

# Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes (\*)

Parte I: Trecho Cuiabá - Porto Velho - Manaus

Wolfgang Johannes Junk (\*\*)

Karin Furch (\*\*\*)

## Resumo

Ao longo do trecho entre Cuiabá-Porto Velho-Manaus (cerca de 2300 km) foram tomadas 46 amostras de água de igarapés e rios, e analisadas quanto aos seguintes parâmetros químicos: pH, condutividade elétrica, Ca, Mg, Sr, Ba, Na, K, Mn, Fe, Al, Cu, Zn, org. C tot., P tot., Kjeldahl N. Paralelamente, foi anotada a ocorrência de macrófitas aquáticas. A análise dos resultados, em combinação com as informações existentes sobre a geologia da região mostra a relação intensa entre as águas e a geologia de suas áreas de captação respectivas. Enquanto os rios e igarapés que drenam para o rio Paraguai, são ricos em eletrólitos e alcalinos, todos os igarapés que drenam para o rio Amazonas têm que ser considerados como pobre em eletrólitos e na maioria como ácidos. Todavia, também nas águas pobres em eletrólitos, podem ser observadas diferenças nítidas em dependência da área de captação. Como extremamente pobre do ponto de vista químico, podem ser consideradas as águas da Formação Parecis no Mato Grosso com uma condutividade elétrica de cerca de  $3-6 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Quimicamente mais ricas, no entanto muito heterogêneo, são as águas do embasamento indiviso, enquanto as águas dos sedimentos terciários da Série de Barreiras são muito pobres em eletrólitos ( $10-20 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ). Não entram nessa classificação as águas dos rios Solimões e Madeira, relativamente ricas em eletrólitos, as quais são caracterizadas do ponto de vista químico pela região andina e pré-andina. As diferenças entre as águas, descritas pela condutividade elétrica, refletem-se em grande parte nas concentrações das substâncias analisadas. Exceções são Cu, Zn, Al e C org. A ocorrência de macrófitas aquáticas todavia pode ser ligada somente em limites com as concentrações de eletrólitos na água. Nos igarapés química e extremamente pobres da Formação Parecis, existe uma flora submersa luxuosa, que não ocorre nos igarapés quimicamente parecidos da Série de Barreiras. Neste contexto, está sendo discutida a importância da luz como fator limitante.

## INTRODUÇÃO

Estudos sobre a química da água em rios e igarapés da Amazônia foram realizados por vários pesquisadores: em 1950, Sioli dividiu as águas amazônicas em três tipos: água branca, água preta e água clara. Ele relacionou estes tipos de água com os solos e as formações geológicas das respectivas áreas de captação. Nos anos seguintes, as relações entre os solos e as condições químicas nas águas respectivas foram estudadas em mais pormenores por Sioli e outros autores: Sioli & Klinge (1962) e Klinge (1965, 1967b) focalizam a importância dos Podsolos para a formação de água preta, Klinge & Ohle (1964) discutem a influência dos solos sobre as condições químicas da água por meio de amostras de água de seis diferentes regiões amazônicas. Anonymus (1962, a,b) tenta elaborar por meio de análises hidroquímicas, o balanço dos sais minerais entre a água da chuva e água do rio Negro. Schmidt (1972 a) investigou 12 igarapés do longo da Estrada Manaus-Caracarái no norte de Manaus e discute os resultados químicos em combinação com as condições geológicas da região. Investigações limnológicas pormenorizadas foram realizadas por Braun (1952) em lagoas marginais do baixo Tapajós enquanto lagoas semelhantes do Amazonas perto de Manaus foram estudadas por Marlier (1967) e Schmidt (1972 b, 1973 a,b). Informações hidroquímicas adicionais encontram-se nos trabalhos de Geisler (1967) Gibbs (1967, 1970), Edwards & Thornes (1970), Brinkmann & Santos (1970, 1973), Furch (1976, 1978) e outros.

(\*) — Cooperação entre o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e o Max-Planck-Institut für Limnologie.

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

(\*\*\*) — Max-Planck-Institut für Limnologie, Plön.

