

## CONSIDERAÇÕES SOBRE CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DE AMBIENTES LÓTICOS

(Considerations on limnological characteristics of lotic environments)

Maria Helena MAIER \*

### RESUMO

Fatores ambientais que interferem em algumas das características de rios são discutidos.

As variáveis estudadas foram: temperatura, turbidez, cor, transparência, condutividade elétrica, pH, amônia, nitrito, nitrato, fosfato, sílica, ferro, oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio.

### ABSTRACT

Environmental factors that interfere with some limnological characteristics of rivers are discussed.

The parameters studied were: temperature, color, turbidity, transparency, alkalinity, pH, electrical conductivity, ammonia, nitrates, nitrites, phosphates, iron, silica, dissolved oxygen and biochemical oxygen demand (BOD).

### 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho discute alguns dos fatores que exercem influências sobre características físicas e químicas das águas de rios e menciona valores que apresentam alguns rios de clima tropical através de um levantamento bibliográfico.

Para o estudo das características limnológicas de um ambiente, é necessário levar-se em conta a sua origem. Pode-se fazer distinção entre ambientes lóticos (rios) e lênticos (lagos). As variáveis físicas, químicas e biológicas têm características próprias em rios e em lagos.

Rios e riachos são sistemas abertos onde os organismos utilizam nutrientes que aí estão em trânsito, pois seu tempo de residência é relativamente curto. Lagos são sistemas fechados onde os nutrientes podem ser reciclados e utilizados várias vezes pelos organismos aquáticos.

O rio é caracterizado por fluxo e o movimento da corrente é promovido por ação da gravidade. Flui da zona mais alta

para a mais baixa, seguindo a rota que opuser menor resistência à sua descida. Variações de velocidade e turbulência estão ligadas ao fato do trajeto percorrido raramente ser uma linha reta, do gradiente em geral não ser uniforme e do leito possuir freqüentemente bordos e fundos irregulares.

O fluxo nunca é uniforme nem laminar mas turbulento, exceto na situação em que uma película muito fina de água passa continuamente sobre pedras do leito.

A velocidade média da água relaciona-se com a inclinação e, em geral, decresce regularmente ao longo do rio. Os fragmentos de rochas que constituem o leito do rio têm certa relação de tamanho com a velocidade (MARGALEF, 1974).

Uniformidade de condições físicas e químicas da água, em todas as profundidades, é característica de ambientes lóticos em virtude da circulação da água im-

(\*) Pesquisador Científico — Seção de Limnologia da Divisão de Pesca Interior do Instituto de Pesca.

pulsionada pelo fluxo do rio e pela ação dos ventos (WELCH, 1935).

Segundo MILLS (1972), a função básica das águas correntes (ambientes lóticos) é a de transferir, da terra para o mar, o excesso de água da chuva. Tem características específicas que muito as diferenciam dos lagos (ambientes lênticos). Entre as características dos ambientes lóticos o autor cita:

- movimento da água contínuo e unidirecional;
- velocidade variando com o volume da água;
- nível: grande amplitude de variação;
- profundidade: em geral, bem menor que a dos lagos;
- água confinada a um leito relativamente estreito, à exceção de "rio-lago" (expansões do leito do rio);
- alterações graduais das condições físicas, químicas e biológicas ao longo do percurso;

- aumento do comprimento, largura e profundidade com o "envelhecimento";
- permanente remoção e transporte de materiais erodidos; qualquer material erodido, em um determinado ponto do rio, é transportado rio abaixo sem oportunidade de retorno;
- estagnação prolongada não ocorre;
- elaboração, por si mesmo, de muito pouco material básico nutritivo dependendo, portanto, em grande escala, da terra circundante para supri-lo de nutrientes.

As características básicas da água são idênticas tanto nas águas correntes como nos lagos. Entretanto, os ambientes lóticos apresentam condições específicas resultantes de variações de velocidade, volume e fonte de suprimento da água, profundidade, tipo de substrato e sombreamento, como também de vários fatores que atuam sazonalmente, diariamente e mesmo em um dado momento ao longo do curso do rio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os valores das variáveis físicas e químicas dos rios da América do Sul foram assim obtidos:

- Rio Guaíba, valores das medianas que ZINI & SANTOS (1974a) calcularam para o período de fevereiro de 1971 a abril de 1974 nos seguintes pontos de estudo: foz dos rios Jacuí, Cai, Sinos e Gravataí, canal do Jacuí e canal de navegação do Guaíba.
- Rio Jacuí, valores das medianas que ZINI & SANTOS (1974b) calcularam para o período de agosto de 1973 a agosto de 1974 nos pontos de estudo, J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub>, J<sub>5</sub>, J<sub>9</sub> e 57.
- Rio dos Sinos, valores das medianas que ZINI; SANTOS; LESER (1975) calcularam para o período de maio de 1973 a maio de 1975 nos pontos de estudo, S<sub>I</sub>, S<sub>II</sub>, S<sub>III</sub>, S<sub>IV</sub>, S<sub>V</sub> e S<sub>VI</sub>.
- Rio Taquari, valores das medianas que ZINI & SANTOS (1974b) calcularam para o período de agosto de 1973 a agosto de 1974 em um ponto de estudo.
- Rio Moji-Guaçu (Município de Pirassununga), valores registrados por MAIER (1977) no período de outubro de 1973 a setembro de 1975.
- Rios Cassiquiara e Orinoco, valores registrados por EDWARDS & THORNES (1970) no período de abril a junho de 1968.
- Rios e riachos da Bacia Amazônica, valores registrados por SIOLI (1975).
- Rio Colastine, valores médios calculados por STANGENBERG & MAGLIANESI (1968) no período de agosto de 1964 a dezembro de 1966.

- Rio Paraná Superior (Provincia Corrientes) e Rio Paraguai Inferior (montante do Rio Vermelho, Provincia Formosa), valores registrados por MAGLIANESI (1973) no período de dezembro de 1967 a julho de 1969.
  - Braço principal do Rio Paraná Médio (Provincia Paraná), valores médios calculados por Bonetto & Maglianesi (in BONETTO, 1976) no período de dezembro de 1967 a julho de 1969.
  - Rio Paraguai Inferior (jusante do Rio Vermelho, Provincia Chaco), valores médios calculados por Maglianesi (in BONETTO, 1976), no período de 1968/69.
  - Rio Paraná Inferior (Provincia Rosario), valores registrados e médias calculadas pela OSN — Obras Sanitárias de la Nación (in BONETTO, 1976) no período de janeiro de 1960 a outubro de 1973.
  - Rio Salgado (Provincia St.<sup>a</sup> Fé), valores médios calculados por MAGLIANESI & DEPETRIS (1970) no período de janeiro de 1966 a junho de 1968.
  - Arroyo "Leyes", valores médios calculados por MAGLIANESI (1968) no período de agosto de 1964 a novembro de 1966.
- Foram calculadas medianas dos valores das características físicas e químicas da água dos rios Guaíba, Jacuí, Sinos, Moji-Guaçu, Cassiquiara, Orinoco, Paraná Superior e Inferior e Paraguai Inferior, utilizando-se os dados acima mencionados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Características Físicas da Água

##### 3.1.1 Temperatura

A radiação solar direta é o fator que mais contribui para o aquecimento das águas de rios. Em dias nublados, o aquecimento é menos intenso que em dias de céu límpido.

