Aspectos limnológicos do lago Grande do Jutaí (Amazônia Central), face as alterações químicas do meio hídrico da região (*)

Umberto de Menezes Santos (**)

Resumo

As condições limnológicas no lago Grande do Jutaí, na Amazônia Central, são determinadas principalmente pelo rio Solimões. O lago é conectado com o rio durante quase todo o ano e suas flutuações, conseqüentemente, atingem diretamente o lago. As mudanças de nível de água, somam uma amplitude de 9 a 10 metros, anualmente. De janeiro/junho encontra-se cheio com água do rio e chuva, e de julho a dezembro, encontra-se rebaixado. Estas flutuações em seu nível, são as principais responsáveis pelas grandes variações físicas, químicas e biológicas ocorridas em seu meio. Os meses de maio, junho, julho, agosto e, às vezes setembro, como observamos no ano de 1974, são considerados críticos para os peixes, face às pequenas concentrações de oxigênio dissolvido. Estas baixas concentrações de oxigênio, são devidos a fenômenos de estagnação (favorecendo a formação de H_2S e redução de oxigênio) ou de turbulência (ocasionando a elevação do gás até a região do Epilimineo e conseqüentemente, a redução do oxigênio). Dos elementos mais importantes para a ictioflora e fauna, o fósforo foi o mais deficitário. Embora seja anualmente incorporado ao lago, pelo influxo da água do rio. O rio Solimões fertiliza os lagos durante a enchente e ao mesmo tempo, refertiliza-se, no período do rebaixamento com o retorno das águas, face a fenômenos de remineralização.

Introdução

O presente trabalho analisa os processos mais importantes do comportamento limnológico de um grande lago de várzea, o Jutaí, bem como as conseqüências de suas alterações. Seu propósito é também fornecer informações adicionais para possíveis estudos da biologia hídrica e, especialmente, da piscicultura. Particular ênfase é dada ao problema do oxigênio e gás sulfídrico, bem como de muitas substâncias dissolvidas que são de especial importância como nutrientes de plantas, da tamponação química, e das flutuações sazonais desses fatores.

Já há alguns anos, estas informações vêm sendo enriquecidas com os trabalhos de Junk (1973) e Schmidt (1973), com uma contribuição considerável para melhores conhecimentos limnológicos destes lagos da Amazônia Central.

Este grande lago do Jutaí, como também várias centenas de outros da mesma Região, são estritamente dependentes do rio Solimões, e assumem um papel de real importância no constante progresso e desenvolvimento da Amazônia, pela riqueza de seus elementos para flora e fauna regional.

Tendo em vista a riqueza de sua flora e fauna, principalmente a piscícola, deveria ser preservado para reserva biológica devendo de imediato, ser proibida qualquer atividade exploratória.

Descrição do local das pesquisas e suas condições ambientais

O lago Grande do Jutaí está localizado aproximadamente a 90 km a sudoeste de Manaus, na margem direita do rio Solimões. Sua localização é mostrada na fig. 1. Pertence a um grupo de lagos da região do Janauacá e, normalmente, está em conexão direta com o rio durante todo o ano através de um comprido canal denominado "Paraná do Caraipé". Somente durante uma extrema estiagem esta conexão ou paraná é interrompida. A dimensão relativa do lago Grande do Jutaí, muda consideravelmente, dependendo do nível de suas águas (cf. fig. 2). O máximo valor para a superfície da área inundada correspondendo ao maior nível de água, é estimado em 11 km² e a mínima é de 4 km².

(*) — Trabalho apresentado como Dissertação à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Mestre em Energia Nuclear na Agricultura.

(**) — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

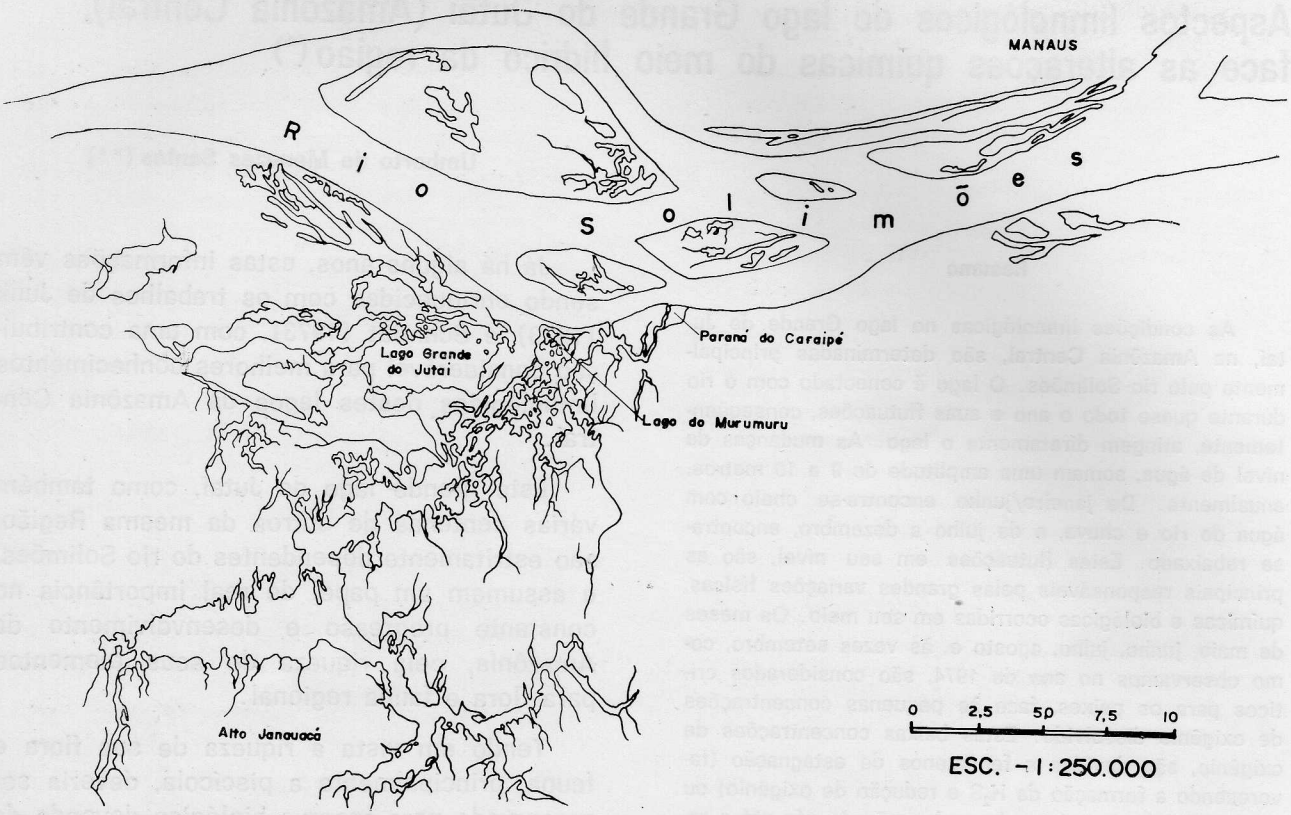

Fig. 1 — Localização geográfica do lago Grande do Jutaí.

As condições climáticas são idênticas às de Manaus: clima quente úmido, chuva tropical, com um pequeno período seco, que normalmente ocorre nos meses de agosto a outubro. A duração e intensidade do período seco pode variar com quedas de chuvas durante o período (média de 80 mm para cada mês na região do Janauacá), considerando-se o total médio anual de 2.300 mm.

Com o nível de água baixa ou extrema seca, o lago Grande do Jutaí chega a ficar com 80 cm de água, aparecendo as depressões feitas pelos pirarucus *(Arapaima gigas)* para desovar. O máximo de profundidade alcançado no curso do ano das pesquisas, foi de 9 metros no mês de junho e o mínimo, de 3 metros, no mês de novembro.

Na área ao redor de Manaus, semelhante à região estudada, a amplitude média anual do nível da água alcança 10-11 metros Schmidt (1973). No ano normal, o rio baixa até começo de dezembro, e após alguns dias de pausa, 3-4 dias, começa a subir até fins de junho, quando retorna a baixar.

Durante o ano, o nível da água do lago Grande do Jutaí flutua também consideravelmente, e de maneira semelhante ao rio Negro, em Manaus. Após receber água do rio Solimões no mês de janeiro, ocorre uma estabilização de maneira semelhante à do rio Negro. Este paralelismo, naturalmente não é estável, tendo em vista as condições locais do lago em relação ao rio Negro, pois as precipitações ou pequenas estiagens podem fazer variar o seu nível em 10 ou 20 cm por dia, como no mês de setembro. Isto pode ser facilmente observado, no movimento da água no paraná de entrada do lago.

O vento, na região, com predominância do Este e Norte, às vezes, sopra da direção Sul, como nos meses de maio, junho, julho e começo de agosto. Em geral a velocidade do vento

é relativamente baixa, porém, pode em ocasiões, crescer repentinamente (setembro, outubro e novembro) com alguns instantes de solitárias borrascas antecedidas por um "vento singular", e que recebe o nome vulgar na região de "vento geral".

As terras do sul do lago, são formadas por terra-firme, assim chamadas por serem altas e nunca alcançadas pelas enchentes; constituem a maior parte das terras desta região. São bastante irregulares e possuem profundos atalhos e penínsulas.

A leste, existe extenso igapó de várzea e no seu interior, grandes tapagens tornando difícil a locomoção. Estas tapagens são devidas ao capim flutuante, principalmente o *Paspalum repens* e *Salvinia auriculata.*

Ao norte, estão as terras de várzea e extensos igapós com várias espécies de capim flutuante. Na fronteira do igapó com o lago, tapetes flutuantes de *Oryza perennis, Paspalum repens, Laercia Hexandra, Cyperus spec*, e *Utricularia spec*. Dentro do igapó e próximo à margem da várzea, *Oryza perennis, Eichornia crassipes, Reussia rotundifolia, Pistia strativides, Neptunia oleracea, Salvinia auriculata* e em raros locais, *Azolla spec, Jussiaea natans, Phyllantus fluitans, Ceratopteris spec* e *Paspalum repens.*

A oeste, extenso campo de capim flutuante predominando o *Paspalum repens* e *Oryza perennis*. Após uns 2 km de capim flutuante e igapó, é abundante a *Utricularia spec* e a *Vitória Régia.*

Procedimentos dos estudos

As investigações começaram em janeiro de 1974 e continuaram até dezembro do mesmo ano, isto é, um ciclo completo entre os períodos de cheia e vazante dos lagos pela água do rio Solimões.

O rítmo para procedimento das coletas inviduais e condução de vários testes e medições de perfís, foram ajustados de conformidade com as condições do tempo, no local. Para as informações climatológicas atuais, para idênticas condições, tomaram-se os valores da Estação Meteorológica da Reserva Florestal Ducke km 26 da Rodovia Torquato Tapajós (Lat. 02º 55' e LOG. 59º 55' W) pertencente ao INPA, o que é mostrado na figura 3.

Para o regime de água, baseamo-nos nas leituras feitas no rio Negro no Porto de Manaus (ver fig. 4). Este regime é muito dependente das condições de precipitação na região Amazônica. A irregular distribuição de precipitação, como pode ser visto na figura 4, faz com que haja uma grande flutuação do nível do rio Solimões, e com isto, ocorra enchentes e secas nas várzeas.

Materiais e métodos

As amostras d'água que foram colhidas de janeiro a dezembro de 1974, no meio do lago Grande do Jutaí, da Amazônia Central e na região do igapó, em perfís de metro em metro. Foram obtidas com a garrafa tipo Ruttner (de

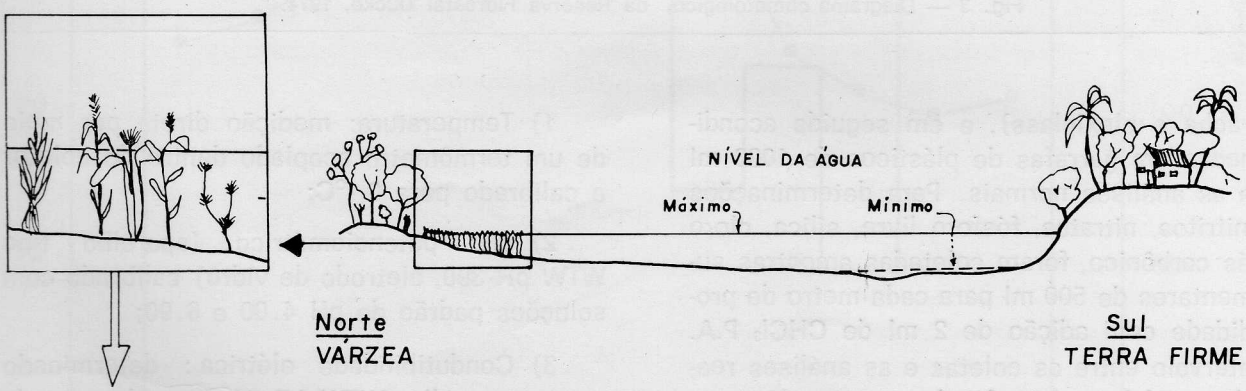

Fig. 2 — Perfil esquemático de um lago de várea, da margem direita do rio Solimões, na Amazônia Central.

