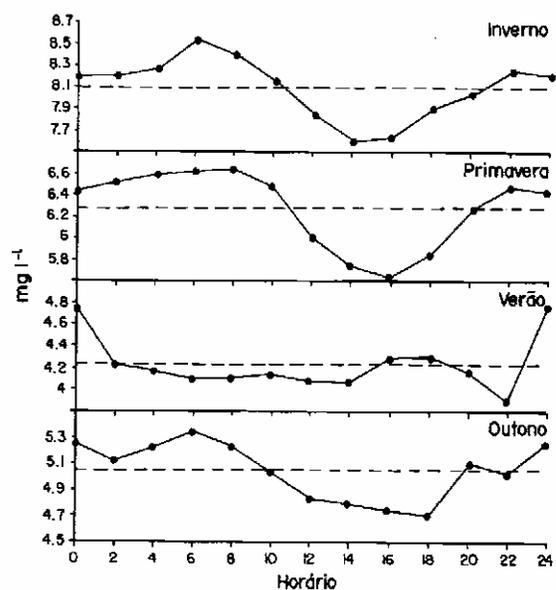


Figura 3. -Variação nictemeral de oxigênio dissolvido nas quatro estações do ano. As linhas tracejadas indicam as médias nictemeraias.

zado por queda acentuada das 6:00-8:00 h até 14:00-16:00 h, período que coincidiu com as maiores elevações de temperatura (Fig. 1). Após esse período, notou-se aumento considerável das concentrações até 22:00-24:00 h, seguido de relativa estabilidade até 6:00-8:00 h. As médias nictemerais variaram de  $4,24 \text{ mg l}^{-1}$  (51,2% de saturação) no verão a  $8,11 \text{ mg l}^{-1}$  (81,5%) no inverno, com média global de  $5,92 \text{ mg l}^{-1}$  (=66,2%). A curva observada no verão constituiu exceção ao padrão descrito e deve estar relacionada ao metabolismo (produção/respiração) mais intenso das comunidades perifíticas ocorrente nessa época do ano, devido às temperaturas mais elevadas (vide discussão detalhada em Necchi & Branco, 1992). A exemplo de pH, não foi possível estabelecer comparações com os dados apresentados por Camargo *et al.* (1995), pois naquele trabalho as variações nictemerais de oxigênio deveriam-se principalmente às oscilações dos níveis de maré e impactos antrópicos (lançamento de esgotos domésticos). O conteúdo de oxigênio dissolvido pode constituir fator limitante em riachos porque algas de ambientes lóticos geralmente exibem altas taxas respiratórias (Schumacher & Whitford, 1965) ou ocorrem com maior frequência em águas com maiores concentrações de oxigênio (Sheath, 1984).

### Turbidez e Condutividade

Os padrões de variação nictemeral de turbidez e condutividade elétrica em condições de chuva (primavera) foram marcadamente diferentes daqueles observados em período de seca - outono (Fig. 4). A flutuação de turbidez observada sem interferência de chuva ( $6,1 \pm 1,4 \text{ FTU}$ ) foi muito menor do que sob influência direta de chuvas fortes ( $25,8 \pm 12,7 \text{ FTU}$ ) e a diferença entre os dois períodos revelou valor altamente significativo ( $t=5,6$ ,  $p<0,001$ ). Situação semelhante foi encontrada para condutividade: período chuvoso ( $48,1 \pm 2,1 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) e período de seca ( $32,3 \pm 0,9 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), com diferença altamente significativa entre os dois períodos ( $t=24,6$ ,  $p<0,001$ ). Em dia chuvoso, as flutuações de condutividade responderam mais direta e rapidamente à ocorrência de eventos de precipitação do que as de turbidez (Fig. 4). Os resultados deste trabalho ampliaram os limites anteriormente observados neste riacho para as duas variáveis (Necchi *et al.*, 1991; Necchi & Pascoaloto, 1993).