Variações diurnas da temperatura da água, em um determinado ponto de um rio, podem ser atribuídas a condições de velocidade e vazão, estação do ano, hora do dia e amplitude diária de variações da temperatura do ar. Dependem também das condições a montante, como por exemplo o tipo de substrato (e de represamento, se houver), condições atmosféricas, temperatura da água, distância e tempo de fluxo da água em situações críticas.

Devido à turbulência e pequena profundidade da maioria dos rios, a estratificação térmica geralmente não constitui um de seus atributos, podendo ocorrer ocasionalmente em pequenos lagos de remansos.

Materiais em suspensão podem influir na temperatura da água dos rios, pois grandes concentrações de tais materiais absorvem freqüentemente grande quantidade de calor. (REID & WOOD, 1976).

Em termos gerais, nos grandes rios e a uma considerável distância das cabeceiras, a temperatura média mensal corresponde aproximadamente à média mensal da temperatura do ar no ponto considerado. (HYNES, 1970).

Valores que a temperatura da água apresenta em alguns rios da América do Sul são mencionados nas Tabelas 1 e 2.

##### 3.1.2 Turbidez, Cor e Transparência

As propriedades ópticas da água constituem um importante elemento para a caracterização limnológica das águas de superfície, pois estão relacionadas com a atividade fotossintética, oxigenação, estrutura térmica, etc. O aspecto óptico das águas é modificado, das mais variadas maneiras, por substâncias dissolvidas e em suspensão.

TABELA 1

Medianas dos valores determinados para cada característica física e química da água de rios da América do Sul.

RIOS	Temperatura da água (°C)	Cor (mg/l Pt)	Turbidez *	Transparência (cm)	Condutividade Elétrica (µS/cm)	Alcalinidade (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	Amônia (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Fosfato (mg/l)	Silica (mg/l)	Ferro (mg/l)	Oxigênio Dissolvido (mg/l)	Saturação de Oxigênio (%)	DBO (mg/l O <sub>2</sub> )	REFERENCIAS
Guaíba **	20,5	80,0	32,75	43	—	—	0,115	0,0280	0,850	0,1400	35,3	1,20	7,1	—	0,85	ZINI & SANTOS (1974a)
Jacui **	23,0	80,0	53,0	33	45,3	16,0	0,060	0,0840	0,850	0,1500	41,1	1,00	8,0	—	0,70	ZINI & SANTOS (1974b)
Sinos **	21,0	52,5	24,00	55	76,5	24,5	0,085	0,0895	0,180	0,1950	32,5	0,96	7,1	78,28	1,10	ZINI, SANTOS; LESER (1975)
Taquari	23,0	75,0	38,00	32	47,1	16,0	0,060	0,0440	0,260	0,1100	30,9	0,87	7,4	—	0,60	ZINI & SANTOS (1974b)
Mojí-Guaçu	24,0	190,0	20,00	50	52,5	22,0	0,190	0,0050	0,184	0,0022	11,6	1,20	6,6	83,92	12,80	MAIER (1977)
Cassiquiare	—	—	—	—	12,7	—	—	—	—	—	3,0	—	—	—	—	EDWARDS & THORNES (1970)
Orinoco	—	—	—	—	13,2	—	—	—	—	—	4,0	—	—	—	—	EDWARDS & THORNES (1970)
Paraná Superior (Provincia Corrientes)	—	112,0	26,50	—	43,5	—	0,070	0,0220	0,910	0,1300	17,0	0,44	—	—	—	MAGLIANESI (1973)
Paraguai Inferior (Provincia Formosa)	—	117,0	26,00	—	108,2	—	0,170	0,0190	0,850	0,2700	15,0	0,70	—	—	—	MAGLIANESI (1973)
Paraná Inferior (Provincia Rosário)	—	29,0	90,00	—	—	35,0	0,025	0,0050	1,000	—	10,0	—	—	—	—	OSN (in BONETTO, 1976)

(\*) Turbidez: JTU — Rio Guaíba, Jacui, Sinos e Taquari; FTU — Rio Moji-Guaçu; mg/l SiO<sub>2</sub> — Rio Paraná Superior, Inferior e Paraguai Inferior.  
 (\*\*) Medianas calculadas a partir das medianas que ZINI & SANTOS (1974a; 1974b); ZINI, SANTOS; LESER (1975) calcularam para os pontos de estudo já mencionados em Material e Métodos.

TABELA 2  
Médias dos valores determinados para cada característica física e química da água de rios da América do Sul.

RIOS	Temperatura (°C)	Cor (APHA*)	Turbidez (APHA*)	Condutividade Elétrica (µS/cm)	Alcalinidade Bromocresol (meq/l)	Amônia (mg/l)	Nitrto (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Fosfato mg/l)	Silica mg/l)	Ferro (mg/l)	REFERÊNCIAS
Colastine	—	99,0	65,0	88,0	0,570	0,260	0,016	1,270	0,210	23	0,71	STANGENBERG & MAGLIANESI (1968)
Paraguai Inferior (Prov. Formosa) (montante do Rio Vermelho)	—	125,8	34,1	118,9	0,632	0,020	0,007	0,209	0,180	21	0,80	MAGLIANESI (1973)
Paraguai Inferior (Prov. Chaco) (jusante do Rio Vermelho)	24,3	364,0	686,0	184,0	0,898	0,170	0,028	1,100	0,570	17	0,58	Maglianesi (in BONETTO, 1976)
Paraná Superior (Prov. Corrientes)	—	84,2	39,1	44,3	0,446	0,021	0,007	0,247	0,066	21	0,53	MAGLIANESI (1973)
Paraná Médio (Prov. Paraná) (Braço Principal)	21,9	148,0	180,0	87,8	0,599	0,100	0,017	0,950	0,370	21	0,55	Bonetto & Maglianesi (in BONETTO, 1976)
Paraná Inferior (Prov. Rosário)	—	29,5	136,6	—	36,7**	0,048	0,007	1,250	—	10	—	OSN (in BONETTO, 1976)
Salgado Inferior (Prov. Santa Fé)	—	337,0	224,0	4208,0	4,200	0,630	0,064	1,840	1,880	26	0,47	MAGLIANESI & DEPETRIS (1970)
Arroio 'Leyes'	—	121,0	54,0	—	—	0,400	0,024	0,930	0,320	24	0,88	MAGLIANESI (1968)