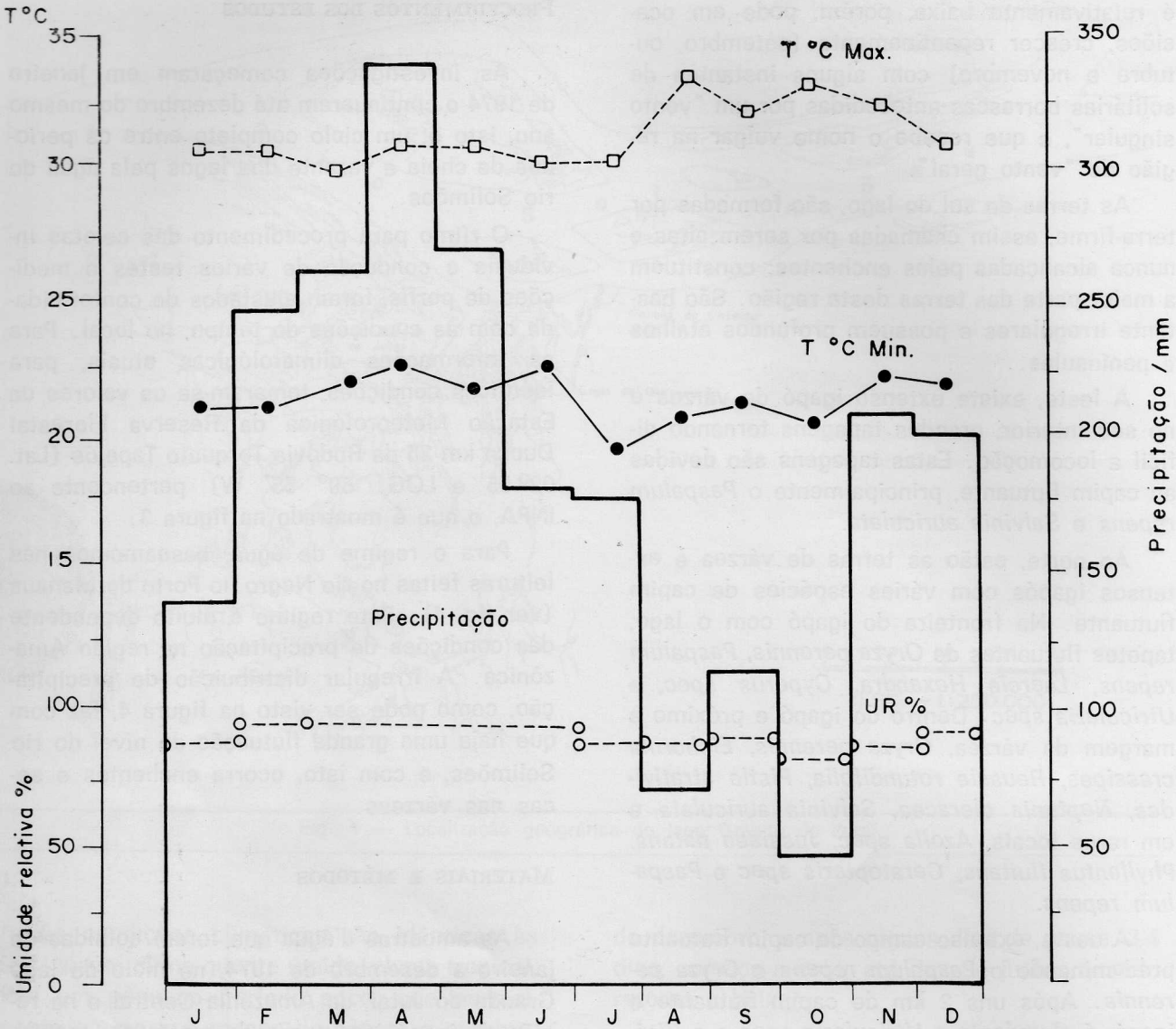

Fig. 3 — Diagrama climatológico, da Reserva Florestal Ducke, 1974.

borracha e plexiglass), e em seguida acondicionadas em garrafas de plásticos de 1000 ml para as análises normais. Para determinações de nitritos, nitratos, fósforo livre, sílica, cloro e gás carbônico, foram coletadas amostras suplementares de 500 ml para cada metro de profundidade com adição de 2 ml de $CHCl_3$ P.A. O intervalo entre as coletas e as análises realizadas no laboratório, foi de aproximadamente 48 horas.

As determinações foram realizadas pelos seguintes métodos e aparelhagem :

1) Temperatura: medição direta por meio de um termômetro acoplado dentro do coletor e calibrado para 0,1°C;

2) pH: potenciométrico (aparelho tipo WTW pH 390, eletrodo de vidro) calibrado com soluções padrão de pH 4.00 e 6.90;

3) Condutibilidade elétrica : determinado com o aparelho WTW LF 54 com eletrodo de Pt. Os resultados são expressos em condutibilidade específica; K_{20} = uS/cm e ajustado para 20°C.

4) Cálcio: titrimétrico com Complexon III e indicador HHSSNN;

5) Magnésio: titrimétrico com Complexon III e ERIO T como indicador, tem-se Ca + Mg; o cálculo de Mg é feito por subtração dos valores de Cálcio como obtido em 4;

6) SBV (alcalinidade): titrimétrico com HCl 0.01 N, usando como indicador uma mistura de metil vermelho e bromocresol verde; para o cálculo de HCO^-_3, multiplica-se 61 com o valor da alcalinidade encontrada;

7) Fósforo livre (P/PO_4^{-3}): segundo método de Ambuehl e Schmid (1965) modificado para o familiar Azul de Molibdênio;

8) Fósforo total: fotométrico (segundo méde Eawag);

9) Nitrito e Nitrato: fotométrico (segundo o método de Grasshoff, 1964); NO^-_3 é reduzido com amálgama de cádmio para NO^-_2;

10) Amônia (NH^+_4): determinado por destilação e Nesslerização (IBP Handbook, 1971 nº 8);

11) Nitrogênio de Kjeldahl: usou-se como catalizador H_2O_2 ou Se, para acelerar a digestão do material orgânico, sob temperatura controlada;

12) Nitrogênio orgânico: Calculado como as diferenças entre (N-Kj)—(N-NH^+_4);

13) Nitrogênio total: calculado como a soma das frações (N-Kj) + (N-NO^-_2) + (N-NO^-_3);

14) Cloro em forma de cloretos: segundo método de IBP Handbook, 1971 nº 8;

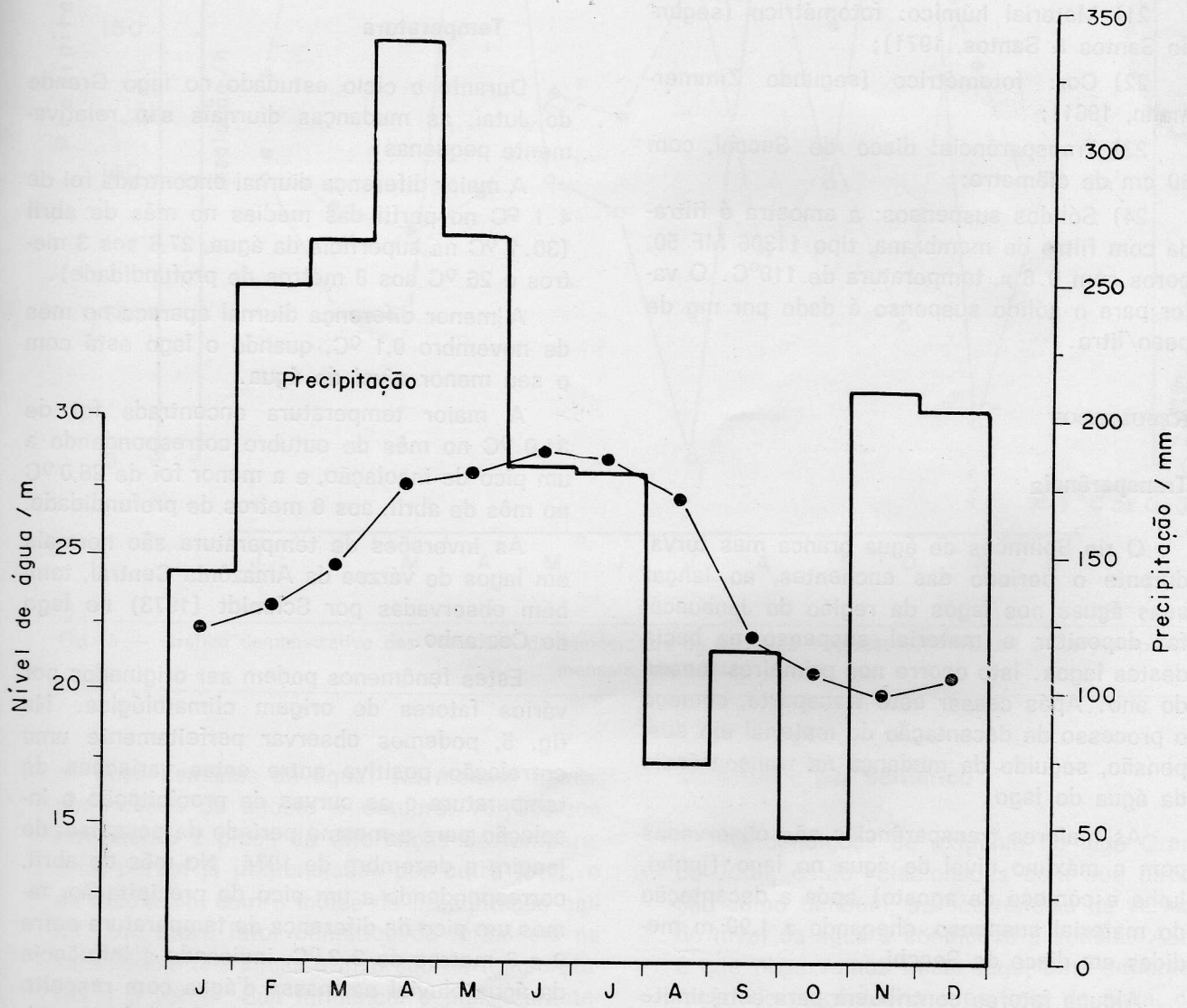

Fig. 4 — Valores do nível de água no rio Negro, e média mensal da precipitação, na Reserva Florestal Ducke de 1974.

15) Ferro total: oxidação do ferro divalente para trivalente a quente, ácido nítrico concentrado, e determinado fotometricamente com KSCN;

16) Sílica como silicatos: fotométrico (segundo método de Zimmermann, 1961);

17) Oxigênio dissolvido: clássico método de Winkler;

18) Demanda química do Oxigênio: titrimétrico (usando-se $KMnO_4$ como oxidante);

19) Gás carbônico: determinado por titulação com HCl 0,01 N (segundo método de Ohle, 1957);

20) Gás sulfídrico: método iodimétrico (segundo método de IBP Handbook, 1971 nº 8) e fotométrico (segundo Freier, 1964);

21) Material húmico: fotométrico (segundo Santos & Santos, 1971);

22) Cor: fotométrico (segundo Zimmermann, 1961);

23) Transparência: disco de Secchi, com 30 cm de diâmetro;

24) Sólidos suspensos: a amostra é filtrada com filtro de membrana, tipo 11306 MF 50, poros com 0.6 μ, temperatura de 110°C. O valor para o sólido suspenso é dado por mg de peso/litro.

Resultados

Transparência

O rio Solimões de água branca mas turva, durante o período das enchentes, ao lançar suas águas nos lagos da região do Janauacá, faz depositar o material suspenso na bacia destes lagos. Isto ocorre nos primeiros meses do ano. Após cessar este transporte, começa o processo de decantação do material em suspensão, seguido da mudança na transparência da água do lago.

As maiores transparências são observadas com o máximo nível de água no lago (junho, julho e começo de agosto) após a decantação do material suspenso, chegando a 1,90 m medidas em disco de Secchi.

Alguns fatores contribuem para este limite de visibilidade: a) o fitoplâncton — que após a decantação do material da água do rio, encontra melhores condições de vida; b) o material húmico — este talvez, seja o fator de maior importância. A coloração dada pelo material húmico proveniente da concentração de substâncias orgânicas provindas do capim flutuante existente no litoral do lago, ocasiona intensa coloração; c) material alóctone de diversas origens — provenientes da região do igapó; d) seston — dada por largas concentrações de fitoplancton proveniente da acumulação das algas e diatoms.

As mínimas visibilidades ocorrem nos meses de menor nível de água no lago, motivada pela ressuspensão do sedimento. A menor visibilidade encontrada foi de 30 cm, no mês de novembro.

Temperatura

Durante o ciclo estudado no lago Grande do Jutaí, as mudanças diurnais são relativamente pequenas.

A maior diferença diurnal encontrada foi de 4.1 °C no perfil das médias no mês de abril (30.1 °C na superfície da água, 27,8 aos 3 metros e 26 °C aos 8 metros de profundidade).

A menor diferença diurnal aparece no mês de novembro 0,1 °C, quando o lago está com o seu menor nível de água.

A maior temperatura encontrada foi de 31,0 °C no mês de outubro correspondendo a um pico de insolação, e a menor foi de 26,0 °C no mês de abril, aos 8 metros de profundidade.

As inversões de temperatura são normais em lagos de várzea da Amazônia Central, também observadas por Schmidt (1973) no lago do Castanho.

Estes fenômenos podem ser originados por vários fatores de origem climatológica. Na fig. 5, podemos observar perfeitamente uma correlação positiva entre estas variações de temperatura e as curvas de precipitação e insolação para o mesmo período da pesquisa, de janeiro a dezembro de 1974. No mês de abril, correspondendo a um pico de precipitação, temos um pico de diferença de temperatura entre 0 e 3 metros de 2.3 °C, indicando a influência da água pluvial na massa d'água com respeito à formação de uma zona superficial de estratificação, dada a diferença de densidade entre

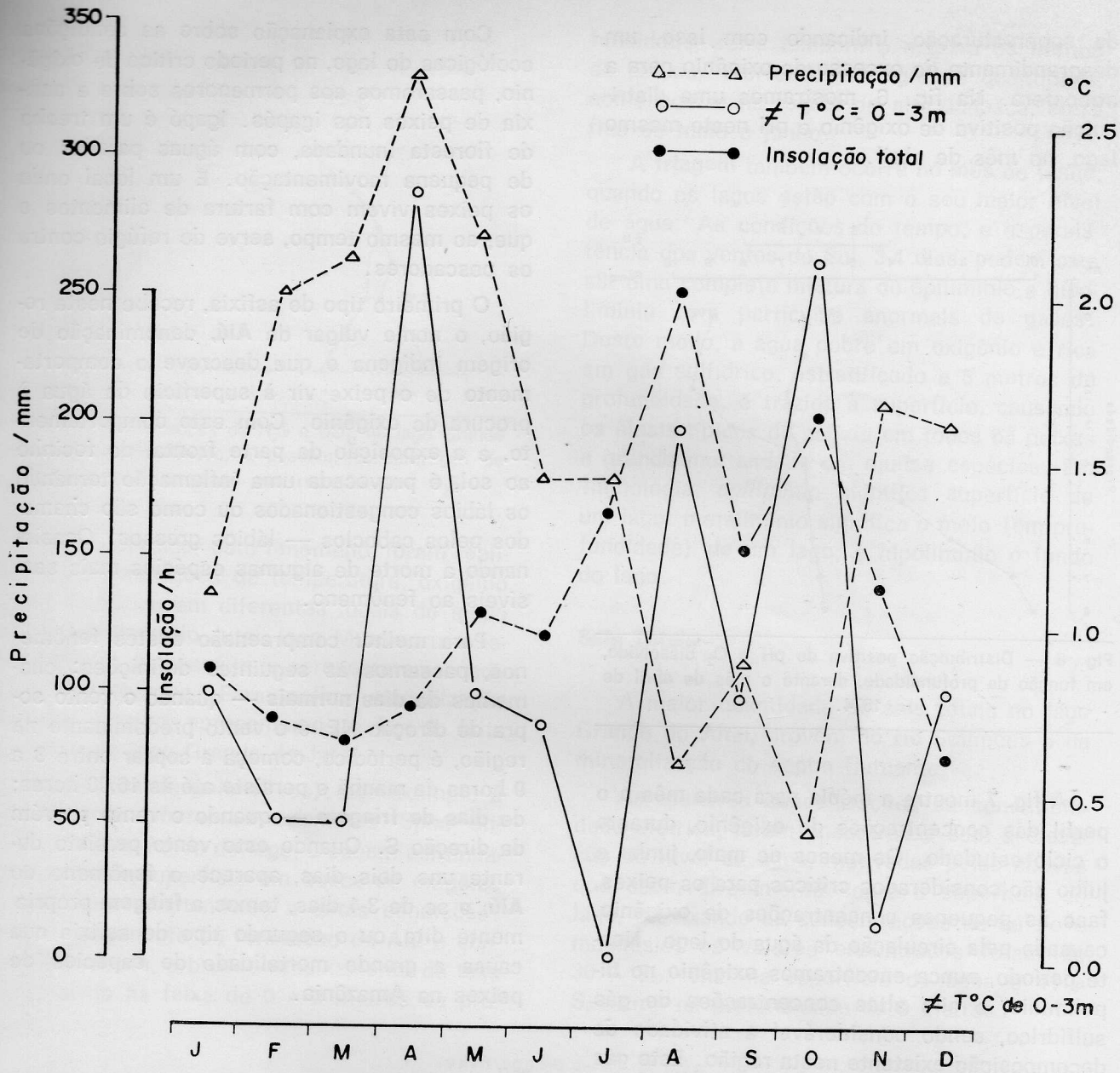

Fig. 5 — Gráfico demonstrativo das variações de temperatura de 0-3 m, da insolação total mensal e das precipitações mensais em 1974.