Baseando-se na classificação hidroquímica das águas amazônicas do Sioli, Fittkau (1971 e 1974) elaborou uma classificação ecológica da região amazônica. Ambas as classificações, por falta de maior número de dados, tinham caráter geral. Trabalhos limnológicos de outros autores contribuíram com informações adicionais a estes conceitos (Junk, 1970; Reiss, 1973; Schmidt, 1973 c, 1976; Schmidt & Uherkovich, 1973; Irmiler, 1975; Geisler & Schneider, 1976; Uherkovich, 1976; Brandorff, 1977 e outros).

Como já era de se esperar, durante o estabelecimento dos conceitos hidroquímicos e ecológicos, eles se prestam para uma classificação geral, sem contudo abranger, quantificar e registrar até agora suficientemente um grande número dos fenômenos recentemente descobertos. Entretanto, tem que considerar-se o fato de que o número das análises biológicas e hidroquímicas a respeito da enorme área de captação do rio Amazonas (7.000.000 km<sup>2</sup>) ainda é insuficiente para uma classificação mais minuciosa, visto que, até agora, grandes áreas são de difícil acesso, faltando assim completar as informações necessárias. Atualmente, a construção de estradas na Amazônia possibilita o acesso às regiões ainda não estudadas, e permite coletar amostras necessárias para complementar os conceitos existentes.

Neste trabalho, são analisadas as condições hidroquímicas dos rios e igarapés ao longo da estrada que avança do Sul ao Centro da Bacia Amazônica e que liga Cuiabá, Porto Velho e Manaus. Juntamente com as amostras de água, foram coletadas também macrófitas aquáticas e moluscos (1), a fim de receber informações sobre suas distribuições e exigências ecológicas. Trabalhos adicionais sobre os rios e igarapés ao longo da Transamazônica, Perimetral Norte e a estrada Manaus-Boa Vista, estão em preparação.

Estes estudos estão sendo realizados com a finalidade de caracterizar por meio de um grande número de dados químicos, físico-químicos e hidrobiológicos, os igarapés e rios nas diferentes regiões da Amazônia e relacionar tanto quanto seja possível, os resultados obti-

dos com as condições geológicas das áreas de captação respectivas, contribuindo dessa maneira, para o aprimoramento dos conceitos hidroquímicos e ecológicos já existentes.

#### MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram coletadas no período de 8 a 13 de junho de 1976 de 46 rios e igarapés, que cruzam a estrada BR-364, que liga Cuiabá (no Estado de Mato Grosso do Norte) a Porto Velho (no Território de Rondônia), e também a BR-319 que liga aquele Território a Manaus (no Estado do Amazonas). O trecho total compreende cerca de 2300 Km<sup>2</sup> (Fig. 1 e 2). Infelizmente, os mapas colocados a nossa disposição foram imprecisos, especialmente com respeito à localização da estrada e a denominação de pequenos rios e igarapés.

Por isso, estão indicados, para uma melhor identificação dos locais de amostragem, o número de quilômetros indicados nas marcas de quilometragem. Estes números aumentam de Cuiabá (km 0) até a fronteira entre Mato Grosso e Rondônia (km 666). Deste ponto, eles diminuem, começando com km 790 até ao km 0 (Porto Velho). De Porto Velho (km 0), eles aumentam novamente até Manaus (km 857). Por estes motivos, está sendo indicado além destes números, a quilometragem contínua (Tab. 1), também usada neste trabalho.

As amostras foram coletadas na superfície da água corrente. Temperatura, condutividade elétrica e pH foram determinados imediatamente no local. Para a medida da temperatura, foi utilizada a sonda de Technoterm (precisão de  $\pm 0,1$  °C), enquanto que para a condutividade elétrica e o pH foram usados os aparelhos de campo da WTW.

Depois disso, as amostras foram fixadas com 2 ml HCl concentrado (Merck suprapuro) por litro e estocadas em garrafas de polietileno de 1 litro.

Nos locais de amostragem foram coletadas macrófitas aquáticas e moluscos numa distância de aproximadamente 100 m. As plantas encontram-se no Herbário do Instituto Nacional

(1) — A parte melacológica pertence a um projeto específico do Professor Dr. Wladimir Lobato Paraense do Instituto Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro, e assim sendo não pode ser discutido neste trabalho.