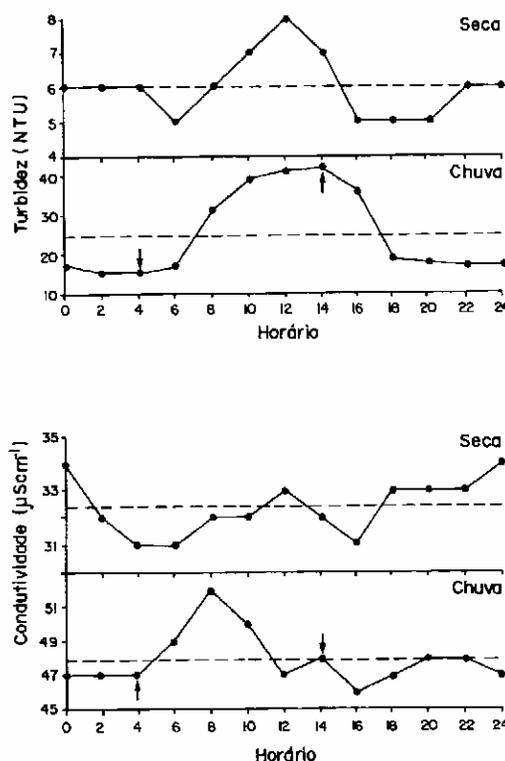


Figura 4. -Variação nictemeral de turbidez e condutividade elétrica nas estações de seca (junho) e chuva (novembro). As linhas tracejadas indicam as médias nictemerais e as setas, a ocorrência de chuva forte.

### Irradiância subaquática

A variação nictemeral de irradiância subaquática (Figs. 5-6) revelou padrões bastante nítidos nas duas estações, com grande semelhança entre superfície e fundo tanto em local aberto quanto sombreado. Conforme esperado, os valores medidos no período de chuva (primavera) foram menores do que aqueles no período de seca - outono (Tabela 2, Figs. 5-6).

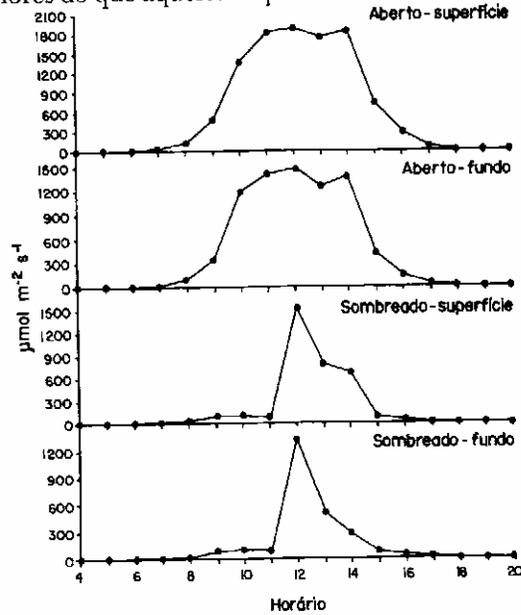


Figura 5. -Variação nictemeral de irradiância (radição fotossinteticamente ativa) na estação seca (junho) nas quatro situações avaliadas.

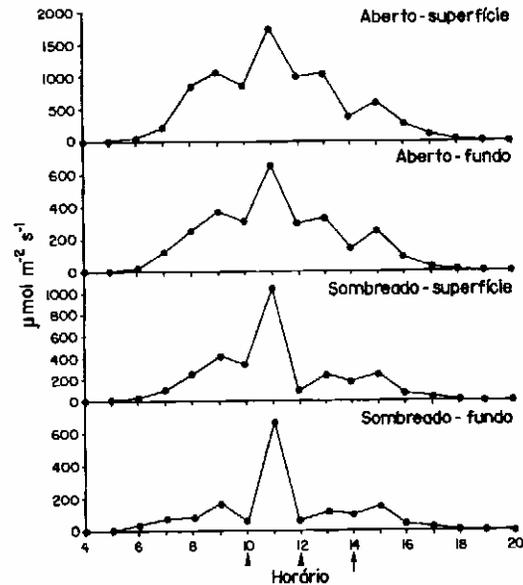


Figura 6. -Variação nictemeral de irradiância (radição fotossinteticamente ativa) na estação chuvosa - primavera (novembro) nas quatro situações avaliadas. As setas indicam a ocorrência de chuva forte e as pontas de seta, aumento de nebulosidade.

