

ÍONS DOMINANTES NA MICROBACIA DO CÓRREGO SALTO GRANDE:
22°09'S e 48°19'W, DOURADO, SP, BRASIL*

[Major ions on the Salto Grande Stream Micro-basin:
22°09'S and 48°19'W, Dourado, SP, Brazil]

Maria Helena MAIER^{1,2}
Mithine TAKINO¹
Martiniana da Silva VIEIRA¹

RESUMO

Como parte de uma pesquisa maior que envolve o estudo de parâmetros abióticos e bióticos como, comunidades de perifíton, bactérias e fungos, poluição orgânica (efluentes domésticos e pecuários), fisionomia da bacia de drenagem e dados climáticos, este é o sétimo trabalho de uma série de dez publicações acerca da qualidade física, química e biológica da água do Córrego Salto Grande. Este estudo foi realizado de abril/1985 a outubro/86 e mostra que a qualidade da água do Córrego Salto Grande é determinada pelas rochas da bacia, provavelmente, sem interferência da contaminação orgânica a que estava sujeita. O clima regional teve papel secundário e ocorreram alterações relacionadas ao estado de umidade do solo. O córrego apresenta teor iônico de 71,83 mg/l, correspondente a 1,961 meq/l sendo 56% representado por teor catiônico e 46%, aniônico cujas ordens de dominância corresponderam a $Ca^{++} > Mg^{++} > Na^+ > K^+$ e $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{--}$. As relações M/D (monovalente/divalente), M/M e D/D reforçaram a hipótese de que os esgotos domésticos e pecuários não influíram sobre os teores dos íons dominantes. Tais relações apresentaram os seguintes valores medianos: $(Na^+ + K^+) / (Ca^{++} + Mg^{++}) = 0,34$; $(Na^+ + K^+) / Mg^{++} = 1,71$; $Na^+ + K^+ / Ca^{++} = 0,63$; $K^+ / Na^+ = 0,51$; $Ca^{++} / Mg^{++} = 1,21$.

PALAVRAS-CHAVE: córrego tropical, íons dominantes, qualidade da água, poluição, Brasil

ABSTRACT

As part of a large research program, that involves the study of biotic and abiotic parameters such as periphyton, bacteria and fungi communities, organic pollution (domestic and cattle farming effluent), physiography of the drainage basin and climate data, this is the seventh of a series of ten papers concerning physical and chemical water quality of the Salto Grande Stream. Sampling took place from April/1985 to October/86. The results showed the rock dominance on the water quality of the Salto Grande Stream, probably without organic contamination interference. The regional climate had secondary importance and there happened some change related to the land moisture. The stream shows 71.83 mg/l, as ionic concentration, corresponding to 1.961 meq/l, that had 56% as cation and 46% as anion, with the following dominance order $Ca^{++} > Mg^{++} > Na^+ > K^+$ and $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{--}$. The relations M/D (monovalent/divalent), M/M e D/D reinforce the hypothesis that the domestic and cattle sewage did not influence the concentration of the major ions. These relations showing the following medians results: $(Na^+ + K^+) / (Ca^{++} + Mg^{++}) = 0,34$; $(Na^+ + K^+) / Mg^{++} = 1,71$; $Na^+ + K^+ / Ca^{++} = 0,63$; $K^+ / Na^+ = 0,51$; $Ca^{++} / Mg^{++} = 1,21$.

KEY WORDS: tropical stream, major ions, water quality, pollution, Brazil

* Artigo Científico - aprovado para publicação em 24/06/96

(1) Pesquisador Científico (Bolsista CNPq) - Seção de Limnologia - Divisão de Pesca Interior - Instituto de Pesca - CPA/SAA
(2) Endereço/Address: Av. Francisco Matarazzo, 455 CEP 05031-900 - São Paulo - SP - Brasil

1. INTRODUÇÃO

A composição química da água de rios é resultante da interação entre a água de chuva, a água armazenada no solo e a fisiografia da bacia de drenagem. Alguns íons têm como fonte única, a própria água da chuva, outros o solo ou as rochas. A cobertura vegetal também contribui para a composição da água, fornecendo e retirando íons ou modificando sua concentração (GOLTERMAN 1975a; 1975b).

Rochas de silicato, como feldspato, por exemplo, contribuem com HCO_3^- e Ca^{++} para a água de rios. Importantes contribuintes de Cl^- e de Na^+ são representados pelo material pulverizado ("spray") do mar e da chuva. A erosão das rochas, principalmente as derivadas de sedimento marinho, constituem uma das principais fontes de HCO_3^- para as águas superficiais (WHITTON 1975).

No meio aquático, o carbono inorgânico pode ocorrer em suas três formas (CO_2 , HCO_3^- e CO_3^{2-}) e a presença de uma ou de outra das formas HCO_3^- e CO_3^{2-} está intimamente relacionada ao pH do meio. Segundo MAIER; TAKINO; FRANCOS (em preparação) no Córrego Salto Grande o íon dominante é o HCO_3^- .

O uso antrópico, da terra e da água, como o agrícola e a utilização de corpos d'água como receptores de efluentes, também interferem na qualidade da água. HENRY (1992), estudando cursos d'água da bacia do Alto Paranapanema verificou que efluentes, principalmente domésticos, podem representar fontes expressivas de íons Cl^- , Na^+ e SO_4^{2-} . Tais fontes, quando pontuais, produzem um grande impacto no local próximo ao lançamento porém, sua diluição, a jusante, pode reduzir tal impacto.

A concentração e o tipo de íon dissolvido no meio aquático determinam sua salinidade e condutividade elétrica. Em rios, a concentração iônica é, em geral, menor que em lagos, represas e mares. Devido a grande dependência de sua bacia hidrográfica como um todo, os rios apresentam grande variação de concentração e composição de sais dissolvidos (PAYNE, 1986).

Como parte de uma pesquisa maior, este trabalho visa contribuir para a caracterização da bacia hidrográfica do Córrego Salto Grande. A pesquisa mais global, envolveu aspectos climáticos (MAIER; FUNARI; SALUM, 1993), composição da água da chuva (MAIER; TAKINO; MIYAMARU, 1990), características fisiográficas (MAIER, 1994) e o estudo da qualidade biótica e abiótica da água do córrego.

A fisiografia exerce papel importante na maximização da capacidade assimiladora desse corpo d'água (frente à contaminações com material orgânico) como evidenciaram os estudos já publicados. O estudo biótico envolveu comunidades periféricas (BICUDO, 1986) e organismos de importância sanitária (MARTINS et alii, 1989) e o abiótico, parâmetros físicos (MAIER; TAKINO; CANO, 1996) e químicos (MAIER; TAKINO; MANOEL, 1992; MAIER et alii, 1995; MAIER; TAKINO; BORGES, 1996).