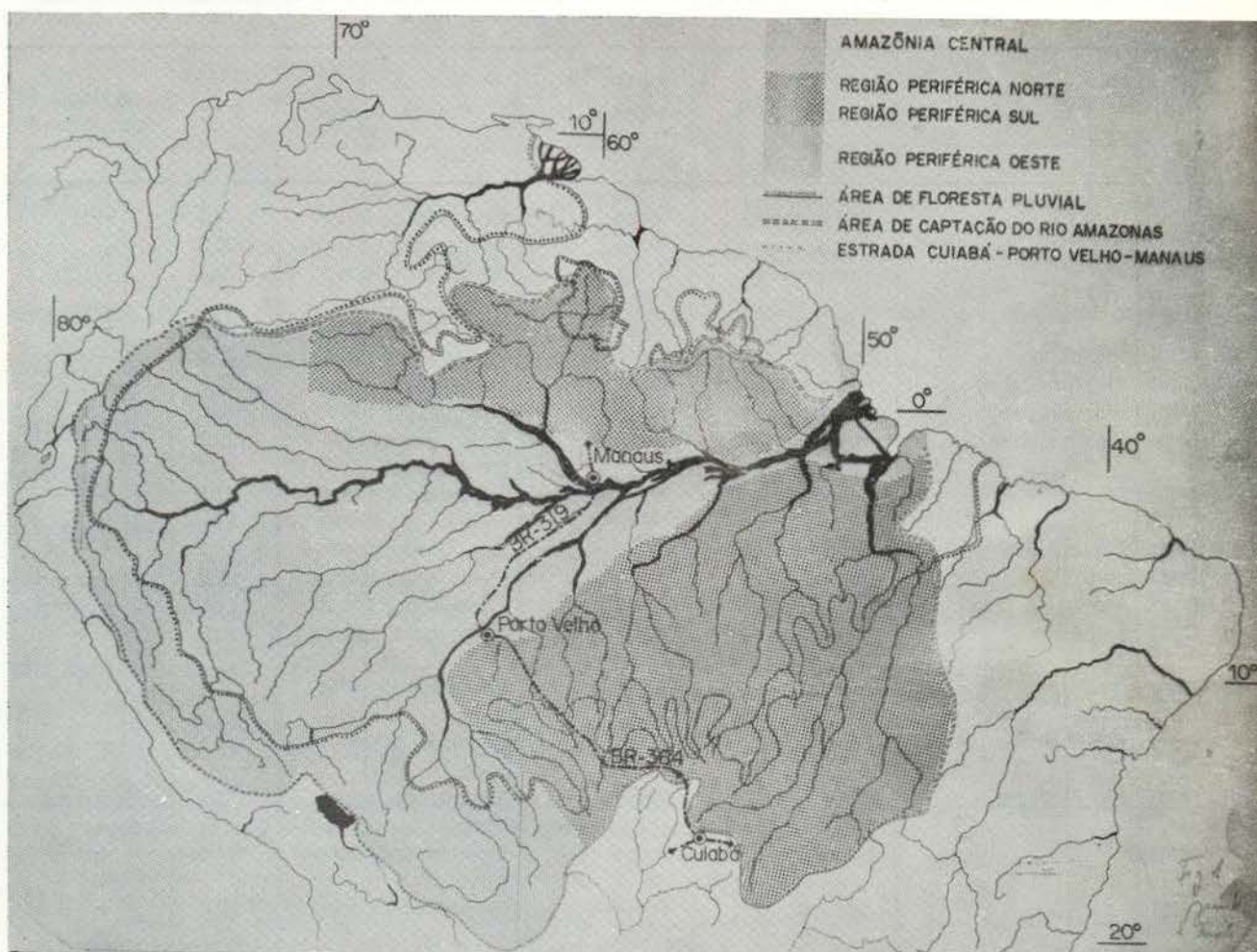


Fig. 1 — Áreas geoquímicas da região Amazônica (Fittkau et al. 1975).

de Pesquisas da Amazônia (INPA) em Manaus. Os poucos moluscos encontrados, foram encaminhados ao Dr. Lobato Paraense, para estudos adicionais.

As análises químicas foram realizadas no Instituto Max-Planck para Limnologia, Departamento de Ecologia Tropical, em Plön, Alemanha.