Tabela 2. Valores comparativos de irradiância subaquática ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em riachos de regiões temperadas e tropicais.

Variação anual	Condições de sombreamento		Diferença (aberto/ sombreado)	Localidade	Tipo de abordagem	Referência
	Mínima	Máxima				
25 (janeiro)	1200 (junho)	Fortemente sombreado	—	West Fork, Oak Creek, Arizona, E.U.A. (34°59' N)	Sazonal	Duncan & Blinn (1989)
150 (julho)	1200 (novembro)	Sombreado	—	Guys Run, tributário Calpasture River, Virgínia, E. U.A. (38°58' N)	Sazonal (março a dezembro)	Hornick et al. (1981)
28 (janeiro)	800 (abril)	Sombreado	1220	Pawcatuck River, South Kingston, Rhode Island, E.U.A. (41°29' N)	Sazonal	Kaczmarezyk & Sheath (1991)
1150 (fevereiro)	2100 (abril)	Aberto	—	—	—	—
130 (novembro)	295 (junho)	Sombreado	480 (seca)	Córrego Barra Funda, SP, Brasil (20°35' S)	Diária (seca e chuva)	Este trabalho
230 (novembro)	860 (junho)	Aberto	1005 (chuva)	—	—	—

Na estação chuvosa o pico ocorreu às 11:00 h, devido à maior nebulosidade ao meio-dia, enquanto que na estação seca observou-se a situação típica com pico às 12:00 h. Observou-se nítida diferença nos padrões de variação nictemeral em local aberto entre os períodos de seca e chuva, que consistiu, basicamente, na variação mais gradual ao longo do dia na estação chuvosa, enquanto que no período seco observou-se elevação abrupta (3-3,5 vezes) entre 9:00 e 10:00 h, bem como queda acentuada (2,5-3 vezes) entre 14:00 e 15:00 h. No trecho sombreado os padrões foram semelhantes entre seca e chuva, com um pico bastante evidente entre 11:00-12:00 h, porém notou-se que o pico nictemeral no período seco (12:00 h) foi muito mais pronunciado (15-17 vezes) do que no período de chuva (2,5-6 vezes).

Os dados de irradiância em ecossistemas lóticos em geral são ainda muito esparsos e fragmentários para permitir generalizações (vide Kirk, 1983), especialmente em regiões tropicais, onde as informações são virtualmente inexistentes. É preciso ressaltar, ainda, o necessário cuidado ao se estabelecerem comparações entre dados de irradiância, pois pode haver enorme diferença em relação aos seguintes aspectos (Kirk, 1983; Sheath, 1984; Sheath & Harlin, 1988): nível de sombreamento provocado pela vegetação marginal, variação espacial de luz incidente dentro de um mesmo segmento de riacho, profundidade e período das medições (pico nictemeral ou contínuo), posição geográfica do riacho (fotoperíodo, intensidade e inclinação solar), características geomorfológicas do leito, variação sazonal, características físicas da água (especialmente turbidez e cor) e clima local (proporção de dias claros x dias nublados). Considerando essas ressalvas, as seguintes observações podem ser apontadas a partir de dados comparativos (Tabela 2): 1) os menores valores obtidos no nosso estudo nunca foram tão baixos quanto os de regiões temperadas, mesmo sob condições de alta turbidez e nebulosidade, provavelmente devido à maior radiação solar; 2) em regiões temperadas a irradiância pode atingir valores bastante elevados em determinadas épocas do ano, comparáveis ou até superiores ao pico nictemeral máximo no riacho estudado.