No presente trabalho, estudou-se o comportamento do conteúdo iônico considerando-se teores de cátions e ânions dominantes Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , as relações entre eles e as influências do clima, fisiografia da microbacia e contaminações orgânicas a que o Córrego Salto Grande está sujeito.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na região Central do Estado de São Paulo, entre abril de 1985 e agosto de 1986, período em que foram executadas medidas locais e coletas de amostras.

O clima da região Central do Estado, segundo a definição de NIMER (1977), apresenta duas estações, uma de estiagem fria (abril a setembro) e outra chuvosa quente (outubro a março). MAIER; FUNARI; SALUM (1993) mostraram que durante os três anos do estudo global (1985 a 1988), o clima regional apresentou-se atípico com períodos mais secos que o normal. As alterações climáticas provocaram, nos três anos, queda das folhas de grande parte da cobertura vegetal da microbacia.

O Córrego Salto Grande localiza-se no Planalto Central do Estado de São Paulo, na Fazenda Bela Vista, Município de Dourado. Uma descrição bastante detalhada da microbacia drenada pelo córrego foi apresentada no trabalho desta série que enfoca a fisiografia (MAIER, 1994).

O córrego percorre 1,3 km num desnível de 120 m. Nasce no Arenito Adamantino (região plana e descampada) onde a água de uma das nascentes escoar por um trecho pantanoso e a das outras duas, é drenada artificialmente. Sua bacia drena 0,52 km² dos quais 0,18 correspondem à bacia das nascentes.

A maior parte do córrego percorre camadas basálticas intercaladas com areníticas (Formação Serra Geral). Neste trecho íngreme, três anfiteatros de erosão acompanham cachoeiras sendo uma delas de 53 m de altura. Esta parte da bacia tem cobertura vegetal de mata.

No trecho a jusante, o córrego drena a Formação Botucatú, a vegetação torna-se rala e a bacia é usada para pastagem de gado bovino (vegetação de campo). O trecho mais distal drena uma área pantanosa.

Durante a pesquisa, o córrego esteve exposto à contaminação orgânica representada pelo despejo, direto e in natura, de efluentes domésticos (população flutuante que variava entre 30 e 90 pessoas/dia) e pecuários (água de lavagem de currais utilizados por gado bovino sendo, 10 a 20 bezerros e 50 a 80 animais adultos). Estes efluentes foram desviados após um ano de pesquisa. Outra importante contribuição de material orgânico foi fornecida pela degradação de folhas que se acumularam no solo da microbacia (MAIER, 1994).

A locação dos pontos de amostragem respeitou as necessidades das pesquisas sobre organismos fitoplanctônicos, perifícticos, bacterianos, fúngicos bem como sobre qualidade física e química da água. Ao longo do córrego, foram distribuídos 22 pontos de amostragem levando-se em conta suas nascentes, foz, a presença de cachoeiras e pântanos bem como a entrada de esgoto doméstico e pecuário. A descrição detalhada foi apresentada por MAIER (1994).

A coleta, preservação, preparação das amostras e as análises de laboratório seguiram as técnicas propostas por APHA (1975) e GOLTERMAN; CLYMO; OHNSTAD (1978).

Entre abril/1985 a setembro/1986, mensalmente, as amostras de água foram coletadas, acondicionadas em frascos de polietileno e mantidas em caixas de isopor para serem transportadas e processadas em aproximadamente 72 horas.

As amostras destinadas à determinações de íons dominantes constituíram-se de alíquotas de 100 ml da mistura homogeneizada da água coletadas em todos os pontos. Tais amostras compostas foram filtradas em filtro milipore AP-20 e preservadas com ácido nítrico na proporção de 1:1000 e enviadas à Seção de Química Analítica, CENA, USP

(Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo) para posterior análise.

Análises de laboratório: As amostras foram analisadas por meio de espectrômetro de emissão atômica com injeção induzida de argônio (Jarrel - Ash. Atom. Comp. Mod. 975). Para as determinações foram estabelecidos os seguintes limites mínimos de detecção: 0,01 mg/l para Cl^- , Mg^{++} e K^+ , 1,0 mg/l para SO_3^- e Ca^{++} ; e, 0,1 mg/l para Na^+ . O HCO_3^- foi calculado a partir de dados de alcalinidade, condutividade elétrica, pH e temperatura.

Interpretação dos resultados: utilizaram-se valores medianos calculados, em meq/l, através de todos os dados registrados, além de medianas calculadas para os períodos estabelecidos pelo balanço hídrico regional

publicado por MAIER; FUNARI; SALUM (1993).

Para facilitar a comparação entre as proporções dos vários parâmetros, utilizaram-se diagramas de concentração em meq/l segundo Maucha (modificado por BROCK & YAKE, 1969). Estes também foram elaborados de acordo com o estado de umidade do solo.

Utilizaram-se também as relações entre os íons dominantes (M/D) (monovalentes/divalentes), D/D e M/M em meq/l.

O diagrama de GIBBS (1970) foi utilizado para determinar-se a proveniência dos íons dominantes, dissolvidos na água do córrego. As ordens catiônicas e aniônicas foram estabelecidas pelas porcentagens (%) de cada íon frente ao total de cátions (Tz^+) e ânions (Tz^-) correspondentes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor mediano da salinidade total registrada no Córrego Salto Grande, foi de 71,83 mg/l sendo pouco menor no período de estiagem fria e maior, na estação chuvosa quente. Tais valores podem ser considerados elevados quando comparados aos dados apresentados por TAKINO & MAIER (1986) em 14 de 17 represas, do sudeste do Estado de São Paulo. Este fato podia ser esperado, uma vez que tais represas têm suas bacias hidrográficas formadas sobre rochas graníticas e gnáissicas, enquanto o Córrego Salto Grande sobre rochas areníticas e basálticas.

Segundo HUTCHINSON (1957) a somatória do teor de cátions e de ânions dominantes é usada para caracterizar ambientes aquáticos e pode ser considerada como salinidade total de tais ambientes. Aqueles que drenam rochas ígneas têm comumente salinidade inferior a 50 mg/l. Apesar de localizadas sobre rochas cristalinas, as represas

do Complexo Billings apresentam salinidade bastante superior (155, 220 e 264 mg/l), o que TAKINO & MAIER (1986) atribuíram à recepção de grande quantidade de efluentes domésticos e industriais da Grande São Paulo.