(\*) APHA: Unidade de cor, mg/1 Pt; unidade de Turbidez, mg/1 SiO<sub>2</sub>

(\*\*) Alcalinidade Total, mg/1 CaCO<sub>3</sub>

Deixando de lado os aspectos relacionados com a intensidade da luz solar, com os diversos fenômenos que condicionam sua dispersão em uma massa d'água (reflexão, refração, etc.) e com sua composição espectral, a luz sofre também um processo de absorção que limita sua penetração até uma determinada profundidade. Esse limite é estabelecido pelas propriedades ópticas da própria água e pelos sólidos dissolvidos e em suspensão (partículas minerais, orgânicas e detritos), que determinam a atenuação da luz tanto por absorção como por reflexão dentro do meio.

Dentre os diversos fatores que de alguma forma estão relacionados com as propriedades ópticas da água, procurou-se estudar a turbidez, cor e transparência.

A turbidez da água está relacionada a fenômenos de dispersão e absorção da luz através da presença de materiais em suspensão. Nos rios, a quantidade desses materiais depende, em grande parte, de sua capacidade e vazão, bem como das características físicas e geológicas da bacia e do leito. Valores relativamente altos de turbidez são comuns na maioria das águas correntes. Baixa turbidez e deposição de sólidos são condições dominantes em lagos, quando estes não sofrem ação acentuada de ventos.

Silicatos coloidais, comumente presentes em águas correntes, contribuem para a turbidez da água. As águas carregam também consideráveis quantidades de silte e outras partículas finas. Em muitos dos grandes rios dos Estados Unidos, a turbidez frequentemente excede 3.000 ppm (REID & WOOD, 1976).

Em uma bacia hidrográfica, a topografia e composição do solo da área de drenagem, seu tipo e vegetação, exercem razoável influência sobre os valores da cor e turbidez da água dos rios que a compõem. Durante o período de chuva, grandes quantidades de partículas são erodidas do solo da bacia e carregadas pelas águas, resultando um acentuado aumento da cor e da turbidez das águas dos rios.

As condições físicas que determinam a cor das águas naturais, tais como comprimento de onda, transmissão e absor-

ção diferencial da luz pelas substâncias existentes na água, refração e reflexão da luz, são as mesmas tanto para rios como para lagos. Entretanto, estes exibem uma grande variedade de cores, o que comumente não ocorre em rios.

A cor da água é dada pela presença de substâncias pigmentadas (minerais e orgânicas) em solução ou em dispersão coloidal. Esta é chamada cor "real". Rios que drenam pântanos, brejos e regiões de florestas, podem ter coloração escura, devido a substâncias húmicas e taninos dissolvidos em suas águas.

A massa de água pode, além disso, apresentar cor "aparente" causada pelo reflexo, em sua superfície, de cores do ambiente terrestre, do céu, etc., ou, por transparência, a cor do leito, ou ainda pela presença de partículas coloridas (minerais e orgânicas) em suspensão. Acentuado desenvolvimento de diatomáceas em rochas existentes no leito de rios pode levar a água a apresentar tonalidade acastanhada; algas podem imprimir uma coloração esverdeada e sulfo-bactérias, uma coloração amarelada; nos rios de baixa turbidez e pouca correnteza, pode desenvolver-se plâncton, tornando a água esverdeada. Poluição de origens variadas altera tanto a cor "aparente" como a "real".

Poluentes orgânicos contêm sólidos em suspensão que, como menciona HYNES (1971), são diluídos e sedimentados ao longo do rio.

A presença de poluentes orgânicos tem efeito imediato sobre a qualidade da água, aumentando intensamente a cor e turbidez no local do lançamento, o que não se estende por um longo trecho em rio corrente e volumoso (HYNES, 1971).

A cor "aparente" e ainda a "real" de um rio como o Paraná apresentam consideráveis alterações ao longo do ciclo hidrológico e da dinâmica das águas. Em lagos, a cor pode ser modificada com a profundidade, graças à ação das radiações ultravioletas sobre as substâncias orgânicas suscetíveis de alteração nas camadas superficiais. Porém, em rios, isso não ocorre devido ao caráter turbulento da corrente (BONETTO, 1976).

A transparência revela a profundidade de penetração da luz na água e é dependente da cor e da turbidez. Quanto maiores os valores de cor e de turbidez, menor será a transparência da água.

Valores que a turbidez, a cor e a transparência apresentam em alguns rios da América do Sul, estão mencionados nas Tabelas 1 e 2.

### 3.2 Características Químicas da Água

As características químicas das águas naturais, em rios e lagos, dependem de fatores climáticos, geológicos, físicos, químicos e biológicos, como a composição da água das chuvas que caem na área de drenagem, o tipo e a composição das formações geológicas do ambiente, as reações que ocorrem entre a água e o solo ou entre a água e os sedimentos orgânicos e inorgânicos sobre os quais ela escoar.

Os materiais dissolvidos e em suspensão, tanto orgânicos como inorgânicos e os gases encontrados em águas naturais, são os mesmos tanto em rios como em lagos. Entretanto, a composição química da água de rios apresenta variações que dependem da estação do ano, período do dia, local e profundidade do rio.

Os compostos minerais existentes nas águas correntes originam-se principalmente da dissolução e do intemperismo das rochas da bacia de drenagem. O tipo de material que o rio transporta depende de fatores climatológicos e do relevo da bacia hidrográfica.

Através do intemperismo, os silicatos fornecem íons como por exemplo, magnésio e potássio; o cálcio em bacias não calcáreas pode ter essa mesma origem. Entre os não silicatos, que constituem a maior fonte de íons de cálcio, magnésio, sódio, cloreto, sulfato e carbonato destacam-se: gipsita, calcita e dolomita. O carbonato de cálcio pode estar dissolvido ou em suspensão nas águas de rios. A solubilidade da calcita e de seus produtos depende da solubilidade do dióxido de carbono. Pode ser dissolvido como bicarbonato de cálcio que é o tampão mais importante da água. Como freqüentemente as

águas estão supersaturadas de dióxido de carbono, em geral os rios transportam quantidades de bicarbonato de cálcio maiores do que a concentração de equilíbrio.

Admite-se que a quantidade de dióxido de carbono livre na água, determina a precipitação do cálcio sob a forma de carbonato de cálcio. A quantidade de íons de bicarbonato e carbonato em solução define a alcalinidade da água, sendo esta limitada pela disponibilidade de cálcio e magnésio.