Flutuações na radiação (intensidade e qualidade) constituem algumas das principais variáveis que influenciam a sazonalidade de algas de ambientes lóticos (Steinman & McIntire, 1986; Sheath & Hambrook, 1990). Dentro da variação relativamente estreita de fotoperíodo ocorrente na região de estudo (11-13,5 h), não seriam esperadas respostas fotoperiódicas sazonais, especialmente se comparada com regiões temperadas (9,5-15 h, Sheath & Harlin, 1988). Necchi & Pascoaloto (1993) encontraram correlação negativa da abundância de macroalgas com turbidez e luz incidente e sugeriram que durante o inverno, quando a radiação solar é menor, a quantidade que alcança o fundo do leito dos riachos deve ser maior do que no verão devido aos valores mais baixos de turbidez. Assim, a irradiância subaquática, que por sua vez está relacionada com a turbidez, poderia ser um dos fatores determinantes da abundância mais elevada de macroalgas no período compreendido entre fim do outono e início da primavera (maio a outubro). Nossos dados confirmam a maior irradiância durante o período seco e corroboram a atribuição à esta variável papel importante sobre as flutuações sazonais de comunidades de macroalgas na região. Em contraste, a vegetação marginal que controla os níveis de radiação incidente sobre a superfície do riacho tem sido considerada como fator relevante na sazonalidade de comunidades de algas de ambientes lóticos em regiões temperadas (Burkholder & Sheath, 1985; Sheath & Harlin, 1988). O período de maiores abundância e riqueza das comunidades de macroalgas (final de outono a final de primavera) é semelhante entre regiões temperadas e tropicais. Da mesma maneira, a radiação tem sido apontada como uma das principais variáveis que influenciam a dinâmica sazonal dessas comunidades em ambas regiões. Porém, contrastam na maneira como a luz é selecionada até atingir as comunidades: em regiões temperadas o principal fator é a elevação da radiação incidente que atinge a superfície do riacho provocada pela queda das folhas

da vegetação marginal, enquanto que em regiões tropicais observa-se aumento da radiação subaquática em função da diminuição da turbidez na estação seca. No entanto, apesar da radiação atuar diretamente sobre as comunidades, em última análise, o fator determinante da sazonalidade nas regiões temperadas é a temperatura, ao passo que em regiões tropicais é o regime pluviométrico.

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os resultados nictemeraiis deste estudo não permitem generalizações por consistirem uma análise preliminar, mas mostram a relevância das variações nictemeraiis em estudos ecológicos de comunidades de ambientes lóticos. Neste riacho, os padrões de variação nictemeral de pH mostraram-se fortemente influenciados pelo metabolismo da comunidade (produção primária e respiração) e observou-se condição autotrófica nas quatro estações do ano (Necchi & Branco, 1992). Tomando-se as demais variáveis, constata-se igualmente uma carência brutal de informações sobre variação nictemeral, ao passo que estudos sazonais são comparativamente mais freqüentes (p.ex. Necchi et al., 1991; Necchi & Pascoaloto, 1993; Maier *et al.*, 1978, 1980; Maier, 1987). Todas as variáveis, exceto pH, mostraram grande diferença entre as estações do ano, especialmente entre as mais contrastantes, verão (chuva) e inverno (seca), e devem exercer influência na dinâmica sazonal de organismos de ambientes lóticos. Portanto, é fundamental realizar análises semelhantes envolvendo ampla variedade de rios/riachos desta, bem como de outras regiões brasileiras a fim de analisar toda a gama de condições ocorrentes. Outro aspecto que nos parece relevante é a realização de análises nictemeraiis em regiões subtropicais e temperadas (áreas montanhosas no sul do Brasil), que permitam comparações efetivas e o estabelecimento de eventuais gradientes (tropical, subtropical e temperado) nos padrões nictemeraiis de variáveis limnológicas em ecossistemas lóticos brasileiros. Finalmente, a abordagem chuva x seca merece maior detalhamento, visto que representa o principal fator associado à sazonalidade em ecossistemas aquáticos tropicais (Payne, 1986).