O Rio Jacaré Pepira (canal principal da bacia hidrográfica em que se insere o córrego em estudo) é formado sobre rochas areníticas e basálticas, drena uma área de 2 612,5 km² e apresenta salinidade superior a 50 mg/l no seu trecho Médio-Inferior e Inferior chegando a atingir 59 mg/l (MAIER; TAKINO; TOLENTINO, 1986).

A mesma ordem de grandeza de salinidade total foi registrada na Bacia do Rio Ribeira de Iguape por TAKINO & MAIER (1987). Encontraram valores ao redor de 58 mg/l no canal principal (mesmo no trecho do Valo Grande, separado do mar apenas por uma barragem) e no Rio Jacupiranga. Somente

no trecho da foz do rio, que desaguando no mar está sujeito à ação das marés, registraram salinidades maiores.

A Microbacia do Córrego Salto Grande, tem aproximadamente 0,52 km² apresenta topografia bastante acidentada, o que proporciona um aporte considerável de material do ecossistema terrestre para o aquático. Este aporte se acentuou no período de chuva que, no balanço hídrico regional descrito por MAIER; FUNARI; SALUM (1993) correspondeu a períodos de reposição de umidade e de excedente hídrico do solo. Os valores medianos dos teores iônicos calculados para esses períodos, respectivamente 91,27 e 83,73 mg/l, foram superiores aos registrados nos períodos de retirada e de deficiência hídrica do solo (71,75 e 67,59 mg/l, respectivamente).

A Microbacia do Córrego Salto Grande tem as mesmas feições geomorfológicas, drena os mesmos tipos de rochas e, apesar de sua pequena extensão drena a maioria das formações geológicas drenadas pela bacia maior à qual pertence. A presença de teor de íons dominantes (mediana 71,83 mg/l) mais elevado que o do Rio Jacaré Pepira talvez seja explicada pela íntima relação entre o córrego e o ambiente terrestre. Sendo um rio de primeira ordem, não possui volume de água suficiente para diluir os sais que recebe e, seu pequeno comprimento (1,3 km), não facilita a metabolização dos íons presentes na água.

Como o Córrego Salto Grande, MAIER & TOLENTINO (1986) mostraram que os demais rios que formam a bacia do Rio Jacaré Pepira, possuem fisiografia muito semelhante à do canal principal. Alternam trechos encachoeirados em áreas íngremes e trechos alagadiços e pantanosos em áreas planas.

MAIER (1987) mostrou que tais características, eram de grande importância para a manutenção da uniformidade química da água do rio principal. As cachoeiras, por

provocarem mistura e oxigenação da água, promovem grande variedade de reações químicas, oxidação e mineralização acelerada do material orgânico transportado. Nos trechos pântanosos ocorre sedimentação, redução e captação de íons dissolvidos na água pois, as áreas úmidas facilitam a adsorção de íons pela argila. Assim, havia relação direta entre a área inundada e a diminuição do teor de íons dissolvidos na água.

No caso do Córrego Salto Grande, as áreas pantanosas são pequenas (a maior é a da foz com 0,02 km²) e portanto, sua influência sobre a concentração de íons provavelmente não era grande.

Entre outros autores, TALLING & TALLING (1965), GOLTERMAN (1975a; 1975b), sugerem que deve haver uma equivalência entre os valores da concentração de cátions e ânions nas águas naturais. Tais semelhanças não foram evidenciadas no Estado de São Paulo, em rios de maior porte (MAIER, 1983, MAIER; TAKINO; TOLENTINO, 1986) ou em represas (TAKINO & MAIER 1986 e 1987).

No Córrego Salto Grande a análise da proporção entre os totais de íons de cargas positivas e negativas, mostrou uma certa equivalência, Tz+ ao redor de 55% e de Tz- de 45%, tais valores variaram de acordo com estação do ano e a umidade do solo. Registrou-se, respectivamente, 1,169 e 1,263 meq/l para Tz+; 1,235 e 1,021 meq/l para Tz- e nos períodos de reposição da água no solo e de excedente hídrico. Valores pouco inferiores foram registrados nos períodos mais secos e 1,067 e 1,020 meq/l para Tz+ e, 0,875 e 0,819 meq/l, para Tz-, respectivamente, nos períodos de retirada de umidade e de deficiência hídrica do solo.

Sendo um rio de primeira ordem, provavelmente o pequeno volume de água e sua pequena extensão (1300 m) não favorecem alterações sensíveis do teor e tipo de íons que recebe diretamente do solo. Este fato,

além de explicar o elevado teor de íons dominantes, pode explicar o equilíbrio entre cargas positivas e negativas (aproximadamente 50% de cada). Segundo MAIER; TAKINO; TOLENTINO (1986), o Rio Jacaré Pepira (6ª ordem), apresenta teor catiônico de 36,5% e aniônico de 63,5%.

A comparação entre as porcentagens dos dois ambientes, sugere que, a medida em que a água dos afluentes segue em direção ao rio principal, perde carga positiva em maior proporção que negativas. O Córrego

Salto Grande deságua no Córrego Cachoeira que é afluente do Ribeirão Bebedouro. Este último, segundo MAIER & TOLENTINO (1995), é um dos três afluentes do Rio Jacaré Pepira que alcança a 5ª ordem.

Os diagramas de Maucha construídos para o córrego em questão (FIGURA 1), mostraram predominância do íon bicarbonato seguida pelo cálcio e magnésio, concordando com as ocorrências no Rio Jacaré Pepira registradas por MAIER; TAKINO; TOLENTINO (1986).