Grande parte dos sólidos em suspensão em rios é constituída por silte, mas muito pouco se conhece a respeito de sua natureza química; sabe-se, entretanto, que é capaz de transportar substâncias devido às suas propriedades de permutador de íons (cátions e ânions). Isto é muito importante quando se trata de poluição, principalmente por metais pesados.

Um importante fator na composição química de águas naturais, nos trópicos, é indubitavelmente a influência exercida pelos sedimentos orgânicos e inorgânicos. A matéria orgânica, em particular, devido à sua capacidade de troca iônica, poderia ser freqüentemente considerada como o principal fator responsável pela ocorrência de águas moles tão típicas nos trópicos. Além disso, pelas propriedades de absorção e "roubo", ela pode reter substancial quantidade de íons, resultando, com freqüência, em águas de baixa salinidade. Resultados de estudos realizados no leste e oeste africanos, mostraram que os valores das medianas de condutividade elétrica de rios, em geral, são inferiores a 100 $\mu$ S/cm o que indica que a maioria das águas, como um todo, tem salinidade realmente baixa. Esta característica, juntamente com o alto conteúdo de ferro, alumínio e sílica, é típica da maioria das águas de regiões tropicais lateríticas lixiviadas (VISSER, 1974).

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

A variável mais importante do clima nos trópicos é a precipitação pluviométrica.

trica. A taxa de suprimento de compostos de nitrogênio e fósforo, drenagem de matéria orgânica e de íons pode ser resultado de intensa precipitação. Além disso, deve ser levado em conta que há uma interrelação entre a precipitação e a geologia local, modificada pela extensão e tipo de cobertura vegetal, em relação à transferência de minerais da terra para a água (VINER, 1975).

### 3.2.1 Condutividade

A salinidade da água doce costuma ser definida como a concentração total dos componentes iônicos. A quantidade total de material ionizado na água é obtida através de determinação da condutividade elétrica.

Os íons que determinam a salinidade da água doce, encontram-se em concentrações variadas mas obedecem a uma certa

proporção. Ânions:  $[CO_3^{--}] > [SO_4^{--}] > [Cl^-]$ ; cátions:  $[Ca^{++}] > [Mg^{++}] > [Na^+] > [K^+]$ .

As principais diferenças entre as características de lagos e rios, no tocante a sólidos dissolvidos, referem-se usualmente à concentração relativa das substâncias e à sua composição e distribuição longitudinal. A variação sazonal de chuvas, bem como a natureza da superfície do solo e a geoquímica da bacia de drenagem, influem fortemente na composição das águas de pequenos rios. Assim, há uma considerável individualidade mesmo entre rios que correm numa região restrita. A variabilidade torna-se a palavra chave em qualquer tentativa para caracterizar pequenos rios, sendo observada ao comparar-se rios entre si ou gradientes ao longo de um mesmo rio e é, marcadamente, influenciada por fatores edáficos, por atividades humanas e pela morfologia do leito. Nas águas de grandes rios, é típica a uniformidade de composição. Em geral, a composição média dos principais cátions das águas de rios é a seguinte: cálcio, 63,5%; magnésio, 17,4%; sódio, 15,7%; potássio, 3,4% (REID & WOOD, 1976).

Em geral, a concentração de sais na água do local onde se lançam poluentes orgânicos é muito alta e, ao longo do rio, vai decrescendo suavemente até atingir o seu valor normal (HYNES, 1971).

Rios que drenam brejos ácidos ou rochas ígneas contêm pouco ou nenhum cálcio. Determinadas formações sedimentares podem contribuir com altas concentrações desse íon.

A mediana da condutividade elétrica das águas do leste e oeste africanos, encontrada por VISSER (1974) é de 182  $\mu S/cm$ , valor este muito superior àqueles encontrados em rios da América do Sul, onde as medianas observadas em alguns rios (Tabela 1) variam de 12,7 a 108,2  $\mu S/cm$ , em águas da Amazônia o valor mínimo é de 0,57  $\mu S/cm$  e o máximo 83,80  $\mu S/cm$  (Tabela 3) e em rios da Bacia do Paraná a média oscila entre 44,3 e 4.028,0  $\mu S/cm$  (Tabela 2).

TABELA 3

Valores mínimos e máximos de características químicas da água de rios e riachos da Amazônia (SIOLI, 1975).

Variáveis	Águas Brancas	Águas Negras	Águas Claras
pH	6,5-7,3	4,0-4,6	4,4-7,8
Condutividade Elétrica ( $\mu S/cm$ )	44,80-83,80	1,60-44,10	0,57-5,34
Nitrato (mg/l)	0,018-0,084	0-0,02	0-0,40
Fosfato (mg/l)	0-0,026	0-0,030	0-0,350
Silica (mg/l)	3,6-4,5	0,8-2,7	0,5-22,0
Ferro (mg/l)	-	0,11-0,25	0-0,65
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	-	1,9-6,0	1,5-8,6

### 3.2.2 Alcalinidade

Sabe-se que a manutenção das condições próximas da neutralidade em águas mineralizadas é devida ao tamponamento por sistemas químicos, tais como o complexo dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato-cálcio. Outros sistemas podem envolver magnésio, sódio ou potássio. As



condições ácidas favorecem a reação entre o ácido e a base de ligação, carbonato por exemplo, propiciando um aumento do teor de bicarbonato neutro. Por outro lado, o aumento de alcalinidade de uma solução torna possível uma reação entre a base e o ácido carbônico, o que poderia acarretar um desvio de neutralidade para um valor menor.

Em qualquer meio, a capacidade de neutralização de um ácido-forte a um determinado pH é chamada alcalinidade. Não é uma medida muito precisa, só podendo ser interpretada em termos de substâncias específicas quando se conhece a composição química da amostra. Pelo fato da alcalinidade da maioria das águas superficiais ser função dos teores de carbonato, bicarbonato e hidróxido, ela é tomada como indicador de concentração dessas substâncias. Na faixa de 10 a 500 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , a alcalinidade se refere apenas a carbonatos ou bicarbonatos. O valor de 20 mg/l  $\text{CaCO}_3$  é considerado baixo para alcalinidade (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1975).

Segundo HUTCHINSON (1957), os termos alcalinidade de carbonatos, reserva alcalina e base titulável são freqüentemente usados para expressar a quantidade total da base raramente livre e normalmente em equilíbrio com carbonato ou bicarbonato.

Alguns dos valores que a alcalinidade pode apresentar em rios da América do Sul estão mencionados na Tabela 1.