Para a determinação dos íons metálicos foi usado um espectrofotômetro de absorção atômica (AAS 300, Perkin Elmer), e a emissão de chama usada para a determinação dos elementos Na, K, Mg, e Ca.

Para a calibração, foram usadas soluções multielementar muriáticas, (HCl suprapuro) as quais continham, quantidades de Na, K, Mg e Ca análogas às suas concentrações nas águas naturais. Para evitar interferências químicas

de ionização durante as medições, foi acrescentado às soluções de calibração, comparação e amostragem, 1% em volume de uma solução Lantânio-Césio (10% La, 5% Cs). As medidas foram realizadas, usando-se uma flama Ar-Acetileno.

Os elementos traços (Ba, Sr, Al, Fe, Mn, Cu, Zn) foram medidos, usando-se um queimador de grafite tipo HGA 76 B (Perkin Elmer). A solução de calibração foi também multielementar, contendo, além dos metais principais (Na, K, Mg, Ca), os elementos traços Ba, Sr, Al, Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb e Bn. Desta maneira, foi possível compensar durante a medição de cada elemento, interferências incômodas, provocadas pela existência natural desses metais nas amostras.

TABELA 1 — Descrição geral dos rios e igarapés estudados, cortando a estrada no trecho Cuiabá-Porto Velho-Manaus.

Km (1)	Nome	Tipo de rio (2)	Leito	Cor da Água	T °C	Ocorrência de macrófitas (3)
13 (13)		Pequeno rio	Seixo	Esverdeado, turvo	24,5	—
42 (42)		Pequeno rio	Seixo	Transparente	25,3	—
68 (68)		Pequeno rio	Xisto + Laterito	Esverdeado, turvo	25,3	—
97 (97)		Pequeno rio	Seixo	Esverdeado, turvo	24,5	—
130 (130)	Rio Nobres	Pequeno rio	Seixo	Esverdeado, turvo	26,6	—
148 (148)	Rio Tombador	Pequeno rio	Seixo	Esverdeado, transp.	26,0	—
178 (178)	Rio Caetés	Igarapé	Areia	Esverdeado, transp.	25,8	++
235 (235)	Rio Sumidora	Igarapé	Laterito + Areia	Pouco pardaço, transparente	22,3	++++
405 (405)	Rio Verde	Pequeno rio	Areia + Laterito	Esverdeado, transp.	22,5	+++
506 (506)	Rio Juruena	Pequeno rio	Areia	Esverdeado, transp.	22,5	+++
711 (745)		Igarapé	Areia	Esverdeado, transp.	22,3	++++
738 (718)	Rio 12 de Outubro	Igarapé	Areia	Esverdeado, transp.	21,9	++++
818 (638)	Rio Avila	Pequeno rio	Areia + Laterito	Esverdeado, transp.	22,0	++
893 (563)		Igarapé	Areia + Laterito	Esverdeado, pouco turvo	21,4	+
949 (507)	Rio Melgaço	Rio	Areia	Cinzento, pouco turvo	22,8	—
976 (480)	Rio Riozinho	Rio	Pedra	Esverdeado, pouco turvo	22,9	++
1013 (443)		Igarapé	Pedra	Esverdeado, pouco turvo	21,9	++
1087 (369)		Igarapé	Areia + Seixo	Esverdeado, transp.	23,4	+
1092 (364)	Rio Machado	Rio	?	Cinzento, turvo	24,2	
1107 (349)		Igarapé	?	?	22,1	++ ? (4)
1175 (281)	Rio Jaru	Pequeno rio		Cinzento, turvo	22,4	—
1193 (263)		Igarapé	Argila + Areia	Cinzento, turvo	21,4	—
1215 (241)		Igarapé	Areia + Seixo	Cinzento, turvo	21,8	—
1374 (182)	Rio Branco	Pequeno rio	Areia	Cinzento, turvo	23,1	—
1302 (154)		Igarapé	Areia + Seixo	Esverdeado, pouco turvo	23,6	+(5)
1379 (77)	Rio Jamari	Rio	?	Cinzento, turvo	25,0	—
1385 (71)		Igarapé	Areia	Pouco pardaço, transparente	23,8	+(5)
1399 (57)		Igarapé	Areia	Transparente	23,8	+++
1414 (42)	Rio Novo	Pequeno rio	Areia + Seixo	Esverdeado, transp.	—	+++
1456 (0)	Rio Madeira	Rio	?	Argiloso, fortemen- te turvo	25,7	+++
1462 (6)		Igarapé	Areia	Pouco pardaço, transparente	22,9	+
1522 (66)		Igarapé	Areia	Castanho, transp.	23,4	++
1558 (102)		Igarapé	Areia	Transparente	23,4	+++
1596 (140)		Igarapé	Areia	Pouco pardaço, transparente	24,8	++
1646 (190)		Poço pluvial	Argila	Pouco pardaço, transparente	27,4	++++

TABELA 1 — (Continuação).