as duas camadas de água. Na mesma figura, nos meses de agosto e outubro, verificamos novamente 2 picos de diferenças de temperatura, porém já influenciadas por outro fator, o da insolação, com o índice de precipitação baixo. Um outro fator climático de influência na turbulência das águas e inversão de temperaturas é o vento. Sua influência é mais caracterizada não só pelo baixo nível dos lagos como também, pela velocidade.

Oxigênio e gás sulfídrico

As condições de oxigênio no lago Grande do Jutaí, estão relacionadas com sua circulação como também, as ocorrências da variação do nível da água e condições sazonais. Assim é que observamos neste lago, uma supersaturação de oxigênio na superfície da água, causada por uma intensa atividade fotossintética, outras vezes, um decréscimo em percentagem

da supersaturação, indicando com isso, um desprendimento do excesso de oxigênio para a atmosfera. Na fig. 6, mostramos uma distribuição positiva de oxigênio e pH neste mesmo lago, no mês de abril.

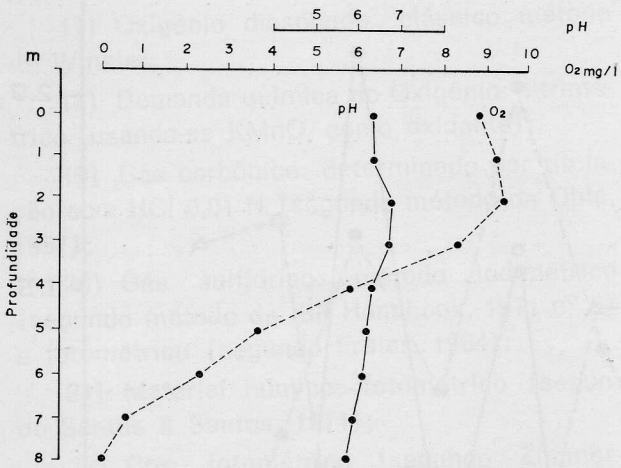

Fig. 6 — Distribuição positiva do pH e O_2 dissolvido, em função da profundidade, durante o mês de abril de 1974.

A fig. 7 mostra a média para cada mês e o perfil das concentrações de oxigênio, durante o ciclo estudado. Os meses de maio, junho e julho são considerados críticos para os peixes, face às pequenas concentrações de oxigênio, causada pela circulação da água do lago. Neste período, nunca encontramos oxigênio no hipolimínio, e sim altas concentrações de gás sulfídrico, sendo considerável a atividade de decomposição existente nesta região. Este gás sulfídrico pode ser formado pela decomposição de micro-organismos, capim flutuante e principalmente, pela redução de sulfatos (ver fig. 8), e em adição, para formação do sulfeto de hidrogênio. Outros típicos fenômenos acompanham a zona anóxic, como posição da água, diminuição do pH, aumento da concentração do gás carbônico livre, íons de ferro, fósforo e a súbita mudança de NO_2 a NO_3.

A fauna pscícola é a mais importante ligação do sistema alimentação/produção, sob o ponto de vista biológico. É grande número de espécies e a abundância de indivíduos, na Amazônia, pouco se conhecendo sobre a ecologia e biologia destes peixes.

Com esta explanação sobre as condições ecológicas do lago, no período crítico de oxigênio, passaremos aos pormenores sobre a asfixia de peixes nos igapós. Igapó é um trecho de floresta inundada, com águas paradas ou de pequena movimentação. É um local onde os peixes vivem com fartura de alimentos e que, ao mesmo tempo, serve de refúgio contra os pescadores.

O primeiro tipo de asfixia, recebe nesta região, o nome vulgar de **Aiú**, denominação de origem indígena e que descreve o comportamento de o peixe vir à superfície da água à procura de oxigênio. Com este comportamento, e a exposição da parte frontal do focinho ao sol, é provocada uma inflamação tornando os lábios congestionados ou como são chamados pelos caboclos — lábios grossos. Ocasionando a morte de algumas espécies mais sensíveis ao fenômeno.

Para melhor compreensão destes fenômenos, passamos às seguintes definições: chamamos de **dias normais** — quando o vento sopra de direção NE, é o vento predominante na região, é periódico, começa a soprar entre 8 a 9 horas da manhã e persiste até às 16,00 horas; de **dias de friagem** — quando o vento provém da direção S. Quando este vento persiste durante uns dois dias, aparece o fenômeno do **Aiú**, e se de 3-4 dias, temos a **friagem** propriamente dita, ou o segundo tipo de asfixia que causa a grande mortalidade de espécies de peixes na Amazônia.

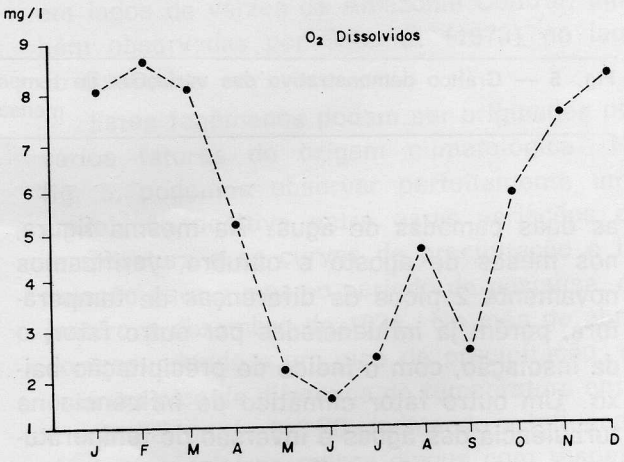

Fig. 7 — Variação média durante o ano de 1974.

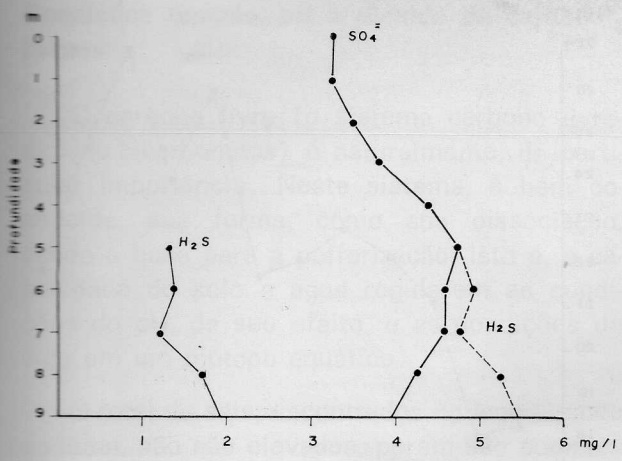

Fig. 8 — Concentrações de H_2S e SO_4, no lago Grande do Jutaí. Em pontilhado, a possível concentração de SO_4 se não ocorresse sua redução para H_2S.

Para esclarecer este fenômeno, foram realizadas determinações de temperatura, oxigênio e gás fulfídrico em diferentes locais do igapó do lago Grande do Jutaí, lago Murumuru e região do alto Janauacá, que apresentaram condições semelhantes. Para melhor visualilzação das ocorrências, apresentamos a fig. 9, feita do igapó do lago Grande do Jutaí.

Os peixes de pele (lisos), por exemplo o mapará *(Hypophytalmus edentatus* Spix, alimentam-se no fundo do lago, e sobem continuamente, até à superfície em busca do oxigênio e com isto, adaptando-se a estas condições. Com o surgimento do fenômeno do **Aiú** *e conseqüentemente*, o brusco rebaixamento da taxa de oxigênio na faixa de 0 a 3 metros de profundidade, sofre também o mapará os efeitos da asfixia, morrendo em grande quantidade, como ocorre na região do alto Januacá, entre fins de maio e junho.

A **friagem** também ocorre no mês de junho, quando os lagos estão com o seu maior nível de água. As condições do tempo, e a persistência dos ventos do Sul, 3-4 dias, podem causar uma completa mistura do epilimínio e hipolimínio com partículas anormais de gases. Deste modo, a água pobre em oxigênio e rica em gás sulfídrico, estratificado a 5 metros de profundidade, é trazida à superfície, causando os sinais típicos de asfixia em todos os peixes e grande mortandade em muitas espécies. Em limnologia, *epilimínio* significa superfície de um lago; metalimínio significa o meio (em profundidade) de um lago; e hipolimínio o fundo do lago.

Sais Totais

A maior quantidade de sais totais no lago Grande do Jutaí, provém do rio Solimões e da mineralização do capim flutuante.

As menores concentrações da condutibilidade elétrica, foram encontradas com a elevação do nível da água, motivadas pelas chuvas que caem diretamente sobre a superfície do lago, rebaixando as concentrações de cálcio e magnésio; os valores encontrados foram de 30 μ S_{20}. cm^{-1} na superfície da água e 41 μ S_{20}. cm^{-1} na profundidade de 9 metros.

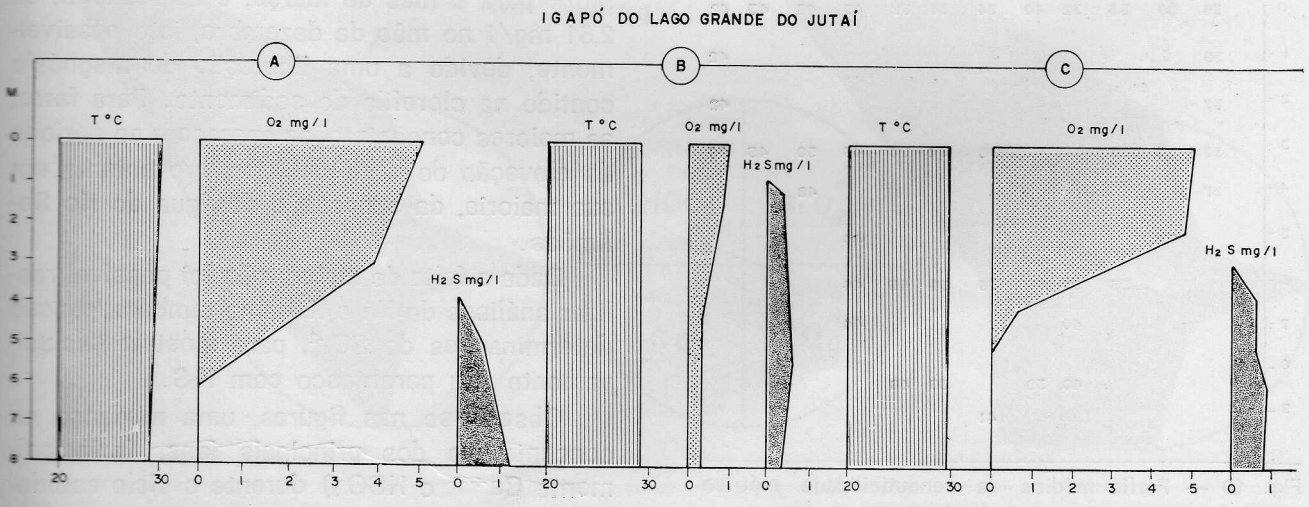

Fig. 9 — Valores de temperatura, oxigênio e gás sulfídrico, de acordo com a direção do vento, no lago Grande do Jutaí.

Os mínimos valores para o conteúdo de sais totais é geralmente observado com a introdução da água do rio, no mês de fevereiro, antes do pico da estação chuvosa. As diferenças verticais para a condutibilidade elétrica são geralmente fracas, como mostramos na Fig. 10, mostrando um pequeno aumento da superfície da água, para as maiores profundidades. No rebaixamento do nível do lago, as menores concentrações da condutibilidade elétrica encontradas foram 31 μ S_{20}. cm^{-1} no mês de julho e agosto, e a maior foi de 50 μ S_{20} . cm^{-1}, com 3 metros de profundidade no mês de outubro, devida à resuspensão, motivada por turbulências ocasionais, que podem alcançar a camada de água mais profunda ou uma intensa corrente de convecção, que pode ocorrer no corpo da água, provocando uma igualização nos valores da condutibilidade elétrica.

O bicarbonato de cálcio, constitui as maiores porções de sais totais contidos no lago Grande do Jutaí (cf. fig. 11). As menores concentrações de bicarbonatos em média encontradas, foram de 18 mg/l no mês de fevereiro, e a maior, aparece no mês de outubro com 27 mg/l. Para o cálcio, de modo semelhante ao HCO^-_3, as menores concentrações ocorreram no mês de fevereiro com 4,18 mg/l e as maiores, no mês de agosto com 7,18 mgl. O cloro em forma de cloretos, não mostra expressões de grandes variações tanto no período de

Prof. (m)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	36	30	33	32	40	34	31	31	43	48	43	42
1	35											42
2	37											42
3	37	33	34	36	41	38	32	38	45	50	45	44
4	37									48		
5		32							44			
6			35	38	40	39	34	45	44			
7				40					44			
8				40	39		35	46				
9						41						

Fig. 10 — Perfís médios da condutibilidade elétrica (μS_{20}) da água do lago Grande do Jutaí, durante o ano de 1974, de 0 a 9 metros de profundidade.