### 3.2.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Rios que correm ou escoam sobre formações ígneas, relativamente insolúveis e de alta concentração de sílica, são tipicamente "moles", sendo o conteúdo de bicarbonato insuficiente para tamponar alterações de pH devidas ao acúmulo de dióxido de carbono. Como resultado da mudança do sistema tampão em direção ao ácido carbônico, o pH desses rios permanece abaixo da neutralidade. Entretanto, o equilíbrio atmosfera-água regula essencialmente o conteúdo de dióxido de carbono de tal modo que o valor do pH,

em direção ao ácido, é geralmente em torno de 6.

Rios muito ácidos encontram-se principalmente em terrenos alagadiços de brejos e pântanos. Correm em áreas de formações silicosas, são geralmente de cor acastanhada, e suportam uma biota relativamente pobre. Embora não seja bem conhecida a natureza dos ácidos contidos nessas águas, freqüentemente considera-se como contendo ácidos húmicos, orgânicos amarelos ou talvez sulfúrico (REID & WOOD, 1976).

O valor mediano do pH das águas do leste e oeste africanos é de 7,8 (VISSER, 1974).

Valores mínimos e máximos do pH da água de rios da América do Sul, são citados nas Tabelas 3 e 4.

### 3.2.4 Amônia, Nitrito e Nitrato

Há pelo menos duas possíveis fontes de nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ) para as águas naturais: a primeira é a atmosfera, constituindo o maior reservatório; a segunda, resultante do processo de desnitrificação da amônia. O nitrogênio é utilizado na forma molecular por poucos organismos, tais como bactérias e algas azuis.

Além da ocorrência de nitrogênio no estado molecular ( $\text{N}_2$ ) e em compostos orgânicos, ocorre também nas águas naturais, sob a forma de compostos inorgânicos, tais como amônia, nitrato e nitrito.

Por ação de determinadas bactérias e fungos, as proteínas animais e vegetais podem ser decompostas e o produto final do primeiro estado de degradação oxidativa é principalmente amônia livre ( $\text{NH}_3$ ). Esta também pode estar presente na água, derivada de processos de desaminação que envolvem também ação bacteriana.

Geralmente em águas não poluídas, amônia e seus compostos ocorrem em quantidades relativamente pequenas, da ordem de 1 mg/l (REID & WOOD, 1976).

Na fase intermediária da oxidação de compostos orgânicos de nitrogênio, a amônia é atacada por certas bactérias nitrificantes como *Nitrosomonas*, que liberam

TABELA 4

Valores mínimos e máximos do pH da água de rios da América do Sul

RIOS	pH	REFERÊNCIAS
Guaíba *	5,8-7,8	ZINI & SANTOS (1974a)
Jacuí *	6,6-7,7	ZINI & SANTOS (1974b)
Sinos *	5,9-7,7	ZINI; SANTOS; LESER (1975)
Taquari	6,6-7,7	ZINI & SANTOS (1974b)
Moji-Guaçu	6,0-7,4	MAIER (1977)
Cassiquiara	4,6-6,4	EDWARDS & THORNES (1970)
Orinoco	4,8-6,2	EDWARDS & THORNES (1970)
Colastine	6,4-8,5	STANGENBERG & MAGLIANESI (1968)
Paraguai (montante do Rio Vermelho)	6,9-7,7	MAGLIANESI (1973)
Paraguai (jusante do Rio Vermelho)	6,9-8,2	Maglianesi (in BONETTO, 1976)
Paraná Superior	7,0-7,9	MAGLIANESI (1973)
Paraná Médio	7,2-7,7	Bonetto & Maglianesi (in BONETTO, 1976)
Paraná Inferior	7,4-8,1	OSN (in BONETTO, 1976)
Salgado Inferior	6,2-8,8	MAGLIANESI & DEPETRIS (1970)
Arroio "Leyes"	6,2-8,2	MAGLIANESI (1968)

(\*) Valores mínimos e máximos que ZINI & SANTOS (1974a; 1974b); ZINI; SANTOS; LESER (1975), registraram nos pontos de estudo já mencionados em Material e Métodos.

ions nitrito nesse processo. O nitrito pode também ser formado por redução do nitrato. Atualmente, sabe-se que diatomáceas e outras algas, como por exemplo, *Chlorella*, são capazes de reduzir nitrato e nitrito (REID & WOOD, 1976).

Vários autores, principalmente HUTCHINSON (1957), demonstraram que certas espécies de algas reduzem nitrato a nitrito na parede celular. Portanto, o nitrogênio é aí absorvido sob a forma de nitrito.

Nitrato em solução é removido da água pelas plantas verdes, pela desnitrificação bacteriana e pela redução a nitrogênio amoniacal.

Em águas não poluídas, o nitrito (se existir) ocorre em quantidades diminutas. Grandes quantidades geralmente indicam poluição por esgotos domésticos (REID & WOOD, 1976).

Na fase final do processo de decomposição de substâncias nitrogenadas o nitrito é oxidado a nitrato por ação de bactérias nitrificantes. Sob condições normais, a quantidade de nitrato em solução, num dado instante, é determinada pelos processos metabólicos que ocorrem no corpo d'águas (produção e decomposição de matéria orgânica). Sob a influência de fatores edáficos, particularmente durante as enchentes e em casos de poluição orgânica, o teor de nitrato pode aumentar significativamente.

Geralmente a nitrificação não se completa em ambientes muito ricos em matéria orgânica, pois esta tem ação inibidora sobre bactérias nitrificantes (BRANCO, 1971).

Nitrato em solução é removido da água pelas plantas verdes, pela desnitrificação bacteriana e pela redução a nitrogênio amoniacal.

A chuva parece ser uma das principais fontes naturais de amônia e nitrato. Na maioria dos ambientes de regiões temperadas, o teor de amônia das águas das chuvas é maior do que o de nitrato; mas em regiões tropicais, onde a atividade fotoquímica na camada superior da atmosfera é grande, há um aumento de formação de nitrato sobre a amônia (VISSER, 1974).

Compostos de nitrogênio, geralmente, exibem notável flutuação sazonal e pronunciada variação de gradientes ao longo de rios pequenos. A quantidade de nitrogênio sob a forma de nitrato e nitrito é influenciada, em grande parte, pelas características da superfície de escoamento da bacia, associadas ao nível e vazão do rio.