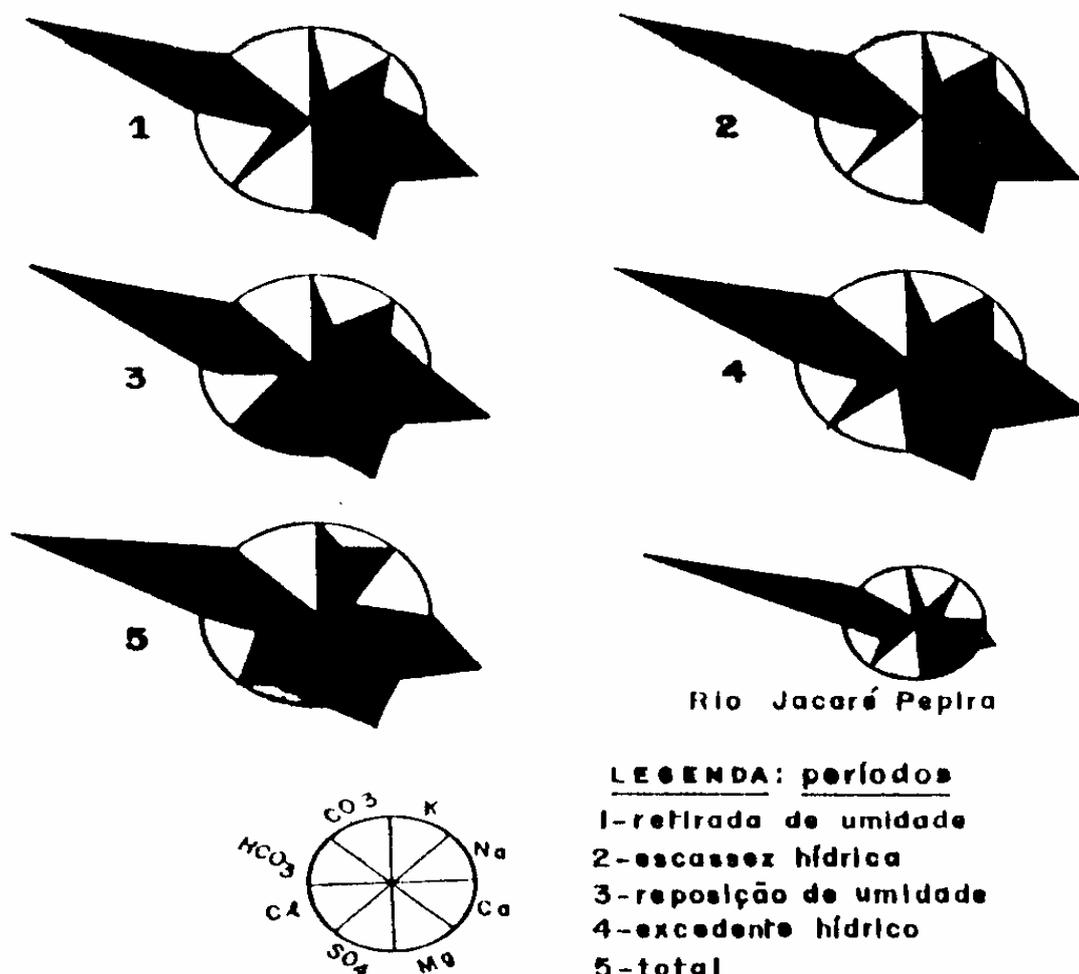


FIGURA 1 - Córrego Salto Grande - Comparação entre as representações gráficas dos conteúdos iônicos medianos calculados segundo estado de umidade do solo (1 a 4), o período estudado (5) e o registrado no Rio Jacaré Pepira. Diagrama de Maucha, modificado por BROCH & YAKE (1969). Escala: 1 mm² = 0,004 meq/l

Um estudo, realizado na Bacia do Rio Ribeira de Iguape por TAKINO & MAIER, 1987, mostrou que o bicarbonato predomina e é acompanhado pelo cálcio. Na foz deste rio, trecho sujeito às marés, há predomínio de sódio sobre bicarbonato, devido à forte influência do mar.

A comparação entre os diagramas que caracterizam o Córrego Salto Grande e aqueles que caracterizam outros rios, do Estado de São Paulo, (TAKINO & MAIER, 1986 e 1987, MAIER; TAKINO; TOLENTINO, 1986) evidencia que, dentre eles, o córrego é o ambiente de maior conteúdo iônico.

O conteúdo iônico bem como a ordem de dominância de íons catiônicos e aniônicos são outras características ambientais que têm sido usadas para descrever ambientes aquáticos. Dentre os Rios do Estado de São Paulo, o Jacaré Pepira apresenta um conteúdo de 48,81 mg/l sendo 36,25 mg/l constituído por íons dominantes. Seu teor apresenta a seguinte ordem de dominância $Ca^{++} > Mg^{++} > Na^{+} > K^{+}$ e $HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-}$ em % de meq/l (MAIER; TAKINO; TOLENTINO, 1986).

Em geral, o Córrego Salto Grande apresentou a mesma ordem catiônica encontrada para o Rio Jacaré Pepira e, em meq/l, correspondeu a 40 $Ca^{++} > 33 Mg^{++} > 16 Na^{+} > 9 K^{+}$ % (calculadas pelos valores registrados durante toda a pesquisa). Os resultados sugerem que tal ordem de dominância não dependeu da umidade do solo pois durante os dezessete meses de pesquisa, apenas três apresentaram alterações nessa ordem.

A primeira alteração ocorreu em fevereiro de 1986, quando as proporções de sódio e potássio foram as mesmas (35 $Ca^{++} > 28 Mg^{++} > 18 Na^{+} = 18 K^{+}$ %), como consequência de aumento do teor de potássio. Em março de 1986, em relação à maior parte do período, as concentrações de cálcio e magnésio diminuíram, de potássio permaneceu

entre as mais elevadas e a de sódio foi a maior. Como consequência, a ordem de dominância foi alterada para $Ca^{++} > Na^{+} > Mg^{++} > K^{+}$ %, respectivamente 32 > 29 > 26 > 11 %.

Em junho/1986, um aumento no teor de potássio alterou a dominância para $Ca^{++} = Mg^{++} > Na^{+} > K^{+}$, respectivamente, 39=39>14>8 %. O balanço hídrico elaborado por MAIER; FUNARI; SALUM (1993), mostrou que nas duas primeiras datas havia excedente hídrico no solo e que em junho, ocorria retirada de umidade do solo.

Quanto à composição aniônica da água do córrego, o SO_4^{-} só foi encontrado em oito dos dezessete meses de pesquisa. Entre estes, apenas dois apresentaram concentrações superiores às de cloreto o que alterou a ordem de dominância aniônica para $HCO_3^{-} > SO_4^{-} > Cl^{-}$. Esta ordem, ocorreu em novembro de 1985 (69>23>8 %) e em fevereiro de 1986 (63>19>18 %). No primeiro caso, em situação de reposição da umidade que havia sido perdida durante um período de quatro meses de retirada de umidade do solo seguido por três meses de deficiência hídrica. Na segunda vez, ocorreu no período de excedente hídrico que se seguiu, período este que havia sofrido pequena interrupção em janeiro. Nos demais meses, a ordem HCO_3^{-} prevaleceu o que refletiu-se na proporção calculada para os teores medianos (85 $HCO_3^{-} > 12 Cl^{-} > 3 SO_4^{-}$ %).

Considerando-se os valores medianos calculados segundo o estado de umidade do solo descrito por MAIER; FUNARI; SALUM (1993), na estação chuvosa, observou-se as seguintes proporções: 79 $HCO_3^{-} > 14 Cl^{-} > 7 SO_4^{-}$ (período de excedente hídrico) e 69 $HCO_3^{-} > 23 SO_4^{-} > 8 Cl^{-}$ (reposição da umidade). Com a ausência de SO_4^{-} a ordem de dominância mudou para $HCO_3^{-} > Cl^{-}$ durante a estiagem, tanto nos períodos de retirada de umidade (88 > 12) como no de deficiência hídrica (89 > 11 %).