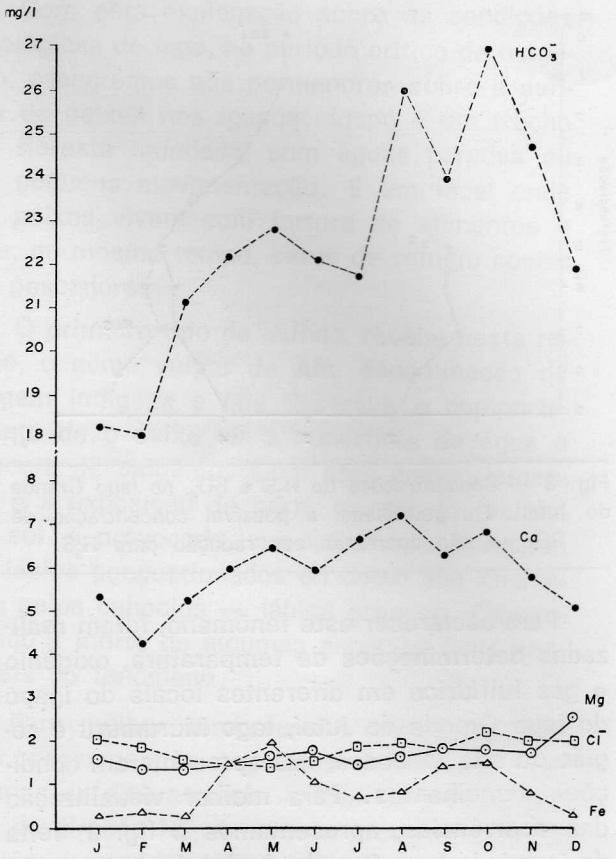

Fig. 11 — Concentrações médias de HCO_3, Ca $\pm\pm$, Mg $++$, Cl $\mp$ e Fe, no lago do Jutaí, durante os meses do ano de 1974.

elevação do nível de água quanto no rebaixamento; encontramos valores entre 1,40 e 2,20 mg/l. Para o magnésio, as menores concentrações encontradas foram no período de elevação do nível da água, uma média de 1,34 mg/l para o mês de março, e as maiores, de 2,51 mg/l no mês de dezembro, isto possivelmente, devido a uma liberação do magnésio contido na clorofila do sedimento. Para ferro, as maiores concentrações aparecem no período da elevação do nível da água, proveniente em sua maioria, da suspensão da água do rio Solimões.

Dada a falta de meios, não foi possível realizar análises de Na e K, como também, poucas determinações de SO_4^{-2}, para mostrar exclusivamente seu parentesco com H_2S.

Observa-se nas figuras, uma mudança na concentração dos principais íons, (principalmente Ca^{++} e HCO^-_3) durante o ciclo estudado de um ano, a qual reflete muito bem a causa da mudança da condutibilidade elétrica.

Condições tampão, pH e dióxido de carbono livre

O carbono livre (o sistema carbono livre-dióxido-bicarbonatos) é naturalmente, de particular importância. Neste sistema, é bem conhecida, sua forma, como sua dissociação, sendo a base para a pufferização, isto é, a capacidade do solo e água regularem as condições do pH, do seu efeito, e as condições de vida em um biótopo aquático.

O total de sais, encontrados no lago Grande do Jutaí, não são elevados, porém são compensados pelo cálcio e bicarbonatos. Na fig. 12, mostramos a média em perfil dos dois maiores cátions e os dois anions, encontrados neste lago, na elevação do nível da água, no mês de fevereiro e no seu rebaixamento, no mês de agosto (a sílica é mencionada em separado).

O teste alcalino (SBV) forneceu um valor máximo de 0,51 mval/l na profundidade de 3 metros, no mês de novembro. Este valor corresponde a uma concentração de 31,10 mg de HCO^-_3/l. O mínimo valor para a alcalinidade encontrada foi de 0,286 mval/l no mês de fevereiro, a dois metros de profundidade, correspondendo a uma concentração de 17,50 mg de HCO^-_3/l, indicando uma baixa pufferização e pH.

Os valores do pH para o lago Grande do Jutaí estão situados entre 5,84 e 6,72 em média, para o ciclo estudado, correspondendo a um ácido fraco (cf. fig. 13). Entretanto, observamos valores com baixo pH na zona anóxic, com nível de água alta. Nesta região, o menor valor encontrado para o pH foi de 5,68, no mês de maio, na profundidade de 8 metros em perfil.

A atividade fotossintética do fitoplâncton, através da concentração de CO_2 da água, não é alta, podendo ser observada em diferentes parâmetros nas análises, assim como os valores do pH, que contribuem para uma limitada capacidade de tamponação da água, isto ocorrendo no período da baixa concentração de bicarbonatos no início da elevação da água do lago.

As menores concentrações do gás carbônico livre, ocorrem no período da elevação do nível da água. (cf. fig. 14). As maiores, ocorrem no mês de junho, motivadas pela estagnação da água do lago, ocasionando rápida decompo-

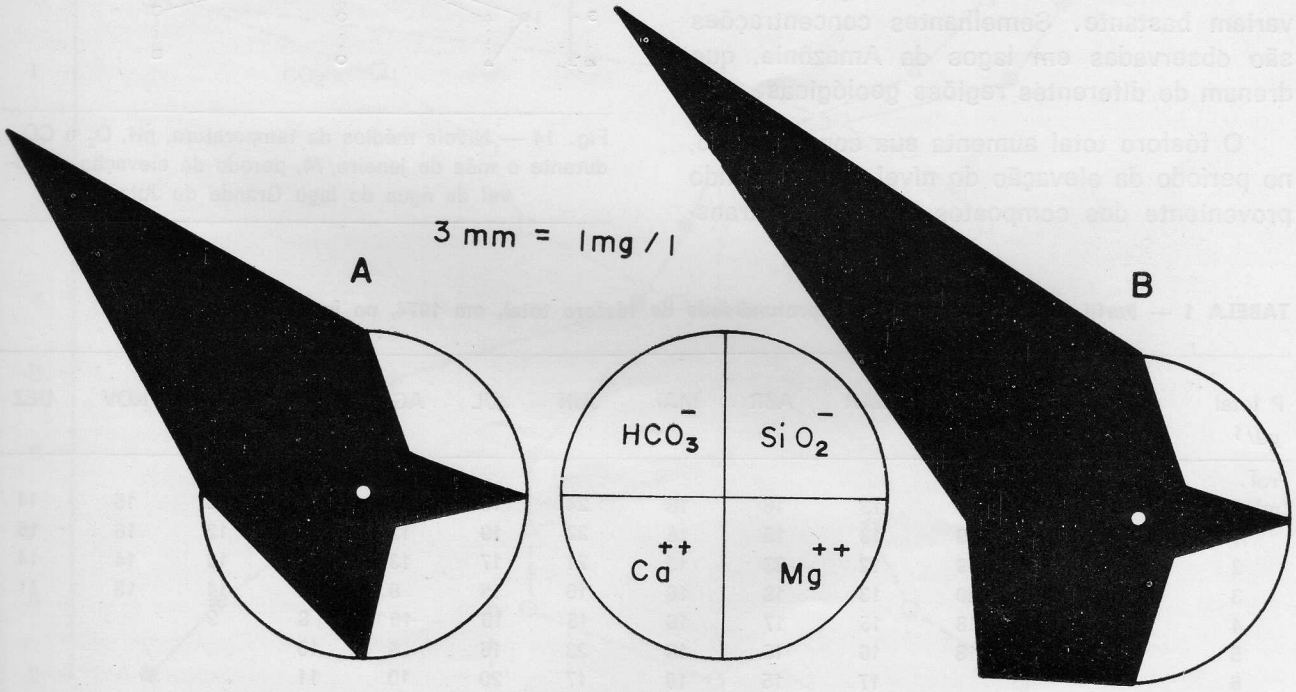

Fig. 12 — Níveis de cátions e anions do lago Grande do Jutaí, no mês de fevereiro/74, em mg/$_2$l, durante o período de elevação do nível da água (A) e rebaixamento (B).

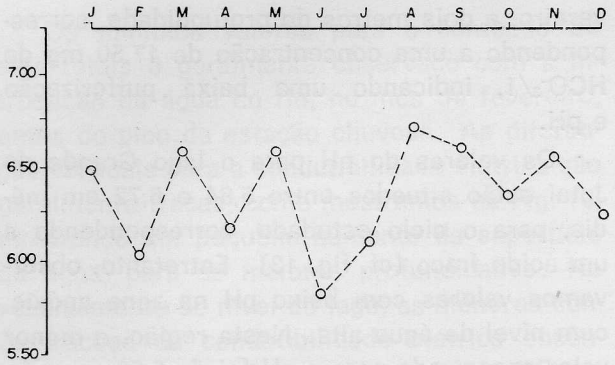

Fig. 13 — Valores médios do pH, do lago Grande do Jutaí, em 1974.

sição do material orgânico em altas temperatura. (cf. fig. 15). O suporte para esta explicação, está nos altos valores do consumo de permanganato de potássio (COD) encontrados. Nos meses do rebaixamento, também ocorrem baixas concentrações de CO_2 (cf. fig. 16), indicando um fator limitante da produtividade do lago.

Fósforo

A tabela 1 mostra a concentração de fósforo total durante o curso das investigações. Elas variam bastante. Semelhantes concentrações são observadas em lagos da Amazônia, que drenam de diferentes regiões geológicas.

O fósforo total aumenta sua concentração, no período da elevação do nível d'água, sendo proveniente dos compostos inorgânicos transportados pelo rio à bacia do lago, e parte, proveniente da decomposição do campim flutuante e restos animais.

Um claro paralelismo pode ser encontrado entre o rio Solimões e os lagos da região do Janauacá (Schmidt, 1972), com respeito ao fósforo e ferro. Estudos especiais concernentes à natureza do fósforo nos lagos de várzea, podem levar a um especial interesse, dada a baixa concentração encontrada, uma média de 18,35 μg/l na elevação do nível de água, e de 13,36 μg/l no rebaixamento desse nível. Essas concentrações podem em muitos períodos, fornecer informações sobre a viabilidade desse material para a produção de fito e zooplâncton. Gessner (1960b) demonstrou em diferentes e

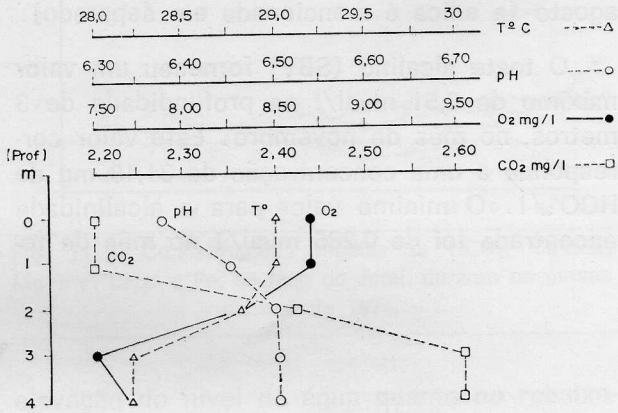

Fig. 14 — Níveis médios da temperatura, pH, O_2 e CO_2, durante o mês de janeiro/74, perodo da elevação do nível da água do lago Grande do Jutaí.

TABELA 1 — Perfil entre 0 e 9 metros de profundidade de fósforo total, em 1974, no lago Grande do Jutaí.

P total μg/1	JAN	FEV	MAR	ABR	MAi	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Prof. (m) 0	20	19	13	16	18	24	18	14	17	16	15	14
1	19	19	13	19	16	22	19	12	8	12	16	15
2	17	19	12	23	15	21	17	13	10	10	14	14
3	17	20	13	18	15	16	15	8	12	14	15	11
4	19	18	15	17	16	15	16	10	8	9		
5		18	16	15	18	23	16	9	10			
6			17	15	18	17	20	10	11			
7				16	21	19	21	12	11			
8				25	30	28	22	9				
9						35						

interessantes experimentos, que os sólidos em suspensão na água branca, têm a capacidade de absorver ou libertar certas quantidades de fósforo, dependendo das condições ecológicas. A vista da significação desses processos, portanto ele caracterizou o sistema de fósforo nos lagos de várzea. A viabilidade desse elemento para a produção primária é de primordial importância, quanto a sua concentração. Quando o fósforo é adsorvido por $Fe(OH)_3$, igualmente íons fosfatos são mais facilmente trocáveis, do que quando ele é presente como $FePO_4$. Também não conhecemos até agora, a possibilidade de algas obterem fósforo de uma maneira diferente de quando se encontra na forma de $Fe(OH)_3$ posterior, segundo o já observado por Golterman *et al.* (1969).

A concentração de fósforo livre oscilou entre 2 μg/l, com 1 metro de profundidade no mês de julho e 21 μg/l na profundidade com 9 metros no mês de junho. Durante a fase de água alta, a acumulação de fósforo livre na zona anóxica, próxima à superfície funda do lago, é sempre elevada, em comparação a outros perfís. A fig. 17 mostra a existência desse parâmetro. Observa-se uma média de 6,7 μg/l de fósforo livre no nível de água em elevação e 7,5 μg/l no nível de água baixando, acontecendo o inverso, para o fósforo total. Isto talvez, seja motivado pela vazante e turbulência da água no fundo, causando uma intensa ressuspensão do sedimento.