Em rios bem oxigenados, os compostos de amônia são rapidamente oxidados a nitrato por ação de organismos nitrificantes. Altas concentrações de compostos de nitrogênio podem ocorrer durante o inverno, quando a população vegetal é mínima. Curiosamente, enchentes levam compostos de nitrogênio do solo circundante para o rio, mas ao mesmo tempo, arrastam as algas do leito, minimizando, assim, o consumo durante esse período. Rápido decréscimo da concentração de compostos de nitrogênio ocorre logo após a volta das águas do rio ao leito. Em rios de bacias estáveis, o conteúdo de compostos de nitrogênio pode ser diminuído na primavera e verão pela utilização vegetal, continuando a decrescer até o fim do verão. Em muitos rios, a principal fonte de compostos de nitrogênio é a poluição ocasionada pela drenagem de áreas de agricultura e por efluentes de esgotos domésticos. Esses fatores contribuem regionalmente com grandes quantidades de substâncias e têm enormes efeitos sobre as comunidades dos rios (REID & WOOD, 1976).

Segundo HYNES (1971), poluentes orgânicos com altas concentrações de amônia, ao atingirem as águas de rios, aumentam ainda mais essas concentrações, pouco adiante do local de lançamento. Durante um certo trecho, as concentrações são mantidas altas, iniciando então uma progressiva redução até atingir seus teores normais. Com os nitratos ocorre de início um fenômeno inverso. Pouco além do lançamento sua concentração na água do rio, diminui podendo chegar a zero. Pouco

depois começa a aumentar atingindo valores altos, para mais adiante iniciar uma suave regressão às condições similares àquelas a montante do lançamento.

VISSER (1974), estudando águas de rios e lagos do leste e oeste africanos, encontrou valores medianos de 0,1 mg/l para amônia, 0,002 mg/l para nitrito e 0,3 mg/l para nitrato. Esses resultados são relativamente próximos àqueles encontrados em alguns dos rios da América do Sul, onde as medianas das concentrações de amônia variam de 0,025 a 0,190 mg/l as de nitrito, de 0,005 a 0,044 mg/l e de nitrato, de 0,180 a 1,000 mg/l (Tabela 1). Na Bacia Amazônica, os valores mínimos e máximos das concentrações de nitrato são de 0 a 0,084 mg/l (Tabela 3). Na Bacia do Paraná, a média das concentrações de amônia varia entre 0,020 e 0,630 mg/l, de nitrito entre 0,007 e 0,064 mg/l e de nitrato entre 0,209 e 1,84 mg/l (Tabela 2).

### 3.2.5 Fosfato

O fosfato autóctone, em rios, é proveniente de processos biológicos e químicos ao longo de seus cursos. Nos períodos de chuva há um aumento da superfície de escoamento no solo e no leito do rio, proporcionando provavelmente a introdução de substâncias alóctones contendo compostos de fósforos.

Deve ser considerado também que a própria água de precipitação pode conter apreciáveis teores de nitrato e fosfato dissolvidos ou em suspensão. MORAES (1978) verificou que a água de precipitação na Represa do Lobo (São Carlos — SP), apresentava concentrações relativamente altas de nitrato e fosfato (maiores que 0,002 mg/l).

Compostos de nitrogênio e fósforo podem ter origem na erosão do solo, na drenagem de águas de irrigação, particularmente quando enriquecidas com adubos minerais ou orgânicos, na drenagem de terrenos pantanosos, na descarga de efluentes industriais e esgotos domésticos, e na decomposição de vegetação marginal que morre e cai na água.

Poluentes orgânicos, em geral, têm altos teores de fosfato que são aumen-

tados ainda mais durante um trecho do rio a jusante do lançamento, seguindo-se um decréscimo até atingir as concentrações normais (HYNES, 1971).

Os teores de fosfato em águas de rios podem sofrer grandes alterações não apenas sazonalmente mas também ao longo do seu curso.

Durante o período de maior produção, pode haver uma diminuição nos teores de fósforo de rios, devido à sua utilização pelos organismos, mas essa diminuição é pequena quando comparada àquela que ocorre na superfície de lagos e durante o período de maior produção. Isso se deve em parte à homogeneização das águas do rio pela correnteza e pequena quantidade de fitoplâncton. Com efeito, há pouco ou nenhum plâncton verdadeiro em rios de velocidade média ou rápida (REID & WOOD, 1976).

Valores que o fosfato apresenta em alguns rios da América do Sul são mencionados nas Tabelas 1, 2 e 3.

### 3.2.6 *Silica*

É um dos importantes constituintes da maioria das águas naturais, sendo encontrada sob formas distintas. Possivelmente, existe uma alteração gradual entre partículas minerais muito finas, sílica coloidal, silicatos complexos e ortosilicatos em verdadeira solução. O conteúdo de silicato solúvel depende principalmente do pH. A presença de sílica nas águas se deve, na maioria das vezes, a fenômenos de erosão e lixiviação de solos.

HUTCHINSON (1957) considera que quantidades até 77,5 mg/l são normais em águas doces. A média dos teores de sílica observada por LIVINGSTONE (1963), para rios da América do Sul, é de 11,9 mg/l.

O valor mediana da concentração de sílica em águas do leste e oeste africanos encontrado por VISSER (1974) é de 15,5 mg/l. Em alguns rios da América do Sul os valores medianos da concentração de sílica variam de 3,0 a 41,1 mg/l (Tabela 1).

Os valores mínimos e máximos em águas da Bacia Amazônica, são de 0 e 0,65 mg/l. Os valores médios em rios da Bacia do Paraná oscilam entre 10 e 26 mg/l (Tabelas 2 e 3).

### 3.2.7 *Ferro*

A erosão e dissolução das rochas da bacia hidrográfica são as principais fontes de ferro para as águas de rios. Comumente, o ferro é encontrado nessas águas em pequenas quantidades.

Em águas correntes não poluídas, esse íon geralmente toma a forma férrica devido à contínua aeração e presença de oxigênio. Em regiões onde há grande decomposição, a conseqüente diminuição de oxigênio pode resultar na transformação de ferro para o estado ferroso. Em remansos estagnados de rios, particularmente depois de enchentes, ferro-bactérias podem crescer rapidamente formando uma massa de substâncias ferruginosas.

Parte do ferro que se encontra na água se acha estabilizada por substâncias orgânicas, em combinações com ácidos húmicos e parte sob a forma de diminutas partículas, principalmente de hidróxido. Em águas superficiais podem ser resultado da fragmentação de uma fina película superficial, freqüente particularmente em águas doces ácidas, onde o ferro férrico precipita em contato com a atmosfera, formando uma fina lâmina irisada que se fragmenta por qualquer agitação (MARGALEF, 1974).

A mediana das concentrações de ferro das águas do leste e oeste africanos encontrada por VISSER (1974) é de 1,0 mg/l, valor bastante semelhante ao de rios da América do Sul cujas medianas de alguns rios variam de 0,87 a 1,20 mg/l (Tabela 1) e média de outros rios de 0,47 a 0,88 (Tabela 2).

Águas da Bacia Amazônica têm concentrações de ferro bastante baixas variando de 0,20 a 0,65 mg/l.