Os dados do balanço hídrico apresentados por MAIER; FUNARI; SALUM (1993) e as ocorrências de SO_4 dissolvido na água do Córrego Salto Grande, sugerem que a liberação deste ânion pelas rochas e solo da bacia ocorreu, principalmente, em situações em que as chuvas se seguiram a períodos de retirada de umidade do solo. Tal registro pode indicar que o lençol freático era a maior fonte de SO_4 para o córrego Salto Grande. Quando, durante algum tempo, a chuva é fraca ou ausente o enriquecimento iônico de um rio é realizado, principalmente, pela água subterrânea. Esta, permanecendo longo tempo em contato com a rocha, torna-se relativamente mais rica em compostos dissolvidos (GOLTERMAN, 1975a; 1975b). A evaporação pode favorecer o enriquecimento iônico.

Utilizando diagrama ternário, como técnica de demonstração de qualidade de rios da Bacia Amazônica, STALLARD & EDMOND (1983) estabeleceram campos (em determinados diagramas) que poderiam sugerir a origem de ions dissolvidos na água. No diagrama que utiliza concentrações de Ca^{++} , Mg^{++} , SO_4^- e alcalinidade carbonato, estabeleceram uma área que descreve rios que drenam sedimentos marinhos. No mesmo trabalho, tais autores mostram que a água destes rios, possui Tz^+ entre 0,450 e 3,000 meq/l.

Coincidentemente, o conteúdo catiônico do Córrego Salto Grande, bem como a demonstração diagramática, apresentam as mesmas características. Entretanto STALLARD & EDMOND (1983) mostraram que águas com essas características apresentam altos níveis de Ca, Mg, alcalinidade-carbonato e SO_4 o que não é o caso do Córrego Salto Grande.

O total de sais dissolvidos e as relações em peso $\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Ca}^{++})$ e $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ foram usadas por GIBBS (1970) para elaborar um diagrama representativo dos mecanismos responsáveis pelo controle da composi-

ção química de corpos d'água do mundo. Segundo tal diagrama, a composição da água do Córrego Salto Grande é controlada, essencialmente, por rochas pois o total iônico variou entre 53 e 101 mg/l e as referidas relações catiônicas entre 0,24 e 0,40, e aniônicas entre 0,06 e 0,14 (FIGURA 2). Gibbs mostrou que o Rio Amazonas, por exemplo, tem esse mesmo tipo de controle de qualidade da água pois 85% de seus sais dissolvidos provém dos Andes.

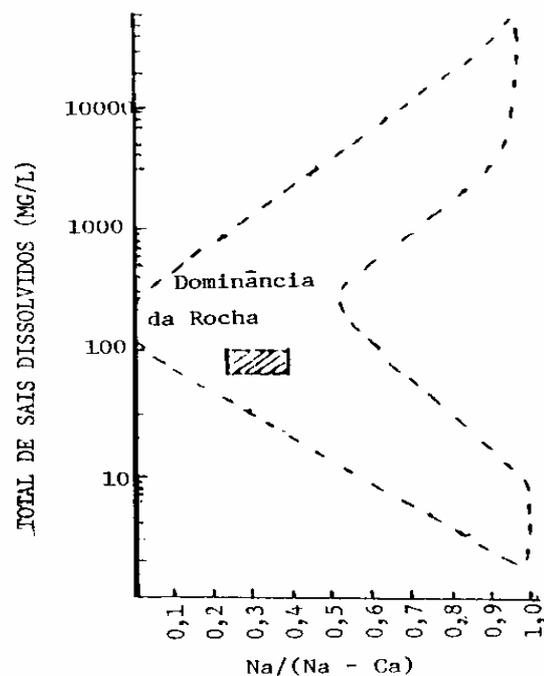


FIGURA 2 - Córrego Salto Grande - Representação aproximada da posição da composição iônica (hachurada) registrada entre abril/85 e outubro/86, diagrama segundo GIBBS (1970)

Ambientes cuja qualidade da água é controlada essencialmente por rochas encontram-se mais ou menos em equilíbrio com as rochas e solos da bacia, sua principal fonte de sais dissolvidos. Nesse caso, a posição no diagrama, do grupo dominado

pela influência das rochas, depende do relevo, clima e composição dos materiais de cada bacia (GIBBS, 1970). LOUVRIER & SZIKSZAY (1974) mostraram que a água subterrânea de aquífero formado em rocha basáltica apresenta o valor da relação Mg^{++}/Ca^{++} entre 0,6 e 1,5 e de SO_4^-/Cl^- inferior a 2. Estas últimas podem ser as de maior influência sobre a qualidade da água do Córrego Salto Grande pois a pesquisa mostrou valores da relação Mg^{++}/Ca^{++} entre 0,77 e 1,00 e da relação SO_4^-/Cl^- , inferior a 2 (exceção feita a novembro de 1986). Segundo MAIER (1994) a Microbacia do Córrego Salto Grande drena rochas areníticas e basálticas.

O clima pode exercer influência indireta sobre a composição da água. Este pode ter sido o caso do Córrego Salto Grande, cujo clima atipicamente seco, durante o período da pesquisa, provocou o desfolhamento da vegetação de mata que cobre a maior parte da microbacia. As folhas mortas acumularam-se por toda a bacia, inclusive no canal do córrego (MAIER, 1994).

A degradação da matéria orgânica, representaria mais uma fonte de SO_4^- para a água do córrego. A presença de oxigênio na água em concentração relativamente alta, evidenciada por MAIER TAKINO; BORGES (1995), poderia resultar na formação de SO_4^- durante a decomposição daquele material. Esse mesmo processo também pode representar fonte de outros íons dominantes.

O material existente na zona hiporheica pode representar uma outra fonte de íons. Segundo SABATER & VILA (1991) essa zona tem regime dinâmico; durante os períodos de vazão elevada, a água move-se do canal do rio para a zona hiporheica e quando a vazão é baixa, a água subterrânea aflui desta para o canal.

As afirmativas de GOLTERMAN (1975a; 1975b), LOUVRIER & SZIKSZAY (1974),

MAIER (1994), GIBBS (1970) e SABATER & VILA (1991) acima citadas e os resultados registrados no Córrego Salto Grande (já mencionados) sugerem que, a qualidade da água do córrego foi determinada pela litologia da bacia hidrográfica e seu comportamento esteve sujeito a influências climáticas diretas e indiretas.