O ferro apresenta comportamento similar. Pode supor-se que fósforo e ferro existam em

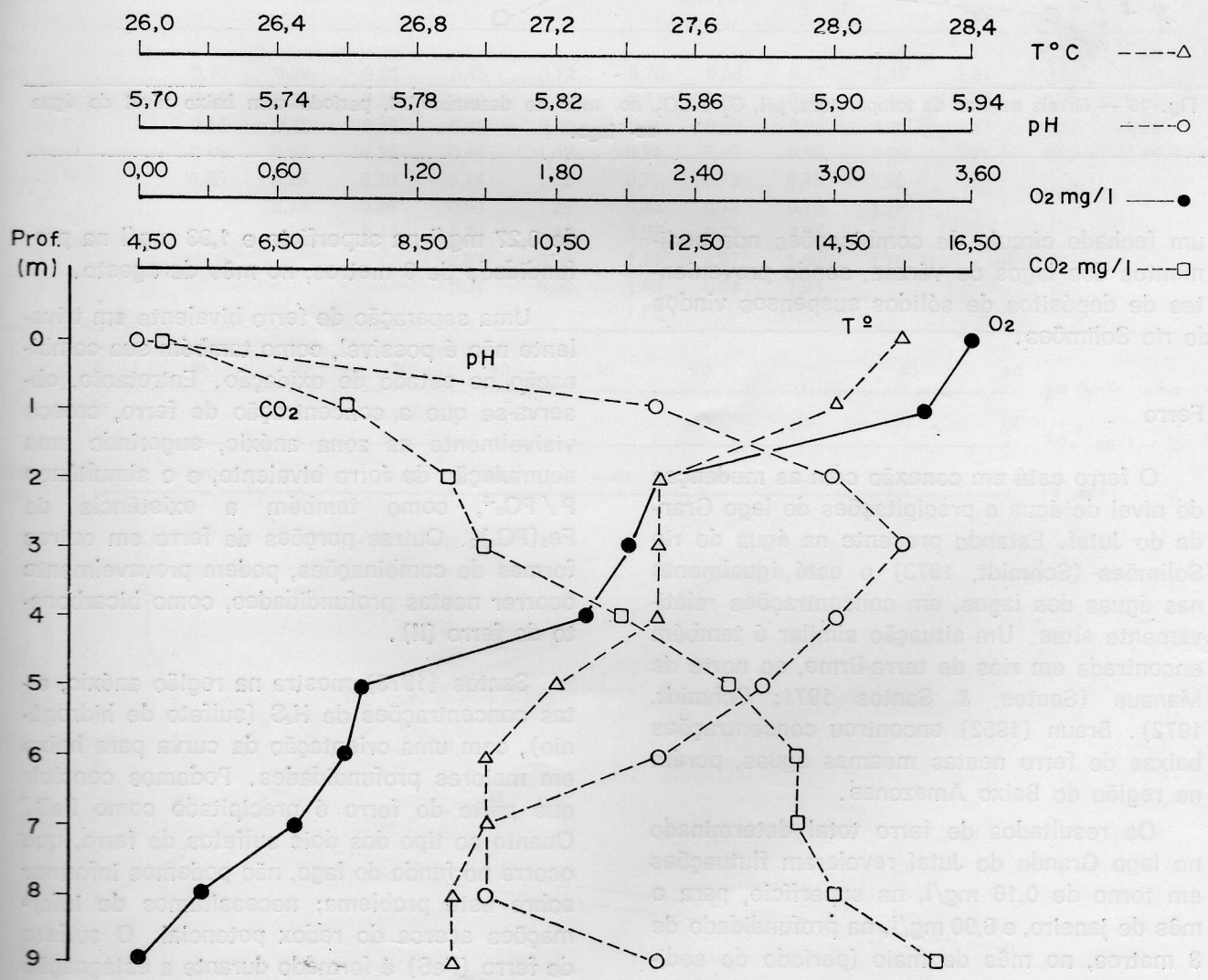

Fig. 15 — Níveis médios da temperatura, pH, O_2 e CO_2, durante o mês de junho/74, período de maior nível de água no lago.

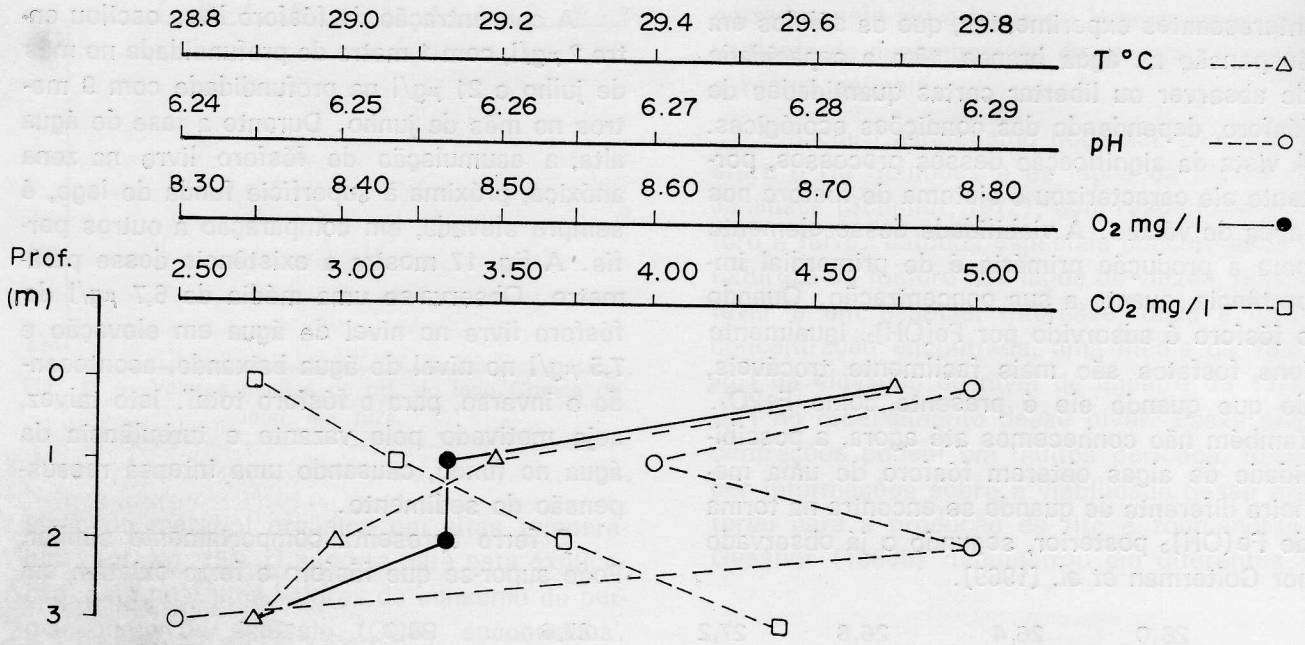

Fig. 16 — Níveis médios da temperatura, pH, O_2 e CO_2, no mês de dezembro/74, período com baixo nível de água no lago.

um fechado círculo de combinações nos sedimentos dos lagos de várzea, sendo provenientes de depósitos de sólidos suspensos vindos do rio Solimões.

Ferro

O ferro está em conexão com as mudanças do nível de água e precipitações do lago Grande do Jutaí. Estando presente na água do rio Solimões (Schmidt, 1973) o está igualmente nas águas dos lagos, em concentrações relativamente altas. Um situação similar é também encontrada em rios de terra-firme, ao norte de Manaus (Santos, & Santos 1971; Schmidt, 1972). Braun (1952) encontrou concentrações baixas de ferro nestas mesmas águas, porém na região do Baixo Amazonas.

Os resultados de ferro total determinado no lago Grande do Jutaí revelaram flutuações em torno de 0,16 mg/l, na superfície, para o mês de janeiro, e 6,90 mg/l, na profundidade de 8 metros, no mês de maio (período de sedimentação e estagnação do lago). Ver Tabela 2.

Quando o lago está baixando de nível, as concentrações de ferro total variam em torno de 0,27 mg/l na superfície e 1,93 mg/l na profundidade de 8 metros, no mês de agosto.

Uma separação de ferro bivalente em trivalente não é possível, como também sua combinação no estado de oxidação. Entretanto, observa-se que a concentração de ferro, cresce visivelmente na zona anóxic, sugerindo uma acumulação de ferro bivalente, e o simultâneo P / PO_4^{-3}, como também a existência de $Fe_3(PO_4)_2$. Outras porções de ferro em outras formas de combinações, podem provavelmente ocorrer nestas profundidades, como bicarbonato de ferro (II).

Santos (1973) mostra na região anóxic, altas concentrações de H_2S (sulfeto de hidrogênio), com uma orientação da curva para baixo em maiores profundidades. Podemos concluir que parte do ferro é precipitado como FeS. Quanto ao tipo dos dois sulfetos de ferro, que ocorre no fundo do lago, não podemos informar sobre este problema; necessitamos de informações acerca do redox potencial. O sulfeto de ferro (FeS) é formado durante a estagnação do lago, resultando simultaneamente, o desaparecimento do oxigênio, correspondendo a um baixo redox potencial ($< 0,1$ V).

Quando o nível de água do lago baixa, há uma entrada de oxigênio nesta zona anóxic, diminuindo o gás sulfídrico com a elevação do redox potencial. Já para o sedimento, naturalmente as condições de redução podem existir em certos casos; com nível de água baixa, vai depender da possibilidade de o oxigênio entrar no sedimento. Outra evidência para a formação do FeS é a diminuição do pH na região do hipolíminio, como foi observado para o lago Grande do Jutaí (pH de 5,68, na profundidade de 8 metros, no mês de maio).

Sílica

A maior fonte de sílica nas águas naturais, são proveniente da decomposição dos aluminossilicatos, que chegam à bacia do lago, provenientes das águas do rio Solimões.

Muitos processos do ciclo limnológico influenciam a mudança das concentrações da sílica no lago Grande do Jutaí. Além do processo de transporte pelo rio; citamos a incorporação para o interior dos organismos vegetais *(diatomaceas, esponjas)*, a assimilação e

TABELA 2 — Concentrações de ferro total durante o ano de 1974, entre 0 e 9 m de profundidade, no lago Grande do Jutaí.

Fe total mg/1	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Prof. (m) 0	0,16	0,29	0,25	0,45	0,72	0,76	0,68	0,27	1,15	1,31	0,83	0,38
1	0,16	0,29	0,28	0,40	0,80	0,71	0,68	0,27	1,43	1,43	0,78	0,32
2	0,16	0,35	0,28	0,45	0,80	0,66	0,62	0,28	1,55	1,48	0,83	0,32
3	0,16	0,33	0,30	0,45	1,07	0,74	0,69	0,50	1,69	1,37	0,90	0,36
4	0,25	0,26	0,20	0,45	1,12	0,76	0,72	0,43	1,66	1,82		
5		0,44	0,26	0,50	1,28	0,83	0,73	0,76	1,72			
6			0,44	0,72	1,70	0,97	0,71	0,86	1,74			
7				2,81	3,95	1,14	0,67	1,50	1,76			
8				5,31	6,90	1,99	0,93	1,93				
						1,73						

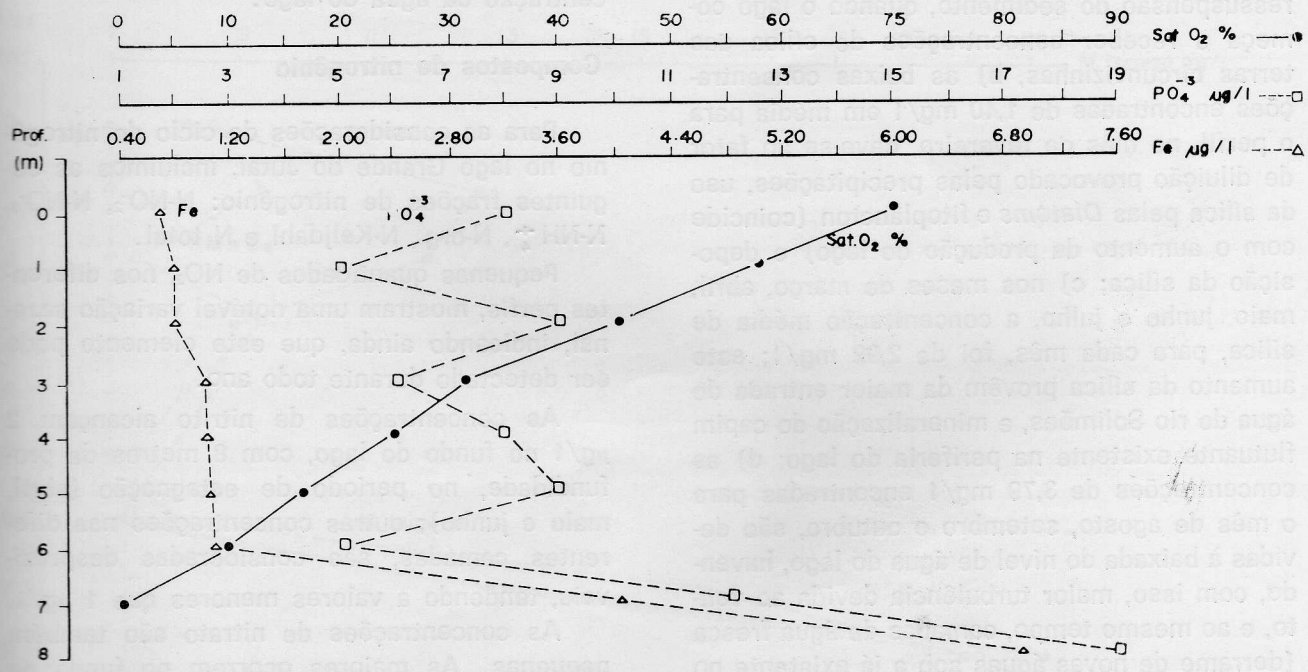

Fig. 17 — Valores médios de O_2, PO_4^3 e Fe, durante o mês de maio de 1974, entre 0 e 8 m de profundidade. Observa-se significantes concentrações de fósforo e ferro, na zona anóxic, entre 6 e 8 metros de profundidade.

posterior decomposição do capim fluante e de organismos animais, a transformação da argila mineral, e o último, processos físicos.

A presença de CO_2 na água reage com os silicatos para produzir carbonatos e sílica; isto é suposto, dado o material húmico ter que empregar uma parte na sua decomposição.

Considerando as águas levemente ácidas do lago Grande do Jutaí, parece ser a sílica relativamente imóvel e facilmente agregada; nestas regiões, quase sempre existe uma completa decomposição da matéria orgânica devida às condições de temperatura e intensa lixiviação. Assim é que muitos investigadores afirmam que as *Diatoms benthonic* podem atacar aluminossilicatos das argilas minerais e obter sílica diretamente, ocasionando uma grande aceleração de decomposição inorgânica devida à acidez da água do lago.

As *Diatoms*, particularmente as *Planctone sp.* são capazes de usar bastante sílica em baixas concentrações, como no caso dos lagos de várzea como também o fitoplâncton. As concentrações da sílica em média para cada mês e perfil do lago são mostrados na fig. 18.

A concentração de 4,65 mg/l, para o mês de janeiro, mostra as possíveis condições: a) ressuspensão do sedimento, quando o lago começa a receber concentrações de sílica das terras circunvizinhas, b) as baixas concentrações encontradas de 1,40 mg/l em média para o perfil, no mês de fevereiro, deve-se ao fator de diluição provocado pelas precipitações, uso da sílica pelas *Diatoms* e fitoplâncton (coincide com o aumento da produção do lago) e deposição da sílica; c) nos meses de março, abril, maio, junho e julho, a concentração média de sílica, para cada mês, foi de 2,92 mg/l; este aumento da sílica provêm da maior entrada de água do rio Solimões, e mineralização do capim flutuante existente na periferia do lago; d) as concentrações de 3,79 mg/l encontradas para o mês de agosto, setembro e outubro, são devidas à baixada do nível de água do lago, havendo, com isso, maior turbulência devida ao vento, e ao mesmo tempo, camadas de água fresca (derrame de novas águas sob a já existente no lago), provenientes do igapó e adjacências favorecendo o início da ressuspensão do sedimento; e) nos meses de novembro e dezembro, semelhante a janeiro, as concentrações foram de 4,65 mg/l possivelmente motivadas pelo nível mínimo de água com uma grande oxigenação e uma ressuspensão dosedimento do fundo do lago. Para melhor compreensão, os sólidos suspensos encontrados foram de 310 mg/l e uma visibilidade de 30 cm na placa de SECCHI, originando um maior fator de concentração da água do lago.