### 3.2.8 *Oxigênio*

O comportamento dos gases dissolvidos e suas reações básicas em águas cor-

rentes obedecem às mesmas leis físicas e bioquímicas fundamentais que operam em situações lânticas. Entretanto, o efeito da correnteza, sua turbulência inerente, a considerável troca de material entre o rio e o terreno circundante e as variações do volume da água, da composição química associadas ao clima e à morfologia da bacia de drenagem, são fatores que, momentaneamente ou a longo prazo, geram em um rio condições muito diferentes daquelas de um lago. Atualmente, um fator não natural, a poluição, tornou-se importante por sua influência sobre as características de um rio.

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

Vários fatores contribuem para a perda ou ganho de oxigênio pelas águas dos rios. Entre eles pode-se mencionar:

- pressão atmosférica: a solubilidade do oxigênio tem relação direta com a pressão atmosférica; assim, o abaixamento dessa pressão pode levar a uma diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água;
- turbulência: tem um papel importante na aeração das águas de rios, só sendo, no entanto, significativa em rios muito turbulentos. Frequentemente, águas que correm logo após uma queda, mantêm-se saturadas de oxigênio dia e noite, enquanto que em rios de velocidade baixa, durante a noite, a concentração de oxigênio pode ser inferior à de saturação;
- temperatura: a solubilidade do oxigênio varia inversamente com a temperatura; portanto, um aumento na temperatura da água pode resultar na diminuição do teor desse gás. Em virtude desta dependência, o teor de oxigênio dissolvido pode apresentar variações diurnas e sazonais como o que acontece com a temperatura da água;
- fotossíntese: flutuações na atividade fotossintética refletem-se na quantidade de oxigênio dissolvido principalmente nas águas mais calmas dos rios, onde vegetais submersos dão grande contribuição para o aumento do teor de oxigênio dissolvido;
- respiração de organismos e oxidação de matéria orgânica: processos que utilizam o oxigênio dissolvido na água do rio;
- reações inorgânicas: em rios poluídos podem contribuir para a diminuição do teor de oxigênio dissolvido;
- águas de afluentes: introdução de águas de afluentes contendo baixo teor de oxigênio, dilui a concentração desse gás na água do rio que as recebe. Esse efeito é facilmente comprovável nos locais de entrada de águas de nascentes ou de águas de infiltração.

A aeração é o processo pelo qual as águas retiram oxigênio diretamente da atmosfera. A difusão do oxigênio nas águas dos rios é aumentada pela turbulência que pode levar à saturação (KLEEREKOPER, 1944).

A taxa de reoxigenação da água depende de vários fatores incluindo temperatura, grau de turbulência, profundidade, magnitude do déficit de saturação e a momentânea demanda de oxigênio pelos processos de respiração e decomposição.

A introdução no rio de grandes quantidades de substâncias orgânicas, tais como as de esgotos ou de detritos de pântanos e de brejos, podem causar um aumento do déficit de saturação. O oxigênio perdido nos processos oxidativos é absorvido da atmosfera através da reaeração das águas do rio.

Quando um poluente é introduzido em um rio, há um rápido decréscimo da concentração de oxigênio; tal situação é ainda mantida por um bom trecho antes que se inicie a sua recuperação (HYNES, 1971).

Em rios de pequena turbidez, a quantidade de oxigênio dissolvido pode ser controlada pela fotossíntese realizada pelos vegetais que aí se desenvolvem, tais como algas que crescem em objetos submersos

(rochas e galhos), algas que flutuam livres na água e plantas submersas que são responsáveis pela produção de grandes quantidades de oxigênio, particularmente em dias claros. Em dias encobertos, essa produção pode ser, algumas vezes, contrabalançada pelo consumo respiratório de plantas e animais.

Nas cabeceiras rasas de rios, a produção de oxigênio pela fotossíntese contribui para o teor desse gás, rio abaixo. Entretanto, na maioria dos rios, nas regiões baixas e mais turbidas, a fotossíntese local provavelmente interfere muito pouco na quantidade de oxigênio dissolvido.

Para a maioria dos rios as águas subterrâneas e de escoamento superficial são relativamente pouco significativas como fonte de oxigênio. Águas de nascentes, de leitos subterrâneos ou de infiltração são tipicamente pobres em oxigênio dissolvido, chegando freqüentemente a ponto de ser nulo o seu teor.

No entanto, águas de subsuperfície que antes de atingir a superfície fluem sobre rochas cizalhadas, podem estar próximas da saturação de oxigênio. Similarmente, quando o escoamento superficial é rápido e vigoroso, a água pode ter alto teor desse gás.

O ciclo anual das variações nas concentrações de oxigênio em rios é estreitamente relacionado com as condições de temperatura. Em regiões quentes de regime de temperatura moderado, decréscimo do teor de oxigênio, principalmente no fim do verão, pode ser devido a vários fatores: temperatura da água que atinge valores máximos no fim do verão; diminuição da velocidade que resulta em diminuição da mistura física e portanto da reoxigenação; decomposição da matéria orgânica, mais intensa no verão, utilizando parte do oxigênio disponível. Por outro lado, um rápido e abundante crescimento ("bloom" ou floração) de fitoplâncton freqüentemente aumenta o teor de oxigênio nessa época. A floração pode ocorrer em rios nos quais a velocidade é suficientemente baixa para permitir a formação de considerável massa de fitoplâncton. Esse fenômeno é observado, por exemplo, no Rio St. John, Flórida (REID & WOOD, 1976).

Na região tropical do Estado de São Paulo, os períodos de maiores temperaturas coincidem com os de maior pluviosidade. A solubilidade do oxigênio é menor e a sua concentração pode ser diminuída ainda mais, devido à maior demanda de oxigênio causada pelo aumento do metabolismo dos organismos vivos (animais e vegetais) e da velocidade das reações químicas. Como a este período também corresponde o de maior velocidade do rio, resultando em um aumento da mistura física e da reoxigenação, a depressão da concentração de oxigênio é minimizada. Nesta região, os períodos de menores temperaturas coincidem com o de menor pluviosidade, ocorrendo fenômenos inversos.

Valores que a concentração de oxigênio dissolvido pode apresentar em rios da América do Sul, são mencionados nas Tabelas 1 e 3.

### 3.2.9 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Representa a quantidade de oxigênio dissolvido, consumido pela respiração aeróbica de microrganismos que oxidam a matéria orgânica existente na água.

A DBO é excelente indicadora das condições de poluição orgânica do meio, sendo fundamental nos estudos de limnologia que objetivam a preservação do equilíbrio biológico no ambiente aquático (BRANCO, 1971).