Km (1)	Nome	Tipo de rio (2)	Leito	Cor da Água	T °C	Ocorrência de macrófitas (3)
1728 (272)		Igarapé	Argila + Areia	Castanho, turvo	24,5	—
1776 (320)		Pequeno rio	Argila + Areia	Castanho, turvo	24,1	—
1889 (433)		Igarapé	Argila + Areia	Castanho, transp.	25,1	—
1896 (440)		Igarapé	Argila + Areia	Castanho, transp.	24,8	—
1945 (489)		Pequeno rio	Argila + Areia	Castanho, transp.	24,3	—
2041 (485)		Pequeno rio	Argila + Areia	Castanho, transp.	25,2	—
2073 (617)	Rio Preto do Igapó Açu	Rio	?	Castanho, transp.	26,7	—
2148 (692)	Rio Tupaná	Rio	?	Castanho, transp.	27,2	—
2211 (755)	Rio Castanho	Rio	Argila + Areia	Argiloso, fortemen- te turvo	27,8	+++
2272 (816)	Rio Araçá	Rio	Argila + Areia	Argiloso, fortemen- te turvo	28,6	++++
	Rio Amazonas	Rio	Argila + Areia	Argiloso, fortemen- te turvo	—	++++

(1) — A quilometragem em parenteses corresponde aos números indicados nos marcos rodoviários.

(2) — Igarapé: Pequeno rio com largura máximo de 10 m e profundidade até 1 metro.

Pequeno rio: Largura de 10,50 m e profundidade acima de 1 metro.

Rio: Largura acima de 50 metros.

A definição usada acima, naturalmente é problemática porque a avaliação é subjetiva e generalizada. Além disso, os corpos de água podem mudar a categoria por causa das épocas secas e chuvosas.

- (3) —  
 — = Sem macrófitas aquáticas,  
 + = Ocorrência muito esporádica,  
 ++ = Ocorrência esporádica,  
 +++ = Ocorrência freqüente,  
 ++++ = Ocorrência abundante.

(4) — Existente mas no escuro não deu para determinar.

(5) — Somente *Batrachospermum* sp.

As substâncias químicas usadas foram de pureza analítica garantida (Merck).

Para determinação de fósforo total e nitrogênio pelo Kjeldahl, 50 ml da amostra foi oxidada, acrescentando 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 4% e algumas gotas de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30%. Na solução, o fosfato foi determinado pelo método de Azul de molibdênio (Strickland & Parsons 1968) e o nitrogênio pelo método de indofenol. Não foi possível determinar fosfato livre, bem como os compostos inorgânicos de nitrogênio, cujas estabilidades são muito limitadas (Furch 1975).

A concentração do carbono orgânico nas águas foi determinada por meio do analisador de carbono (Modelo 915 A. Fa. Beckmann):

Tem que ser mencionado o fato de que as análises das amostras foram realizadas somente alguns meses depois da coleta dados a problemas técnicos e organizatórios. Mesmo tendo sido fixadas as amostras de água com HCl, modificações em relação ao estado original das amostras face ao longo tempo de estocagem, não podem ser excluídas completamente.

#### DESCRIÇÃO DA ÁREA INVESTIGADA

##### GEOLOGIA E TOPOGRAFIA

De Cuiabá (situada cerca de 150 m acima do nível do mar) a estrada BR-364 passa em Rosário do Oeste em direção norte (Fig. 1 e 2),

atravessando o grupo Cuiabá que é formado por micaxistos pré-cambrianos. Seguem os conglomerados do grupo Jangada que está constituído de quartzito, granito e gnaiss, sendo coordenado às mais recentes camadas do eo-cambriano inferior.