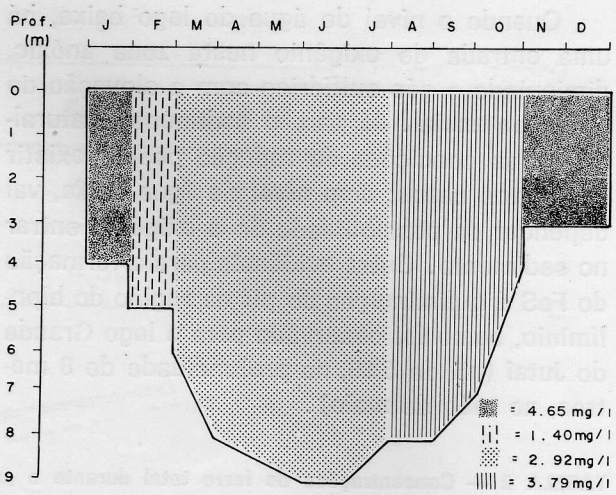

Fig. 18 — Concentrações médias de Sílica no perfil do lago.

Compostos de nitrogênio

Para as considerações do ciclo do nitrogênio no lago Grande do Jutaí, incluimos as seguintes frações de nitrogênio: $N\text{-}NO^-_2$, $N\text{-}NO^-_3$, $N\text{-}NH^+_4$, N-org., N-Keljdahl e N total.

Pequenas quantidades de NO_2, nos diferentes perfís, mostram uma notável variação sazonal, indicando ainda, que este elemento pode ser detectado durante todo ano.

As concentrações de nitrito alcançam 2 μg/l no fundo do lago, com 8 metros de profundidade, no período de estagnação (abril, maio e junho); outras concentrações nas diferentes camadas, são consideradas desprezíveis, tendendo a valores menores que 1 μg/l.

As concentrações de nitrato são também pequenas. As maiores ocorrem no fundo do lago, e estas dependem naturalmente, do balanço da produção bioquímica e demanda biológica.

Comparando as concentrações de nitritos e nitratos encontrados com outras substâncias estudadas no lago Grande do Jutaí, apenas as de fósforo apresentou-se em baixas concentrações. Estas concentrações ainda mostram uma grande distorção com os valores de amônia.

Um curioso problema que observamos na relação de nitrato, a despeito da alta concentração de amônia, foi um baixo redox potencial (< 1 V). No exemplo da fig. 19, o nitrito mostra uma concentração normal até 6 metros, crescendo substancialmente a maiores profundidades. O nitrato igualmente, mostra idênticas condições, não indicando uma possível entrada de nitrogênio por meio da água da chuva. Apesar das baixas concentrações de nitrato, este elemento também pode ser detectado durante todo o ciclo estudado. Uma possível restrição da atividade biológica próxima à superfície da água, por raios ultravioletas pode ocorrer, limitando a concentração de nitratos por algas, e retardando o processo de desnitrificação.

A baixa concentração de nitritos e nitratos na zona, eufótica, são naturalmente atribuídas à utilização pelo fitoplâncton.

O alto conteúdo de NH_4^+, próximo à superfície do leito, pode refletir, uma significante contribuição para o nitrogênio, e ser também resultado das excreções e regeneração do zooplâncton e peixes, devida ao forte processo de decomposição em associação com íons nitratos. Esses processos na produtividade do lago são também significantes dada a circulações atingindo a amônia.

Na região anóxic, ocorre a desnitrificação. Considerando a distribuição vertical de nitritos, nitratos e amônia no lago Grande do Jutaí, naquela região, acumularam-se restos de organismos responsáveis pela conversão dos compostos de nitrogênio, podendo, de qualquer modo, produzir a desnitrificação.

Os lagos de várzea na Amazônia Central, podem obter uma completa estratificação em uma metade de hora (Schmidt, 1973), porém

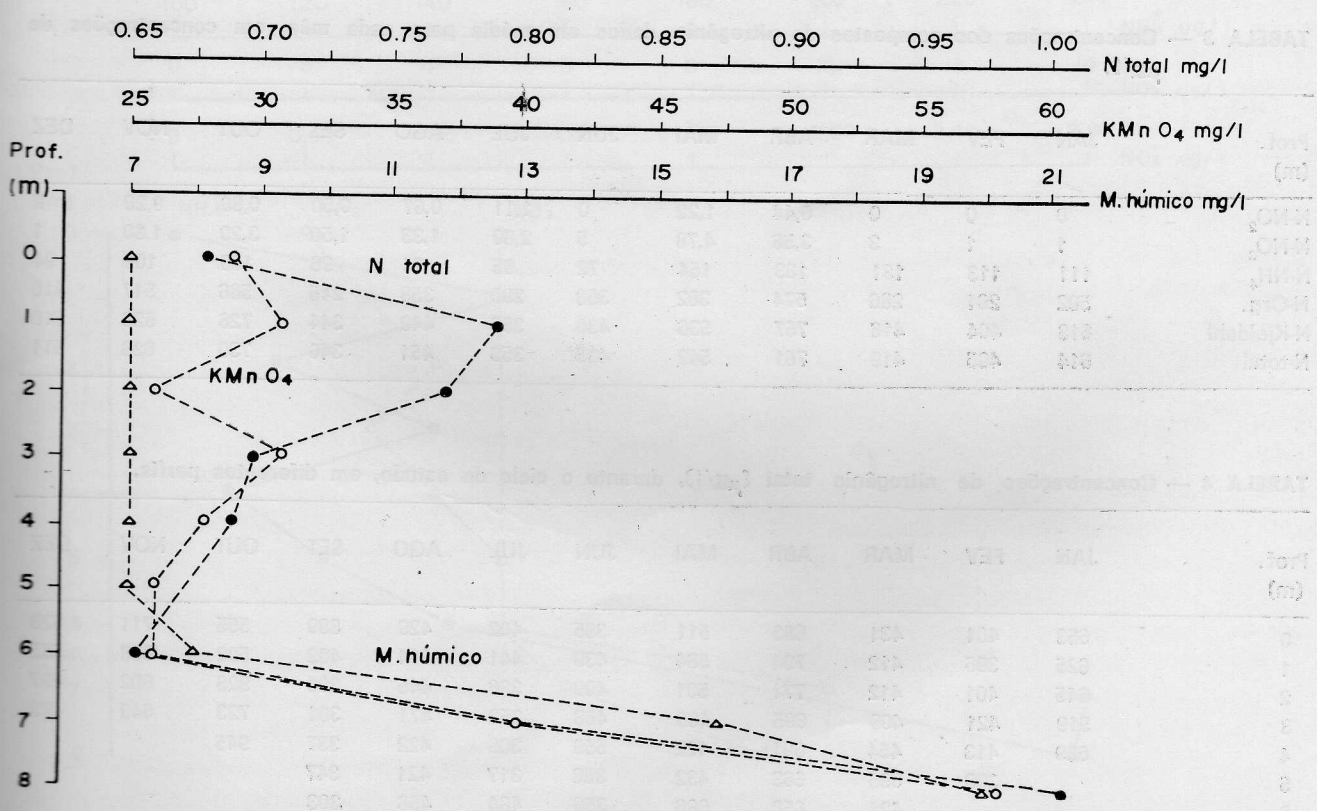

Fig. 19 — Concentrações médias de NH_4, NO_3 e NO_2 em diferentes profundidades, encontradas no lago Grande do Jutaí, no período das pesquisas.

uma freqüente e parcial circulação na água do lago pode variar o hipolíminio, talvez retardando o modelo de estratificação.

A concentração de nitrogênio total, jamais difere dos resultados de nitrogênio de Kjeldahl, isto devido ao baixo conteúdo de nitritos e nitratos. Eles variam em cerca de 0,251 mg/l na profundidade de 7 metros no mês de junho e 1,015 mg/l no mês de abril, na profundidade de 8 metros.

A tabela 3 mostra as concentrações dos compostos de nitrogênio, dados em média para cada mês, durante o ciclo de estudos. A alta concentração de nitrogênio total e nitrogênio orgânico no mês de abril é devida à mineralização do capim flutuante (ao aumentar o nível d'água no lago, morre entrando parte dele, em decomposição). No mês de outubro, é devida à ressuspensão do sedimento, havendo a remineralização de substâncias orgânicas (observou-se que o teste de consumo orgânico ($KMnO_4$), dá uma média neste mês de 38 mg/l).

A tabela 4 mostra as concentrações de nitrogênio total em perfís. As diferentes concentrações encontradas em várias profundidades não mostram nenhuma tendência clara na distribuição vertical, sendo apenas no mês de abril, esta tendência.

Consumo de permanganato de potásio (COD), côr (mg/Pt/1) e material húmico

Consumo de permanganato ($KMnO_4$) e, por conseguinte, a demanda química do oxigênio (COD), no lago Grande do Jutaí, é bastante variável, como, por exemplo, os parâmetros de 8 mg/l a 3 metros de profundidade no mês de março e 58 mg/l a 8 metros no mês de abril de 1974. Isto bem evidencia a significante quantidade de material orgânico oxidável. Segundo Hutchinson (1957), e baseado nas investigações de Juday & Birge (1932), somente cerca de 40% do carbono orgânico disponível na água, pode ser oxidado por $KMnO_4$.

TABELA 3 — Concentrações dos compostos de nitrogênio, dados em média para cada mês, em concentrações de μg/l.

Prof. (m)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
$N\text{-}NO_2$	0	0	0	0,44	1,22	0	1,11	0,67	0,50	0,80	0,20	0
$N\text{-}NO_3$	1	1	3	3,56	4,78	5	2,89	1,33	1,50	3,20	1,80	1
$N\text{-}NH_4$	111	113	131	183	154	72	65	91	98	159	109	94
N-Org.	502	291	286	574	382	358	290	358	246	566	517	416
N-Kjeldahl	613	404	416	757	536	430	355	449	344	726	626	510
N-total	614	405	419	761	542	435	359	451	346	730	628	511

TABELA 4 — Concentrações de nitrogênio total (μg/l), durante o ciclo de estudo, em diferentes perfís.

Prof. (m)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0	653	401	431	683	511	395	402	429	389	555	711	523
1	625	396	412	794	584	439	441	514	402	502	558	552
2	645	401	412	771	501	499	336	445	396	926	602	497
3	519	421	409	695	405	468	353	471	301	723	643	473
4	629	413	454	691	422	659	309	422	337	945		
5		399	395	663	432	388	317	421	347			
6			423	658	686	356	484	458	303			
7				878	623	251	323	366	294			
8				1015	713	507	263	535				
9						387						

As principais fontes de material orgânico no lago Grande do Jutaí, provém das seguintes orígens: a) da produção de fitoplâncton — evidenciadas pelo consumo de permanganato de potássio, mostrando ainda, sua variação e distribuição Schmidt (1973). b) capim flutuante — a grande quantidade de detritos orgânicos proveniente da inundação e morte do capim flutuante, na fase inicial de crescimento, fornece apreciável quantidade de material orgânico dissolvido e detritos; c) outra porção de material orgânico do lago é de origem alóctone — procede na sua maioria, da região do igapó com a elevação do nível do lago por ocasião do período das chuvas.

No lago estudado, o nitrogênio total, permanganato de potássio e o material húmico, mostram uma diferença bastante nítida, de acordo com a profundidade da subida do nível da água (cf. fig. 20).

Para mostrar a significação do material húmico no lago Grande do Jutaí e sua contribuição para o consumo de permanganato de potássio no período das investigações, apresentamos a fig. 21, com resultados semelhantes aos encontrados por Santos & Santos (1971), para um rio de água preta, segundo classificação de Sioli (1967b); convém frisar que quanto maior as concentrações de substâncias coloridas, maiores são as concentrações de consumo orgânico e material húmico. As menores concentrações da cor (mg/Pt/l) deve-se ao fator de diluição no período de maoir intensidade de precipitações; o maior volume de água no lago, contribui para essa diluição. As maiores concentrações, ocorrem com o rebaixamento do nível de água, motivado pela concentração e a ressuspensão do sedimento. Para o consumo de permanganato, as menores concentrações ocorrem nos meses de fevereiro e março, mo-

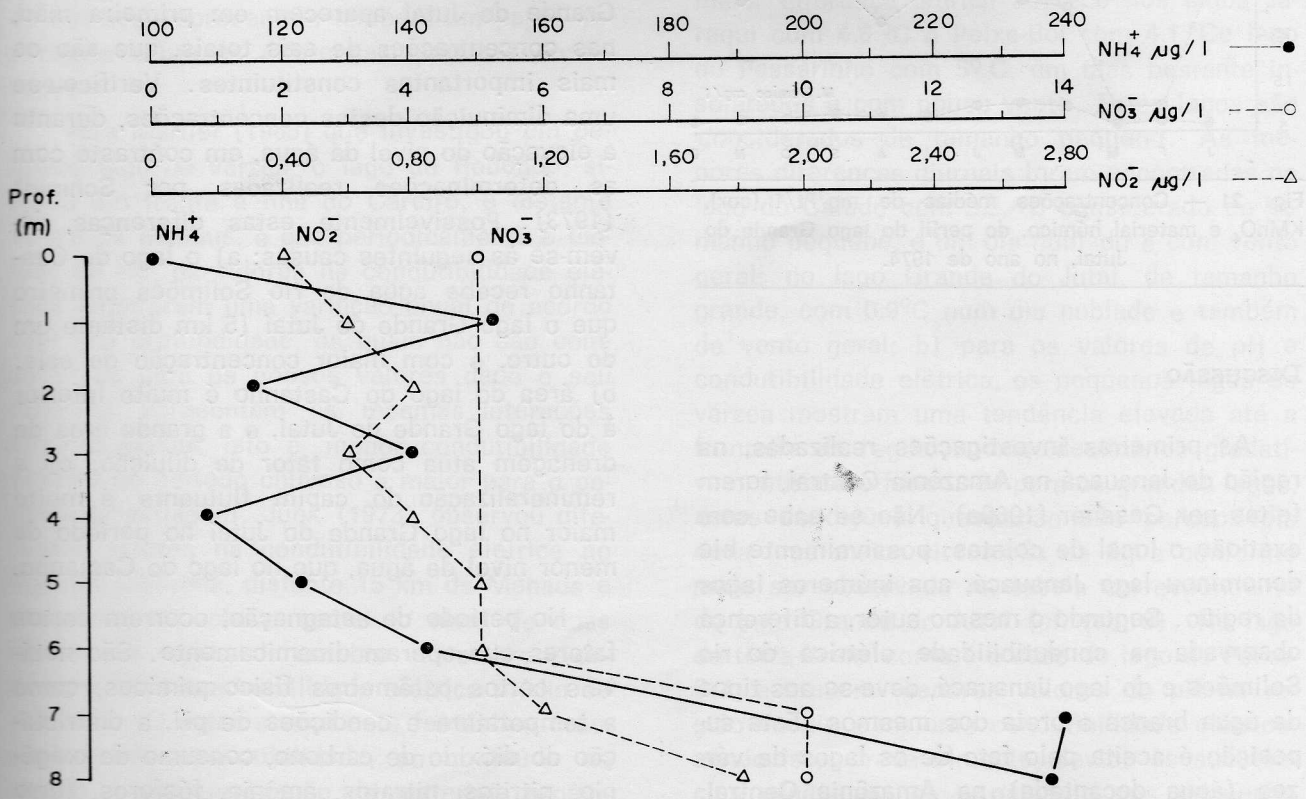

Fig. 20 — Concentrações de N total, $KMnO_4$ e material húmico entre 0 e 8 metros de profundidade, no mês de maio/1974, no lago Grande do Jutaí.