Assim como a relação N/P (nitrogênio/fósforo totais), as relações M/D, M/M e D/D, entre os íons dominantes, mono e divalentes, também são importantes para o desenvolvimento de comunidades aquáticas. São calculados em meq/l e seus resultados variam com o ambiente. Geralmente apresentam variações relacionadas ao estado de poluição e à proximidade do mar ao ambiente considerado.

Os valores das relações $(Na^+ + K^+) / (Ca^{++} + Mg^{++})$ e $(Na^+ + K^+) / Ca^{++}$, podem elevar-se com a proximidade do mar como ocorre no Rio Ribeira de Iguape em seu último trecho de 45 km. Em ambiente muito contaminado por efluentes domésticos e industriais como a Represa Rio Grande, a primeira dessas relações, pode apresentar valores superiores ao observados na região da foz daquele rio. Ambientes distantes do mar ou pouco poluídos não parecem apresentar padrões de comportamento (TABELA 2).

O Rio Jacaré Pepira, tem sua bacia, aproximadamente, 300 km distante do mar e a relação $(Na^+ + K^+) / (Ca^{++} + Mg^{++})$ apresenta valor intermediário aos registrados no Rio Ribeira de Iguape (TABELA 2). Entre os valores demonstrados nessa tabela, o menor foi o registrado no Córrego Salto Grande, pertencente a essa mesma bacia.

A relação $(Na^+ + K^+) / Ca^{++}$, pode apresentar valor elevado em ambiente poluído mas, mesmo em caso de poluição acentuada (como na Represa Rio Grande, Complexo Billings), esse valor não ultrapassa os de ambientes próximos à foz. Na bacia do

Jacaré Pepira, tanto no canal principal quanto no Córrego Salto Grande, ocorreram valores inferiores aos registrados no Rio Ribeira de Iguape, inclusive na região mais afastada do mar (TABELA 2).

A Comparação dos valores de ambas relações, $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$ e $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/\text{Ca}^{++}$, registrados no Córrego Salto Grande com o Balanço hídrico regional estabelecido por MAIER & FUNARI (1996) sugeriu variações relacionada ao estado de umidade do solo. Os menores valores foram registrados no início do período de estiagem-fria, ocasião em que ocorria retirada de umidade do solo. O decorrer dessa estação climática acarretou deficiência hídrica do solo e aumento dos valores dessas relações. Tais valores não sofreram alterações sensíveis com o início da estação chuvosa-quente com conseqüente reposição de umidade do solo. Com a continuação das chuvas, ocorreu excedente hídrico no solo e os valores das duas relações elevaram-se atingindo seus máximos (TABELA 1).

Tratando-se da relação $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) / \text{Mg}^{++}$, é grande a disparidade entre os valores apresentados por ambientes poluídos e não poluídos. A represa acima mencionada, apresenta valores superiores a dez enquanto o Rio Ribeira de Iguape, e no Rio Jacaré Pepira, inferiores a cinco, o mesmo ocorrendo com o córrego em estudo (TABELA 2).

O valor encontrado no Córrego Salto Grande sugeriu que a contaminação orgânica, que o córrego recebe, não era suficiente para interferir na relação $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/\text{Mg}^{++}$. A relação parece sujeita a alterações climáticas; durante a estação chuvosa-quente, seu valor aumentou do período de reposição de umidade do solo para o de excedente hídrico. Este valor máximo reduziu-se durante a retirada de umidade do solo e provavelmente por influência do lençol freático, voltou a elevar-se no período de deficiência hídrica (TABELA 1).

As relações K^+/Na^+ , apresentam comportamento similar quando sujeitas à

influência marinha ou à contaminação por esgotos domésticos. Neste caso, talvez devido à presença de NaCl nos efluentes, o que pode elevar o teor do íon sódio. No Rio Ribeira de Iguape, seus valores menores ocorreram na região da foz. Nesse local, o valor é relativamente semelhante aos registrados na Represa de Rio Grande. No Rio Jacaré Pepira, a contaminação por efluentes domésticos é relativamente baixa e o valor da relação K^+/Na^+ , é maior (TABELA 2).

No Córrego Salto Grande, a relação K^+/Na^+ apresentou um valor mediano semelhante ao registrado no Rio Jacaré Pepira. A relação apresentou alguma sazonalidade pois seus valores, no período de estiagem, foram inferiores aos da estação chuvosa. Quando havia redução na umidade do solo, o valor mediano era menor em situação de déficit hídrico. Com a vinda das chuvas, na reposição de umidade, a relação elevou-se e atingiu seu maior valor durante o período de excedente hídrico no solo (TABELA 1).

As relações $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$ (D/D, divalente/divalente), também podem ser usadas na caracterização de ambientes aquáticos. Ao contrário da relação M/M, discutida no parágrafo anterior, a proximidade do mar e a contaminação por poluentes domésticos não têm o mesmo efeito sobre os valores registrados em ambientes limnicos.

No Rio Jacaré Pepira, a 300 km do litoral, o valor da relação $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$, é similar ao registrado no Rio Ribeira de Iguape, que corre paralelamente ao litoral Paulista a, aproximadamente, 50 km deste. Os valores registrados ao longo deste rio foram relativamente próximos. Este fato sugere que a água pulverizada do mar (spray marinho) não altera a relação. A mistura entre a água salgada e a doce, pode alterar essa relação como mostra o valor registrado no trecho da foz onde a água está sujeita à influência das marés (TABELA 2).

TABELA I
Córrego Salto Grande. Valores dos teores de ions dominantes, meq/l, e de relações entre monovalentes e divalentes M/D; M/M e D/D registrados entre abril/85 e setembro/86