Segundo Wisniewski (in BRANCO, 1971), quando se mede a DBO não se determina qual fonte consumidora de oxigênio: se as algas vivas (respiração) ou se as bactérias (decomposição da matéria orgânica). No entanto sabe-se que há um grande predomínio deste processo sobre o primeiro quando se considera a demanda em um dado instante ou em um certo espaço de tempo, significando, talvez, que a respiração das algas deve consumir oxigênio muito mais lentamente que a decomposição por atividade bacteriana.

O valor da DBO pode ser aumentado em águas ricas em amônia em que a transformação desta em nitrito e nitrato por atividade bacteriana é intensa e o consumo de oxigênio é relativamente alto.

Por outro lado, a presença de substâncias tóxicas na água pode inibir o crescimento bacteriano, produzindo resultado oposto. Nas águas em que a atividade anaeróbica predomina, o processo de fermentação aeróbica pode ser retardado suficientemente para que os valores de DBO, obtidos na sua determinação, sejam muito reduzidos.

Segundo HYNES (1971), no próprio local da descarga de poluentes orgânicos, a DBO é alta e assim se mantém por um trecho do rio antes de iniciar a queda dos seus valores.

Valores que a DBO pode apresentar em rios da América do Sul são mencionados na Tabela 1.

#### 4. CONCLUSÕES

A temperatura da água de rios da América do Sul, de um modo geral, é superior a 20°C, exceção feita aos rios de montanhas.

A cor da água apresenta valores que dependem principalmente da geologia e topografia da bacia de drenagem, podendo atingir valores baixos como 20 mg/l Pt no Rio Paraná Inferior e altos como 364 mg/l Pt no Rio Paraguai Inferior a jusante do Rio Vermelho.

A turbidez, variando em média de 20 FTU a 90 FTU, sofre sensíveis influências do regime fluviométrico e da geologia e topografia da bacia de drenagem podendo alcançar valor alto como 686 mg/l SiO<sub>2</sub> (Rio Paraguai Inferior a jusante do Rio Vermelho).

A transparência da água é inversamente relacionada aos valores de cor e turbidez.

A condutividade elétrica, diretamente relacionada à composição química das rochas da bacia de drenagem, pode atingir

valores muito baixos como é o caso das águas claras de rios da Bacia Amazônica (0,57  $\mu$ S/cm) e muito altos como no Rio Salgado (4.208  $\mu$ S/cm).

A alcalinidade é relativamente homogênea para os vários rios considerados, sendo fortemente influenciada pela composição do solo da bacia de drenagem.

O pH das águas se mantém próximo à neutralidade, com exceção dos rios da Bacia Amazônica que em geral têm pH ácido.

Os compostos de nitrogênio (amônia, nitrito e nitrato) e o fosfato são encontrados em pequenas quantidades, poucas vezes chegando a atingir 1 mg/l.

A sílica e o ferro presentes na água são conseqüência da composição e erosão das rochas das bacias de drenagem e se mantêm, respectivamente, com valores aproximados, exceção feita aos rios da Bacia Amazônica cujos valores são bastante inferiores aos de outros rios da América do Sul.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 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.
- BRANCO, S. M. 1971 Efeitos biológicos da poluição. In: ————. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. São Paulo, CETESB. v.2, cap. 8, p.609-823.
- EDWARDS, A. M. C. & THORNES, J. B. 1970 Observations on the dissolved solids of the Casiquiare and Upper Orinoco, april-june 1968. *Amazoniana*, Manaus, Kiel, 2(3):245-256.
- GIBBS, R. J. 1970 Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*, 170:1088-1090.
- HUTCHINSON, G. E. 1957 *A treatise on limnology*. New York, John Wiley & Sons, Inc. 2v.
- HYNES, H. B. N. 1970 *The ecology of running waters*. Liverpool, Liverpool University. 555p.

- HYNES, H. B. N. 1971 *The biology of polluted waters*. Liverpool, Liverpool University. 202p.
- KLEEREKOPER, H. 1944 *Introdução ao estudo da limnologia*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. 329p. (Série Didática n.º 4).
- LIVINGSTONE, D. A. 1963 Data of geochemistry — Chemical composition of rivers and lakes. *Prof. Pap. U. S. geol. Surv.*, 440-G:1-63.
- MAGLIANESI, R. E. 1968 Fenômenos de salinização em alguns braços de la margen derecha del Paraná Medio. *Physis*, Buenos Aires, 28(76):1-13.
- . 1973 Principales características químicas y físicas de las aguas del Alto Paraná y Paraguay Inferior. *Physis*, Buenos Aires, 32(85):185-197.
- . & DEPETRIS, P. J. 1970 Características químicas de las aguas del Río Salado Inferior (Provincia de Santa Fé, República Argentina). *Physis*, Buenos Aires, 30(80):19-32.
- MAIER, M. H. 1977 *Estudo da variação sazonal das condições físicas e químicas ao longo de um trecho do Rio Moji-Guaçu — Cachoeira de Emas, Estado de São Paulo*. São Paulo. 102p. (Tese de Mestrado. Instituto de Biociências. USP).
- MARGALEF, R. 1974 *Ecologia*. Barcelona, Omega. 951p.
- MILLS, D. H. 1972 *An introduction to freshwater ecology*. Edinburg, Oliver & Boyd. 101p.
- MORAES, E. de M. 1978 *Ciclo sazonal, distribuições horizontal e vertical e inter-relação ecológicas de nutrientes na Represa do Lobo (Brotas-Itirapina-SP)*. São Paulo. (Tese de Mestrado. Instituto de Biociências, USP).
- PENNAK, R. W. 1971 Toward a classification of lotic habitat. *Hidrobiologia*, 28:321-334.
- 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.
- SIOLI, H. 1975 Tropical river: the Amazon. In: WHITTON, B. A. *River ecology*. Oxford, Blackwell. cap. 18, p.461-488.
- STANGENBERG, M. & MAGLIANESI, R. E. 1968 Composición química de las aguas de la Cuenca del Paraná Medio — II: Río Colastine. *Physis*, Buenos Aires, 28(76):111-121.
- 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.227-262.
- VISSER, S. A. 1974 Composition of waters of lakes and rivers in east and west Africa. *Tropical Hydrobiology and Fisheries*, 3(1):43-60.
- WELCH, P. S. 1935 *Limnology*. New York, MacGraw-hill. 471p.
- ZINI, M. C. & SANTOS, V. T. V. dos 1974a *O rio Guaíba: suas características físico-químicas e biológicas*. Porto Alegre, DMAE. 128p.
- . & ————. 1974b *As águas do Rio Jacuí*. Porto Alegre, DMAE. 107p.
- . ; ————. ; LESER, H. S. 1975 *Qualidade sanitária do Rio dos Sinos*. Porto Alegre, DMAE. 108p.