## Agradecimentos

Os autores agradecem sinceramente a Marcelo Bertasso, Jair Vieira Jr., Marcelo Garcia, Marícia Ribeiro Dip e Marcelo Ribeiro Zucchi pelo inestimável auxílio no trabalho de campo; a Soraia Fernandes Rodrigues Soares pelo trabalho de arte final dos gráficos; ao Departamento de Química e Geociências, UNESP, pelas informações sobre precipitação pluviométrica; os equipamentos utilizados neste trabalho foram adquiridos através de Auxílios à Pesquisa da FAPESP (Procs. 89/2508-0 e 92/2587-0).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonetto, A.A. (1976). Calidad de las aguas del rio Paraná. Introducción a su estudio ecológico. Dir. Nac. de Constr. Port. Vias Naveg., Buenos Aires, INCYTH/PNUD/ONU, 202 p.
- Bonetto, A.A. (1986). The Paraná River system. In: Davies, B.R. & K.F. Walker, eds., The ecology of river systems. Dordrecht, Dr W. Junk Publ., p. 541-555.
- Burkholder, J.M. & Sheath, R.G. (1985). Characteristics of softwater streams in Rhode Island. I. A comparative analysis of physical and chemical variables. *Hydrobiologia* 128: 97-108.

- Camargo, A.F.M.; Bini, L.M. & Prado, S.E.R. (1995). Variação nictemeral de alguns parâmetros limnológicos em dois ecossistemas lóticos do litoral sul paulista. In: F.A. Esteves (editor), *Oecologia brasiliensis: estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas brasileiros*, volume 1. Rio de Janeiro, Univ. Fed. Rio de Janeiro, p. 75-85.
- Crisp, D.T. (1990). Simplified methods of estimating daily mean stream water temperature. *Freshw. Biol.* 23: 457-462.
- Crisp, D.T.; Matthews, A.M. & Westlake, D.F. (1982). The temperatures of nine flowing waters in southern England. *Hydrobiologia* 89: 193-204.
- Duncan, S.W. & Blinn, D.W. (1989). Importance of physical variables on the seasonal dynamics of epilithic algae in a highly shaded canyon stream. *J. Phycol.* 25: 455-461.
- Entwistle, T.J. (1989). Phenology of *Cladophora-Stigeoclonium* community in two urban creeks of Melbourne. *Austr. J. Mar. Freshw. Res.* 40: 471-489.
- Furch, K. (1985). Hydrochemie von Fließgewässern im Bereich der Transamazônica (Nordbrasilien). *Amazoniana* 9: 371-409.
- Golterman, H.L.; CLYMO, R.S. & OHNSTAD, A.M. (1978). *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. 2nd ed. London, Blackwell, 214 p.
- Hornick, L.E.; Webster, J.R. & Benfield, E.F. (1981). Periphyton production in an Appalachian mountain trout stream. *Am. Midl. Nat.* 106: 22-36.
- Kaczmarczyk, D. & Sheath, R.G. (1991). The effect of light regime on the photosynthetic apparatus of the freshwater red alga *Batrachospermum boryanum*. *Crypt. Algal.* 12: 249-263.
- Kirk, J.T.O. (1983). *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. Cambridge, Cambridge University Press, 401 p.
- Knöppeli, H.A. (1970). Food of Central Amazonian fishes. Contribution to the nutrient-ecology of Amazonian rain-forest streams. *Amazoniana* 2: 257-351.
- 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. & 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. & Chiara, E.G. (1980). Estudo limnológico de um trecho do rio Mogi-Guaçu II. Características químicas. *B. Inst. Pesca* 7: 75-92.
- Necchi, O. JR. (1993). Distribution and seasonal dynamics of Rhodophyta in the Preto River basin, southeastern Brazil. *Hydrobiologia* 250: 81-90.
- Necchi, O. JR. & Branco, L.H.Z. (1992). Preliminary evaluation of primary production in a stream of São Paulo State, southeastern Brazil. *Rev. Brasil. Biol.* 52: 319-324.
- Necchi, O. JR., Branco, L.H.Z. & Branco, C.C.Z. (1995). Comparison of three techniques for estimating periphyton abundance in bedrock streams. *Arch. Hydrobiol.* 134: 393-402.
- 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.
- Necchi, O. JR. & Pascoaloto, D. (1993). Seasonal dynamics of macroalgal communities in the Preto River basin, São Paulo, southeastern Brazil. *Arch. Hydrobiol.* 129: 231-252.
- Payne, A.I. (1986). *The ecology of tropical lakes and rivers*. Chichester, John Wiley & Sons, 301p.
- Raven, J.A. & Beardall, J. (1981). Carbon dioxide as the exogenous inorganic source for *Batrachospermum* and *Lemanea*. *Br. Phycol. J.* 16: 165-175.
- Schumacher, G.J. & Whitford, L.A. (1965). Respiration and P<sup>32</sup> uptake in various species of freshwater algae as affected by a current. *J. Phycol.* 1: 78-80.