ÍON	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	Tz+	Tz-	TOTAL	Na+K	Na+K	Ca	K	Ca	
DATA	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	Ca+Mg	Mg	Mg	Na	Cl	
abril/85	0,181	0,123	0,522	0,405	0,105	0,000	0,801	1,231	0,906	2,313	0,33	0,58	1,74	1,29	0,68	4,97
maio/85	0,177	0,082	0,536	0,434	0,104	0,000	0,923	1,230	1,027	2,460	0,27	0,48	1,64	1,23	0,46	5,15
junho/85	0,177	0,070	0,456	0,368	0,103	0,000	0,741	1,072	0,843	2,079	0,30	0,54	1,72	1,24	0,40	4,43
julho/85	0,204	0,095	0,432	0,346	0,096	0,000	0,708	1,077	0,804	2,037	0,38	0,69	1,84	1,25	0,46	4,51
agosto/85	0,205	0,094	0,398	0,346	0,123	0,000	0,733	1,043	0,856	2,060	0,40	0,75	1,74	1,15	0,46	3,23
setembro/85	0,168	0,094	0,392	0,330	0,086	0,000	0,739	0,984	0,825	1,972	0,36	0,67	1,70	1,19	0,56	4,54
outubro/85	0,214	0,092	0,372	0,319	0,096	0,065	0,727	0,998	0,888	2,046	0,44	0,82	1,84	1,17	0,43	3,87
novembro/85	0,205	0,133	0,453	0,377	0,095	0,284	0,856	1,169	1,235	2,592	0,41	0,75	1,74	1,20	0,65	4,75
dezembro/85	0,197	0,162	0,481	0,407	0,117	0,088	1,106	1,247	1,311	2,801	0,40	0,75	1,66	1,18	0,82	4,10
janeiro/86	0,234	0,145	0,442	0,364	0,124	0,091	0,879	1,184	1,094	2,472	0,47	0,86	1,85	1,21	0,62	3,56
fevereiro/86	0,243	0,247	0,474	0,384	0,214	0,230	0,751	1,348	1,196	2,710	0,57	1,03	1,87	1,23	1,02	2,21
março/86	0,347	0,132	0,375	0,303	0,144	0,075	0,802	1,158	1,021	2,356	0,71	1,28	2,38	1,24	0,38	2,60
abril/86	0,167	0,090	0,488	0,383	0,114	0,046	0,847	1,129	1,007	2,322	0,30	0,53	1,71	1,27	0,54	4,28
maio/86	0,183	0,084	0,515	0,406	0,123	0,000	0,832	1,189	0,955	2,327	0,29	0,52	1,72	1,27	0,46	4,20
junho/86	0,124	0,065	0,336	0,336	0,094	0,058	0,663	0,860	0,814	1,820	0,28	0,56	1,37	1,00	0,52	3,59
julho/86	0,137	0,064	0,335	0,308	0,075	0,000	0,563	0,844	0,638	1,606	0,31	0,60	1,53	1,09	0,47	4,45
agosto/86	0,116	0,093	0,421	0,356	0,087	0,000	0,678	0,986	0,765	1,900	0,27	0,50	1,51	1,18	0,80	4,86
medianas	0,183	0,094	0,442	0,364	0,104	0,023	0,751	1,083	0,878	2,127	0,34	0,63	1,71	1,21	0,51	4,24
medianas	0,177	0,083	0,442	0,365	0,1035	0	0,771	1,067	0,875	2,111	0,32	0,59	1,70	1,21	0,47	4,27
medianas	0,205	0,093	0,392	0,33	0,086	0	0,733	1,020	0,819	2,000	0,41	0,76	1,81	1,19	0,45	4,56
nov/85	0,205	0,133	0,453	0,377	0,095	0,284	0,856	1,169	1,235	2,592	0,41	0,75	1,74	1,20	0,65	4,75
medianas	0,243	0,162	0,474	0,384	0,144	0,075	0,802	1,263	1,021	2,460	0,47	0,85	1,87	1,23	0,67	3,29

Num estudo realizado em 17 represas do Estado de São Paulo, aquelas menos contaminadas por poluentes domésticos apresentaram valores de Ca^{++}/Mg^{++} , inferiores a dois. Nos ambientes mais sujeitos à contaminação essa relação era de aproximadamente dois. Já nas represas do Complexo Billings, muito contaminadas por esgotos domésticos, a relação era pouco superior a três (TAKINO & MAIER 1986). Em estudos posteriores, uma destas represas a Rio Grande, apresentou valor ainda maior (TABELA 2).

Segundo MAIER (1994), durante o período chuvoso de 1985/86 o número de

pessoas que lançavam os despejos no Córrego Salto Grande, foi maior (período de férias) e, após o primeiro ano, o esgoto pecuário deixou de ser lançado ao córrego. Tal alteração não provocou variações na relação Ca^{++}/Mg^{++} cujo valor foi similar ao de ambientes não poluídos mostrando-se independente da recepção ou não dos efluentes orgânicos. O maior valor ocorreu no período de excedente hídrico e o menor quando o déficit hídrico foi alcançado. A proximidade dos valores da relação evidenciou que seu comportamento apresentou-se quase sem variações ao longo do tempo.

TABELA 2

Córrego Salto Grande. Valores das relações entre ions dominantes M/D (monovalente/divalente), M/M e D/D registrados em ambientes lóticos e lênticos do Estado de São Paulo. Rio Ribeira de Iguape (a e b)= locais 45 Km a montante da foz; (c) = muito próximo à foz; (d)= na foz

ÍON/ÍON	Tz+	Tz-	Na+K	Na+K	Na+K	Ca	K	Ca	Referências
Ambiente	meq/l	meq/l	Ca+M	Ca	Mg	Mg	Na	Ca	
								Ci	
Córrego Salto Grande	1,08	0,88	0,34	0,63	1,71	1,21	0,51	4,24	presente trabalho
Rio Jacaré Pepira	0,3	0,52	0,68	0,58	0,72	1,25	0,66	1,94	MAIER;TAKINO;TOLENTINO 1986 b
Rio Ribeira de Iguape (a)	0,78	0,7	0,44	0,72	1,12	1,54	0,2	2,42	TAKINO & MAIER 1987
Rio Ribeira de Iguape (b)	0,76	0,69	0,37	0,61	0,95	1,56	0,22	3,33	Idem
Rio Ribeira de Iguape (c)	1,4	1,38	1,23	3,97	2,73	1,22	0,07	0,48	Idem
Rio Ribeira de Iguape (d)	2,81	1,86	2,32	4,92	4,52	0,89	0,01	0,35	Idem
Represa Rio Grande (79/80)	2,82	2,1	2,48	3,07	12,9	4,22	0,06	0,57	TAKINO & MAIER 1986 a
Represa Rio Grande (82/83)	1,86	1,79	2,46	2,91	15,17	5,17	0,04	0,35	TAKINO & MAIER 1986 b

4. CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou que durante a realização da pesquisa, a qualidade da água do Córrego Salto Grande foi determinada pela litologia da bacia, principalmente pela rocha basáltica, provavelmente, sem interferência da contaminação orgânica a que estava sujeita. O clima regional teve papel

secundário e ocorreram alterações relacionadas ao estado de umidade do solo.

O córrego apresentou um teor iônico mais elevado que o do canal principal da Bacia do Rio Jacaré Pepira, à qual pertence. Ao contrário desse canal o total de cátions dominantes foi semelhante ao de ânions

mas a ordem de dominância iônica predominante foi a mesma $Ca^{++} > Mg^{++} > Na^{+} > K^{+}$ e $HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{--}$.