tivadas pelo fator de diluição. A continuidade das chuvas e a conseqüente elevação do nível d'água ocasiona a morte e decomposição do capim flutuante, que vai refletir nos meses subseqüentes, para o aumento de $KMnO_4$. O material húmico mostra igualmente uma tendência de aumentar gradativamente com a subida do nível da água, podendo variar entre 6 a 11 mg/l (janeiro-junho) e 7 a 9 mg/l no período do rebaixamento do nível da água, conforme é mostrado na fig. 21.

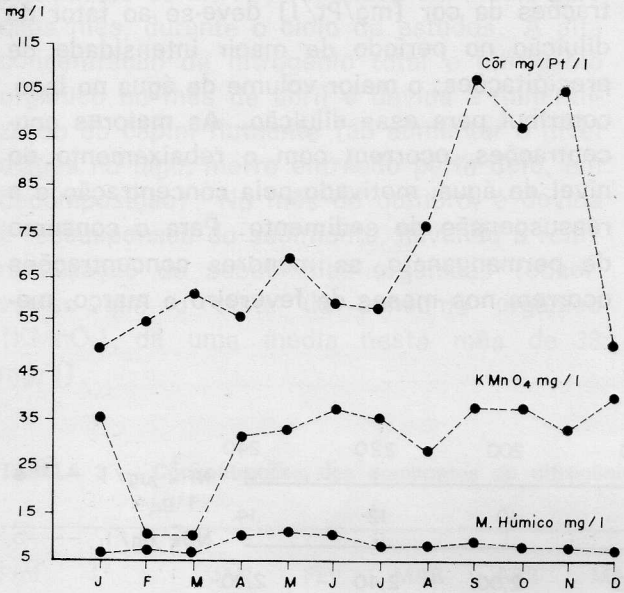

Fig. 21 — Concentrações médias de mg/Pt/1 (cor), $KMnO_4$ e material húmico, do perfil do lago Grande do Jutaí, no ano de 1974.

Discussão

As primeiras investigações realizadas, na região do Janauacá na Amazônia Central, foram feitas por Gessner (1960a). Não se sabe com exatidão o local de coletas; possivelmente ele denominou lago Janauacá, aos inúmeros lagos da região. Segundo o mesmo autor, a diferença observada na condutibilidade elétrica do rio Solimões e do lago Janauacá, deve-se aos tipos de água branca e preta dos mesmos. Esta suposição é aceita pelo fato de os lagos de várzea (água decantada) na Amazônia Central, estarem em dependência direta ao rio Solimões (Amazonas). As investigações no lago Grande do Jutaí da mesma região, situado a 90 km a sudoeste de Manaus, demonstraram que o declínio da condutibilidade elétrica durante o período em que a água do rio permanece na bacia do lago, pode ser causada também pela precipitação direta sobre sua superfície.

Sobre suas características limnológicas, importantes fenômenos podem ser mencionados. O primeiro, e mais importante, talvez seja a variação sazonal que motivam pronunciadas flutuações. O segundo, são vários fatores que operam dinamicamente dentro de breves intervalos de tempo, até mesmo em espaço de horas, salvo alguma influência climatológica.

As partículas suspensas na água, o rítmo de flutuações do seu nível bem como suas conseqüências pertencem às variações sazonais, e são muito importante para as determinações que foram realizadas. Entre as partículas suspensas, durante a elevação do nível da água, o fósforo assume real importância, podendo fornecer valiosas informações sobre a produção do fito e zooplâncton assim como o nitrogênio, de uma maneira geral.

As distintas variações sazonais no lago Grande do Jutaí aparecem em primeira mão, nas concentrações de sais totais, que são os mais importantes constituintes. Verificou-se uma diminuição destas concentrações, durante a elevação do nível da água, em contraste com as determinações realizadas por Schmidt (1973). Possivelmente estas diferenças, devem-se às seguintes causas: a) o lago do Castanho recebe água do rio Solimões primeiro que o lago Grande do Jutaí (5 km distante um do outro, e com maior concentração de sais; b) área do lago do Castanho é muito inferior à do lago Grande do Jutaí, e a grande área de drenagem atua como fator de diluição; c) a remineralização do capim flutuante é muito maior no lago Grande do Jutaí no período de menor nível de água, que no lago do Castanho.

No período da estagnação, ocorrem certos fatores que operam dinamicamente. São notáveis certos parâmetros físico-químicos, como a temperatura e condições de pH, a distribuição do dióxido de carbono, consumo de oxigênio, nitritos, nitratos, amônia, fósforos, ferro e sílica, como também, o subseqüente aspecto da estratificação da temperatura e suas conseqüências sobre a taxa de oxigênio. Muitas condições biogênicas do metabolismo do lago, são

influenciadas pela alta temperatura, uma média de 28 ºC, que ocorre durante a elevação do nível da água e de 28.8 ºC, durante o rebaixamento fazendo influenciar a situação da dinâmica da água do lago.

Deve ser dito, de passagem, que comparações específicas sobre as condições limnológicas nos lagos da Amazônia Central são possíveis, quando os níveis de água nos diversos lagos, têm a mesma condição. Lembramos que esses lagos, todos os anos, são cheios com água nova e em seguida, rebaixados. Na lógica, podem esperar-se mudanças em seus processos físicos, químicos e biológicos.

Diferenças no processo químico da água, são também resultado da localização destes lagos de várzea, bem como das características periféricas.

Circundados por solos aluviais recentes, recebem água drenada de diferentes composições, além de maior ou menor quantidade de material alóctone proveniente do igapó. Sua distância e altura em relação ao rio ou ao canal de entrada, representam também um papel importante sobre as diferenças químicas observadas.

Para Marlier (1965) que investigou um pequeno lago de várzea, o lago do Redondo, situado em frente à ilha do Careiro, e distante 25 km de Manaus, e que periodicamente é isolado do rio, os valores na condutibilidade elétrica mostraram uma variação anual de acordo com sua profundidade, os quais não são comparativos para os nossos valores dado o seu tamanho; apresentam as mesmas alterações atrás referidas, isto é, menor condutibilidade elétrica no período chuvoso e maior para o período de estiagem. Junk (1973) observou diferentes valores na condutibilidade elétrica no lago do Xiborena, distante 15 km de Manaus e encontrou no rebaixamento do nível de suas águas, nos meses de outubro, novembro e dezembro, uma condutibilidade elétrica média de 315 μ S_{20}. O autor atribui este fantástico crescimento da condutibilidade, ao conteúdo de sais e a remineralização de materiais orgânicos; possivelmente houve uma falta de observação do autor para a região circunvizinha do lago. Neste local, existem extensos campos para pastagem de gado durante o período de rebaixamento da água devido à estiagem. Com a ocorrência de fortes precipitações esporádicas, os dejectos são em parte carreados para o lago, ocasionando o aumento das concenções de sais e logicamente, sua condutibilidade elétrica. Esta observação, pode ser relacionada com os resultados obtidos por Viner (1975) nos lagos da África (Uganda) fertilizados por hipopótamos. Infelizmente, Junk não deu informações sobre as concentrações de fósforo, cálcio etc. no lago Xiborena, para melhores conclusões.

A observação das análises da concentração de oxigênio na região, demonstraram uma correlação entre esta taxa e o tipo de lago, isto, é, de "terra-firme" ou de "várzea", bem como a extensão e profundidade. Dados obtidos durante o mês de julho, no lago Grande do Jutaí e mais três pequenos lagos de várzea, com um lago de terra-firme e de água preta (Lago do Peixe-Boi, rio Cuieiras) evidenciam estas correlações como pode ser visto nas tabelas 5, 6 e 7. a) quanto à temperatura, a maior diferença diurnal aparece nos lagos Jaraqui com 4.6 ºC e Peixe-Boi com 4.1 ºCe lago do Passarinho com 5º C, em dias bastante insolarados e com pouco vento. Estes lagos são considerados de tamanho pequeno. As menores diferenças diurnais foram encontradas no lago do Calado com 2.2. ºC considerado de tamanho pequeno, e um dia nublado e com vento geral; no lago Grande do Jutaí, de tamanho grande, com 0.9ºC num dia nublado e também de vento geral; b) para os valores de pH e condutibilidade elétrica, os pequenos lagos de várzea mostram uma tendência elevada até a fronteira da região anóxic, declinando gradativamente até o fundo. Já para os grandes lagos, estas condições quase não são perceptíveis dada uma maior circulação da água conforme pode ser observado na tabela correspondente do lago Grande do Jutaí (cf. tab. 5). No lago de terra-firme, como é o caso do lago do Peixe-Boi, aparecem menores valores do pH na região anóxic e maiores condutibilidade elétrica, sendo isto, provavelmente, devido às substâncias orgânicas; c) o oxigênio nos pequenos lagos de várzea apresentam uma baixa concentração até à região anóxic. Abaixo desta região, a taxa decresce acentuadamente, a ponto de tornar-se desfavorável a qualquer atividade de

plantas e peixes. Ainda nesta região, observam-se altas concentrações de material alóctone, resultando maiores concentrações de H_2S, CO_2, NO^-_2, NO^-_3, NH^+_4 e Fe. Nos lagos de várzea de grande extensão ou nos pequenos e grandes, de terra-firme (Marlier, 1965 e Schmidt, 1973) apesar de o mês de julho, ser considerado crítico, quanto ao oxigênio, dado o vento de direção sul (Santos, 1973), a distribuição de oxigênio é mais favorável. Isto provavelmente é devido ao equilíbrio entre o oxigênio suprido e o oxigênio consumido na região mais profunda, pela ação do vento. Apresentam também estas regiões, menores concentrações de material alóctone e conseqüentemente, menores concentrações de gases.

A maioria dos lagos tropicais como os da Amazônia Central, possuem uma baixa profundidade. Isto favorece a elevação da temperatura do meio hídrico motivando um processo bastante acelerado de oxigenação com um rápido consumo (oxidação) originando uma taxa baixa de oxigênio. Esta ocorrência pode também ser influenciada por uma má circulação.

Este baixo teor nas concentrações de oxigênio também é observado no próprio rio Solimões (Amazonas). No mês de julho, encontramos uma média de 3.11 mg/l na superfície da água (10 cm abaixo da superfície e com T = 27.0 ºC) em frente ao canal de entrada na região do Janauacá e distante 150 metros da margem do rio. Essas baixas concentrações neste período, deve-se ao fato de a água do rio em alto nível, cobrir as terras de várzea e pequenos lagos onde são plantadas Juta *(Corchorus capsularis)* fazendo com que arraste água rica em substâncias orgânicas e gás sulfídrico para o seu meio. Encontramos valores de até 120 mg/l de material húmico e valores de até 4 mg/l de gás sulfídrico, em um lago na ilha do Muratu. Talvez seja a dúvida encontrada por Gessner (1960) para a mesma região, ao explicar a diferença na condutibilidade elétrica. Esta baixa concentração do oxigênio na região, embora possa ser motivo de espanto

TABELA 5 — Data 25/07/1974 — lago Grande do Jutaí *

Prof. (m)	T°C	pH	μS_{20}	O_2 mg/1	H_2S mg/1	CO_2 mg/1	NH_4 µg/1	NO_2 µg/1	NO_3 µg/1	Fe µg/1
0	27.9	5.97	25,08	2.67	0	4.62	56	2	2	897
1	27.9	5.95	26,47	2.69	0	7.48	68	1	2	875
2	28.0	5.96	28,33	2.36	0	8.80	76	1	3	870
3	27.9	5.97	29,72	2.34	0	9.02	68	3	3	876
4	28.0	6.00	30,19	2.33	0	11.44	80	1	3	821
5	28.0	5.98	30,19	2.41	0.05	12.32	86	1	4	840
6	27.9	5.97	32,04	1.57	0.18	12.76	58	1	2	784
7	27.6	5.97	32,04	1.09	0.42	12.76	64	4	4	811
8	27.0	5.98	32,51	0.00	0.68	13.20	98	4	4	1027
— Data 12/10/1974 — lago do Passarinho da Ilha do Careiro (lago pequeno) **										
0	32.0	6.45	37,9	2.90	0	28.00	130	0	1	490
1	31.0	6.52	37,50	2.70	0	28.00	128	0	2	310
2	30.6	6.40	37,90	0.90	0	27.9	104	1	2	296
3	29.8	6.40	39,70	1.00	0	27.50	116	1	2	400
4	29.6	6.40	39,70	0.90	0	31.20	90	2	3	490
5	29.0	6.38	37,90	0.40	0.45	31.20	128	1	2	480
6	28.4	6.32	37,20	0.35	0.60	32.00	130	2	3	510
7	27.0	6.32	37,20	0.00	0.90	32.40	128	2	4	590

(*) — Valores do perfil entre 0 a 8 metros.
(**) — Valores do perfil entre 0 a 7 metros.