- Sé, J.A.S. (1992). O rio do Monjolinho e sua bacia hidrográfica com integradores de sistemas ecológicos: um conjunto de informações para o início de um processo de pesquisas ecológicas, de educação, planejamento e gerenciamento ambientais a longo prazo. São Carlos, USP, 381 p. (Dissertação).
- Sheath, R.G. (1984). The biology of freshwater red algae. *In*: F.E. Round & D.J. Chapman (eds), *Progress in phycological research*, 3. Bristol, Biopress, p. 89-157.
- Sheath, R.G. & Hambrook, J.A. (1990). Freshwater ecology. *In*: Cole, K.M. & Sheath, R.G. (eds.), *Biology of the red algae*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 423-453.
- Sheath, R.G. & Harlin, M.M. (1988). Physical and chemical characteristics of freshwater and marine habitats. *In*: Sheath, R.G. & Harlin, M.M., eds., *Freshwater and marine plants of Rhode Island*. Dubuque, Kendall/Hunt. p. 7-19.
- Sioli, H. (1967). Studies in Amazonian waters. *Atl. Simp. Biot. Amaz.* 3 (Limnol.): 9-50.
- Sioli, H. (1975). Tropical river: the Amazon. *In*: Whitton, B.A., ed., *River Ecology*. Oxford, Blackwell Sci. Publ., p. 461-488.
- Sioli, H. (1984). The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Dordrecht, W. Junk, 763 p.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. (1981). *Biometry*. New York, W.H. Freeman, 859 p.
- Steinman, A.D. & McIntire, C.D. (1986). Effects of current velocity and light energy on the structure of periphyton assemblages in laboratory streams. *J. Phycol.* 22: 352-361.
- Szikszy, M. (1973). Dados hidrogeoquímicos de rios da bacia do Paraná. *Bol. Inst. Geoc. USP* 4: 97-108.
- Uherkovich, V.B. & Franken, M. (1980). Aufwuchsalgen aus zentralamazonischen Regenwaldbachern. *Amazoniana* 7: 49-79.
- Wetzel, R.G. (1983). *Limnology*. 2nd ed. Philadelphia, Saunders, 767 p.
- Wong, S.J.; Clark, B.; Kirby, M. & Kosciuw, R.F. (1978). Water temperature fluctuations and seasonal periodicity of *Cladophora* and *Potamogeton* in shallow rivers. *J. Fish. Res. Board Can.* 35: 866-870.