As relações entre íons monovalentes e divalentes, M/D, M/M e D/D foram simi-

lares às registradas no canal principal e seus valores reforçaram a hipótese de que os esgotos domésticos e pecuários não influíram sobre os teores dos íons dominantes.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio sob forma de bolsas e auxílios à pesquisa e a Pedro Dias de Aguiar,

proprietário da Fazenda Bela Vista, pelo apoio e colaboração na execução deste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION 1975 *Standard methods for the examination of water and waste-water*. 14th ed. New York: 1193 p.
- BICUDO, D. de C. 1986 Perifíton do Córrego do Agrião, Dourado, São Paulo: Nota prévia. IN: XXXVII CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA Ouro Preto, MG, Brasil. Univ. Fed. Ouro Preto/Soc. Botânica do Brasil. (19 a 26/01/1986). *Resumos do XXVII* ...p.
- BROCH, E.S. & YAKE, K. 1969 A modification of Maucha's ionic diagram to include ionic concentrations. *Limnol. Oceanogr.*, 14 (6): 933-51.
- GIBBS, R.J. 1970 Mechanism controlling world water chemistry. *Science*, 170: 1088 - 90.
- GOLTERMAN H.L. 1975a Chemical composition In: GOLTERMAN, H.L. *Physiological limnology. An approach to the physiology of lake ecosystems*. Elsevier Scientific Publishing Company. New York: 24- 43.
- _____; 1975b Chemistry In: WHITTON, B:A: *River ecology*. London. Blad Kwell Scientific Publications: 39-80.
- _____; CLIMO R.S.; OHNSTAD, M.A.M. 1978 *Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*. 2 ed. BlacKwell Scientific Publications london: 213 p.
- HUTCHINSON, G.E. 1957 The inorganic ions of rain, lakes and rivers. In: HUTCHINSON, G.E. *A treatise on limnology*. New York, John Wiley & Sons. Inc.: 541-47.
- HENRY, R. 1992 A exportação de nutrientes e material em suspensão em alguns cursos de água da Bacia do Alto Paranapanema (Estado de São Paulo). *Acta Limnol. Brasil.*, IV: 67-79.
- LOUVRIER, M. & SZIKSZAY, M. 1974. Reavaliação hidroquímica da região de Casablanca, Marrocos. *Boletim IG, Instituto de Geociências, USP*, 5: 33-45.
- MAIER, M.H. 1987 Ecologia da Bacia do Rio Jacaré Pepira (47°55' - 48°55'W e 22°30' - 21°55' S Brasil): Qualidade da água do rio principal. *Ciência e Cultura*, 39 (2): 164-85.
- _____. 1994 Fisiografia da microbacia do Córrego Salto Grande 22°09'S e 48°19'W. Dourado, SP, Brasil e sua influência sobre a qualidade da água. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 21: 23-33.
- _____; FUNARI, F.; SALUM, S.T. 1993 Balanço hídrico da sub-bacia do Córrego Salto Grande (22°09'S, 48°19'W; Dourado, SP), Bacia do Rio Jacaré Pepira, Brasil. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 20 (único): 103 - 13.
- _____; TAKINO, M.; BORGES, S. 1996 Oxigênio, DBO e oxidabilidade na microbacia

MAIER, M.H.; TAKINO, M.; VIEIRA, M. da S. 1996 Ions dominantes na microbacia do Córrego Salto Grande: 22°09'S e 48°19'W, Dourado, SP, Brasil. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 23 (único): 55-68.

-
- do Córrego Salto Grande 22°09'S e 48°19'W, Dourado, SP, Brasil. *B. Inst. Pesca*, 23 (único): 149-70.
- MAIER, M.H.; TAKINO, M.; CANO, C.B. 1996 Temperatura, cor e turbidez na microbacia do Córrego Salto Grande 22° 09'S e 48°19'W, Dourado, SP, Brasil. *B. Inst. Pesca*, 23 (único): 117-34.
- _____ ; MANOEL, A.M. dos S. 1992 Amônia, nitrito, nitrato e ortofosfato na microbacia do Córrego Salto Grande, 22°09'S e 48°19'W, Dourado, SP, Brasil. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 19 (único): 23-38.
- _____ ; MIYAMARU, L. 1990 A composição da água da chuva e sua contribuição para ambientes aquáticos. (Microbacia do Córrego Salto Grande 22°9'S e 48°19'W). *Acta Limnológica Brasiliensis*, 4: 247-54.
- _____ ; TOLENTINO, M. 1986b Ecologia da Bacia do Rio Jacaré Pepira: íons dominantes (Brasil). *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 13 (1): 135-151.
- _____ & TOLENTINO, M. 1986 Ecologia da Bacia do Rio Jacaré Pepira (47°55' - 48°55'W e 22° 30' - 21°55' S): Fisiografia (geomorfologia, geologia, pedologia e hidrologia e uso do solo). *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 13 (1): 121-33.
- MARTINS, M.T.; GAMBALE, W.; PAULA, C.R.; PELLIZARI, V.H.; MATSUMOTO, E.F.; RIBEIRO, G.; MALATEAUX, S.; MAIER, M.H. 1989 Utilização de bactérias e fungos como indicadores na avaliação de fatores fisiográficos que interferem nos processos de autodepuração de um córrego sub-tropical. *Rev. Microbiol.*, São Paulo, 20 (3): 278-91.
- NIMER, E. 1977 Clima. In: IBGE, *Geografia do Brasil*. IBGE, Rio de Janeiro: 51-89.
- PAYNE, A. I. 1986 *The Ecology tropical Lakes and Rivers*. Jhon Wiley & Sons Ltd. 301p.
- SABATER, F. & VILA, P.B. 1991. The hyporheic zone considered as an ecotone. *Oecologia aquatica*, 10: 35-43.
- STALLARD, R.F. & EDMOND, J.M. 1983 Geochemistry of the Amazon 2. The influence of geology and wethering environment on the dissolved load. *Journal of research*, 88: 9671-88.
- TAKINO, M. & MAIER, M.H. 1986 Limnologia de reservatórios: proporções entre os principais ions e sua relação com a biomassa do fitoplâncton (Clorofila a) em 17 reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. In: BICUDO, C.E. de M.; TEIXEIRA, C.; TUNDISI, J.G. 1986 *Algas: a energia do amanhã*: 163-28.
- _____ ; _____ 1987 Ecologia do Rio Ribeira de Iguape: I conteúdo iônico e Clorofila a. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 14 (único): 11-24.
- TALLING, J.F. & TALLING, I.B. 1965. The chemical composition of African lake waters. *Inst. Revue. Ges. Hydrobiol.*, 50 (3): 421-63.