TABELA 6 — Data 23/07/1974 — lago do Jaraqui da região do Manaquiri (lago pequeno) *

Prof. (m)	T°C	pH	μS_{20}	mg/l O_2	H_2S mg/l	CO_2 mg/l	NH_4 $\mu g/l$	NO_2 $\mu g/l$	NO_3 $\mu g/l$	Fe $\mu g/l$
0	30.4	6.52	35,00	4.20	0	27.2	96	0	0	280
1	28.8	6.60	35,00	2.90	0	27.20	94	0	0	310
2	27.8	6.42	36,00	1.90	0	27.80	100	0	2	380
3	27.8	6.35	32,20	0.90	0	28.00	96	1	1	410
4	27.6	6.38	34,70	0.53	0.10	28.00	105	1	1	360
5	27.2	6.32	34,70	0.15	0.15	28.00	110	1	2	310
6	27.4	6.30	33,80	0.15	0.40	28.60	100	2	3	480
7	27.2	6.38	33,80	0.15	0.80	29.00	110	2	3	470
8	27.2	6.35	33,80	0.06	0.90	29.60	120	2	4	470
9	26.8	6.12	31,50	0.00	1.00	31.00	112	2	4	600
10	25.8	6.18	27,40	0.00	1.10	33.00	126	2	4	900
— Data 23/07/1974 — lago do Calado — região do Manacapuru (lago pequeno)										
0	28.6	6.50	34,60	4.00	0	21.00	100	0	1	440
1	28.4	6.55	35,10	3.80	0	20.60	98	0	1	500
2	27.6	6.50	35,10	1.80	0	22.00	104	0	2	410
3	27.6	6.52	35,10	0.16	0	20.00	94	0	1	380
4	27.4	6.70	35,10	0.08	0.15	24.00	98	0	2	400
5	27.2	6.50	35,50	0.06	0.25	30.00	106	2	3	430
6	27.4	6.50	34,20	0.00	0.42	29.00	108	1	2	490
7	27.4	6.40	33,30	0.00	0.62	29.60	98	1	3	520
8	27.0	6.45	33,00	0.00	0.82	30.00	110	2	4	540
9	26.6	6.35	33,00	0.00	0.65	30.00	110	2	3	540
10	26.4	6.10	27,20	0.00	1.05	33.00	120	3	5	900

(*) — Valores do perfil entre 0 a 10 metros.

TABELA 7 — Data 26/07/74 — lago do Peixe-Boi (rio Cuieiras) de terra firme *

Prof. (m)	T°C	pH	μS_{20}	O_2 mg/l	H_2S mg/l	CO_2 mg/l	NH_4 $\mu g/l$	NO_2 $\mu g/l$	NO_3 $\mu g/l$	Fe $\mu g/l$
0	29.2	4.65	1,60	6.20	0	9.10	40	0	2	218
1	29.2	4.65	7,60	6.10	0	9.20	40	0	1	216
2	28.3	4.40	7,12	4.90	0	10.00	40	0	2	218
3	26.3	4.42	8,74	2.00	0	12.00	48	0	1	201
4	25.7	4.38	8,64	2.40	0	14.00	46	0	2	189
5	25.5	4.42	7,12	1.20	0.05	17.00	42	0	4	210
6	25.3	4.35	9,00	1.30	0.05	19.00	52	1	2	186
6	25.3	4.35	9,00	1.30	0.25	20.00	74	0	4	190
7	25.3	4.25	9,78	0.80	0.15	20.00	80	2	4	194
8	25.1	4.30	9,87	0.90	0.20	20.00	96	1	4	192
9	25.1	4.30	9,87	0.40	0.25	20.00	118	2	6	220
10	25.1	4.30	9,87	0.00						

(*) — Valores do perfil entre 0 a 10 metros.

para pesquisadores ligados a questões de piscicultura em outros locais, não é tão crítico para os peixes na Amazônia Central, pois, segundo Geisler (1969), algumas espécies são adaptáveis a concentrações de oxigênio entre 0,75-1,00 mg/1.

Os parâmetros observados na dinâmica dos lagos de várzea e de terra firme, não são ocasionados somente pelo aumento da temperatura mas também por flutuações sazonais devidas às precipitações e em parte, pelas condições de vento (Hutchinson, 1957 e Schmidt, 1973).

Na realidade, o elemento importante mais deficitário que encontramos no lago Grande do Jutaí foi o fósforo. Caso fosse possível manter este lago como também, o lago do Rei na ilha do Careiro como reservas biológicas, para maior produção de peixes, seria aconselhável sua fertilização no período da elevação do nível da água, com a incorporação de insumos nos canais de ligação e graças ao próprio influxo. a sua distribuição por toda bacia.

É de grande significação sócio-econômica o lago Grande do Jutaí, tendo em vista seu ecossistema e a abundância em peixes. Infelizmente nada foi feito até nossos dias, para proibir a captura dos peixes na época da desova, quando saem do lago para o rio, ou para os que desovam no próprio lago. Por incrível que pareça, os peixes na Amazônia Central são mais perseguidos neste período, dados os sinais característicos do conhecimento dos pescadores profissionais. Mesmo a grandes distâncias por ocasião do período de reprodução, o ruido característico de cada espécie e os movimentos circulares próximos à superfície da água, atraem considerável número de pescadores, dada a facilidade de captura e por tornarem-se presas quase que indefesas.

Na tabela 8 pode também observar-se a importância do periódico transbordo do rio Solimões para os lagos ciliares. Verifica-se que há um forte arrastamento de sais minerais para o interior das bacias dos lagos, durante as cheias, e um posterior retorno destas águas, durante as vazantes, mas com índices alterados por deposições naturais, remineralização e ações biológicas.

Conclusões

Os resultados das análises da água do lago Grande do Jutaí, dos respectivos gráficos e tabelas como também, as observações "in loco", nos levam às seguintes conclusões.

1. O lago Grande do Jutaí, como lago de várzea, é dependente do rio Solimões, sofrendo variações sazonais de acordo com as alterações do nível das águas e ocorrências climáticas.

2. As alterações no processo químico das águas analisadas, são resultados dos fenômenos acima referidos como também, da localização do ponto de coleta e de outros fenômenos de natureza física, química e biológica das vizinhanças.

TABELA 8 — Variação média das concentrações de sais nas águas do rio Solimões e lago Grande do Jutaí, durante os períodos de cheias e vazantes, de janeiro a junho e de julho a dezembro de 1974.

	Rio aumentando de nível		Rio Solimões	L.G. do Jutaí
	Rio Solimões	L.G. do Jutaí	Rio rebaixando de nível	
Ca	8.46 mg/1	5.49 mg/1	8.01 mg/1	6.38 mg/1
Mg	2.40 mg/1	1.49 mg/1	2.31 mg/1	1.82 mg/1
Cl -	1.99 mg/1	1.62 mg/1	2.40 mg/1	1.97 mg/1
P total	19.60 μg/1	18.35 μg/1	11.20 μg/1	13.36 μg/1
Fe total	2.22 mg/1	0.85 mg/1	2.08 mg/1	0.95 mg/1
N total	0.50 mg/1	0.53 mg/1	0.42 mg/1	0.51 mg/1
SiO_2	3.47 mg/1	3.16 mg/1	3.92 mg/1	3.89 mg/1

3. Transparência

a) O índice de transparência, pode ser atingido pelo material em suspensão, pelo fitoplâncton, pelo material húmico e materiais de origem alóctone;

b) as mínimas transparências ocorrem com o nível mais baixo e as altas, com nível alto.

4. Temperatura — Sofre variações em função do nível de precipitações, do período de insolação e da intensidade e direção dos ventos.

5. Oxigênio e gás sulfídrico — (O_2 e H_2S).

Os teores de oxigênio na água do lago, são influenciados pelos seguintes fatores:

a) movimentação da água, chegando à taxa 0 (zero) na Região do hipolíminio durante períodos de estagnação;

b) ação fito-planctônica;

c) Há uma correlação entre a taxa de oxigênio e o pH;

d) a taxa de 0_2 está intimamente relacionada às concentrações de H_2S;

e) os meses de maio a agosto principalmente, são críticos para os peixes, dadas as baixas concentrações de O_2.

6. Sais totais

De um modo geral, a concentração é significativa, com exceção do fósforo. As menores concentrações, foram determinadas por elevação do nível d'água e as maiores, por ocasião das "secas";

7. Condições tampão, pH e dióxido de carbono livre.

a) Os efeitos de pufferização estão intimamente correlacionados com os níveis de pH na água;

b) De um modo geral, as águas são consideradas ácidos-fracos;

c) As menores concentrações de CO_2, foram encontradas com o nível da água baixo, elevando-se gradativamente, à medida que o nível d'água sobe;

d) Os valores da alcalinidade podem variar a diferentes profundidades e em função dos períodos de enchentes e vazantes.

8. Fósforo e Ferro

De um modo geral, as águas dos lagos da Amazônia Central, apresentam um teor baixo em fósforo. Os níveis de fósforo e ferro, durante a estagnação, são crescentes da superfície para profundidades maiores.

9. Sílica

a) Os menores valores de sílica foram determinados durante os períodos de maior nível d'água, crescendo gradativamente, à medida que se observa a vazante;

b) Durante o período das "secas", a decomposição do fitoplâncton e da flora aquática de um modo geral, contribui para a elevação de sua concentração.

10. Compostos de nitrogênio

a) De um modo geral, as concentrações de NO^-_2 e NO^-_3, são baixas;

b) A alta concentração de N total e N orgânico, durante o mês de abril de 74, é devido a fenômenos de mineralização do capim flutuante. No mês de outubro, devido a fenômenos de remineralização e ressuspensão.

11. Consumo de permanganato de potássio (COD), cor e material húmico.

a) A demanda química de oxigênio, — COD — foi muito variável durante o período da pesquisa, como também em relação às profundidades das coletas de amostras, evidenciando a riqueza de material orgânico oxidável;

b) As concentrações de substâncias coloridas, estão correlacionadas às concentrações de consumo orgânico e material húmico;

c) A maior contribuição para os níveis de material húmico, são de origem planctônica, do capim flutuante e material alóctone.

Durante os processos de enchente e vazante, ao mesmo tempo que o lago Grande do Jutaí é fertilizado pelas águas do rio Solimões, este é igualmente refertilizado pelo retorno das águas, durante as vazantes.

SUMMARY

Limnological conditions of Lago Grande do Jutaí in Central Amazonia, are mainly determined by the Solimões River. The fluctuations of the river directly affect the lake, as the lake is connected with the river almost all year round.

The water level varies annually from 9-10 m. From January to June the lake is filled with rain water and water from the river, the water level decreasing from July to December. These fluctuations in the water level are mainly responsible for the large physical, chemical and biological variations which occur in the lake's enviroment.

Seasonal fluctuations, such as temperature stratification, oxigen conditions and salt contents, including the most important constituents of the lake, are clearly shown in the analyses which have been carried out. Maximum transparency is obtained when the water lake is on its peak.

Low oxygen concentration due to stagnation (and therefore production of H_2S and decrease in oxygen concentration), turbulence (causing the gas to raise up to the Epiliminieo region with consequent decrease in oxygen concentration), during the months of May, June, July, August and sometimes September (as occured in 1974), make these months the most critical for fish. The highest concentrations of CO_2, nitrites, nitrates, ammonia, total nitrogen, iron and phosphorus are in the anoxic region.

According to Schmidt (1973) and to own observations, conditions in the great lakes of Central Amazonia are better than in the small lakes due to the high concentration of oxigen in water. The major portion of the salts in the lake is of calcium bicarbonate, the largest concentrations being found during low water level.

Although annually incorporated into the lake with inflow of water from the river, phosphorus is the most deficient of the elements important for the ichthyoflora and fauna.

During "drought", i.e., low water level homothermy occurs as a result of the hydric circulation in the lake.

BIBLIOGRAFIA

BRAUN, R.

1952 — Liminologische Untersuchunger an einigen Seen im Amazonas gebiet. **Scheiz. Z. Hydrol.,** 14: 1-128.

GEISLER. R,

1969 — Untersuchungen über den Sawerstoffgehalt, den biochemischen Sauerstoffebedarf und den Sauerstoffverbrauch von Fischen in einen tropischen Schwarzwasser (Rio Negro, Amazonien, Brasilien), **Arch. Hydrobiol.,** 66: 307-325.

GESSNER. F,

1960a— Limnologische Untersunchungen am Zusammenfluss des Rio Negro und des Amazonas. **Int. Rev. ges. Hydrol.,** 45: 55-79.

1960b— Untersuchungen über den Phosphathaushalt des Amazonas. **Int. Rev. ges. Hydrobiol.,** 45: 339-345.

GOLTERMANN, H.L.; BAKELS, C.C. & JACOBS-MOGELIN, J.

1969 — Availability of mud phosphates for the growth of algae. Verh. Internat. Verein **Limnol.,** 17: 467-479.

HUTCHINSON, G.E.

1957 — **A Treatise on Limnology**. J. Wiley. New York, 1015 p.

JUDAY, C. & BIRGE, E.A.

1932 — Dissolved oxygen and oxygen consumed in the lake waters of northeastern Wisconsin. **Trans. Wiss Acad. Sci. Arts Lett.,** 27: 415-486.

JUNK, W.

1973 — Investigations on the Ecology and Production-Biology of the "Floating Meadows" (Paspalo-Echinochloetum) on the Middle Amazon. Part II. the Aquatic Fauca in the Root Zone of Floating Vegetation. **Amazoniana, (Kiel)** 4 (1): 9-102.

MARLIER, G.

1965 — Estudes sur les Lacs de l'Amazonie Centrale. **Cadernos da Amazônia,** Manaus, (5): 1-49.

SANTOS, U. DE M.

1973 — Beobachtungen über Wasserbewegungen, chemische Schichtunge und Fischwanderungen in Várzea — Senn am mittleren Solimões (Amazonas). Oecologia, Berl., 13, 239-246.

SANTOS, U. DE M. & SANTOS, A.

1971 — A composição química do Rio Preto da Eva. Amazoniana. Estudo preliminar. **Ciência e Cultura,** 23(5).

SCHMIDT, G.W.

1972 — Chemical properties of some waters in the tropical rain-forest region of central Amazonia along the new road Manaus-Caracarai. **Amazoniana,** Kiel, 3: 199-207.

1973 — Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonic waters. II. The limnology of a tropical floodplain lake in Central Amazonia (Lago do Castanho). **Amazoniana, Kiel** 4 (2): 139-203.

SIOLI, H.

1967 — Bemerkungen zur Typologie amazonischen Flusse. **Amazoniana,** 1: 74-83.

VINER, A.B.

1975 — The Supply of Minerals to Tropical Rivers and lake (Uganda). **Verh. Intern.** Verein Limnol., (23): 227-261.

(Aceito para publicação em 19/11/80)