Cerca de 100 km aproximadamente após Cuiabá, a estrada passa pelo grupo Araras, que é formado por calcários e dolomitas do eo-cambriano superior, sendo o grupo Araras consideravelmente mais resistente que os grupos Cuiabá e Jangada, ele aparece em forma de uma série de colinas, às quais cercam a depressão de Cuiabá, ao Nordeste. Segue-se ao grupo Araras, o grupo Alto Paraguai, incluído ao cambro-ordoviciano e sendo formado de arenito, folhelo e camadas de calcário-arenoso.

Após Diamantino, a estrada toma direção para oeste, subindo para a Chapada dos Parecis, acima do planalto (cerca de 700 m de altura) em direção a Vilhena voltando-se no meio do caminho para nordeste.

Os rios e igarapés que cruzam a estrada, inclusive o rio Tombador (km 148) seguem direção sudoeste e deságuam no rio Paraguai. O próximo rio, o Caetés (km 178), corre da Chapada dos Parecis ao rio Arinos, afluente do rio Juruena. Este forma com o rio Teles Pires o rio Tapajós, que desemboca na altura de Santarém no rio Amazonas. À área de captação do rio Juruena pertencem todos os afluentes até Vilhena inclusive o rio 12 de Outubro (km 735).

A Chapada dos Parecis pertence à formação Parecis, sendo formada por arenitos e quartzitos, incluída no cretáceo superior. A estrada passa perto da linha divisória das águas, atravessando neste trecho apenas alguns rios.

Após Vilhena, a estrada segue em direção noroeste até ao vale do rio Machado, seguindo-o até Rondônia. De Rondônia, ela atravessa os prolongamentos da Serra do Mirante numa altura de cerca de 400 m até perto de Porto Velho. Os rios Machado e Javari deságuam no rio Madeira o qual desemboca no rio Amazonas aproximadamente 150 km abaixo de Manaus.

Cerca de 100 km depois de Vilhena, começa o pré-cambriano indiviso, sendo formado por gnaiss, migmatitos, charconitos e granitos,

rompidos por erupções vulcânicas ácidas. O pré-cambriano indiviso ultrapassa o rio Madeira na altura de Porto Velho por mais alguns quilômetros, sendo substituído depois pelos sedimentos terciários da bacia amazônica.

Atravessando o rio Madeira, a estrada passa a uma altura de 100 metros, descendo depois na Bacia Amazônica, seguindo em direção noroeste na linha divisória das águas entre os rios Purús e Madeira até Manaus.

Os sedimentos terciários da Bacia Amazônica não estão sendo considerados homogêneos, (Irion, 1978). A região ao norte de Manaus é mais alta que a região sul, assim sendo está exposta em maior escala à erosão pelos rios e igarapés. Por outro lado, a região mais baixa ao sul de Manaus foi influenciada durante o pleistoceno por processos de sedimentação, provocados por represamento devido a subida do nível do mar durante uma época de temperatura mais elevada, (Irion & Förstner, 1975; Irion, 1976 a,b, 1978). O relevo aplanado desta região está sendo atribuído a estes fenômenos.

Cerca de 100 km antes de Manaus, começa uma zona de transição da área regularmente inundada pelo rio Solimões/Amazonas (várzea), na qual estão sendo depositados sedimentos recentes de origem andina e pré-andina (Fig. 1). Nesta zona, a estrada passa em parte acima de um dique, para evitar inundações durante as enchentes.

#### CLIMA E VEGETAÇÃO

A grande distância entre Cuiabá e Manaus reflete-se em diferenças nítidas do clima. Enquanto perto de Manaus caem 2100 mm de precipitação anual, em Cuiabá esta é de apenas 1400 mm, sendo de grande importância biológica a distribuição das chuvas durante o ano. Ao redor de Manaus, ocorre uma época de pequena precipitação, durante os meses de junho até outubro com um mínimo de aproximadamente 30 mm de chuva em agosto.

Ao redor de Cuiabá, a época seca é pronunciada e durante os meses de junho, julho e agosto caem somente cerca de 10 mm de chuva por mês, (Hueck, 1966), promovendo diferenças marcantes na vegetação. A área de Cuiabá pertence a região do Campo Cerrado

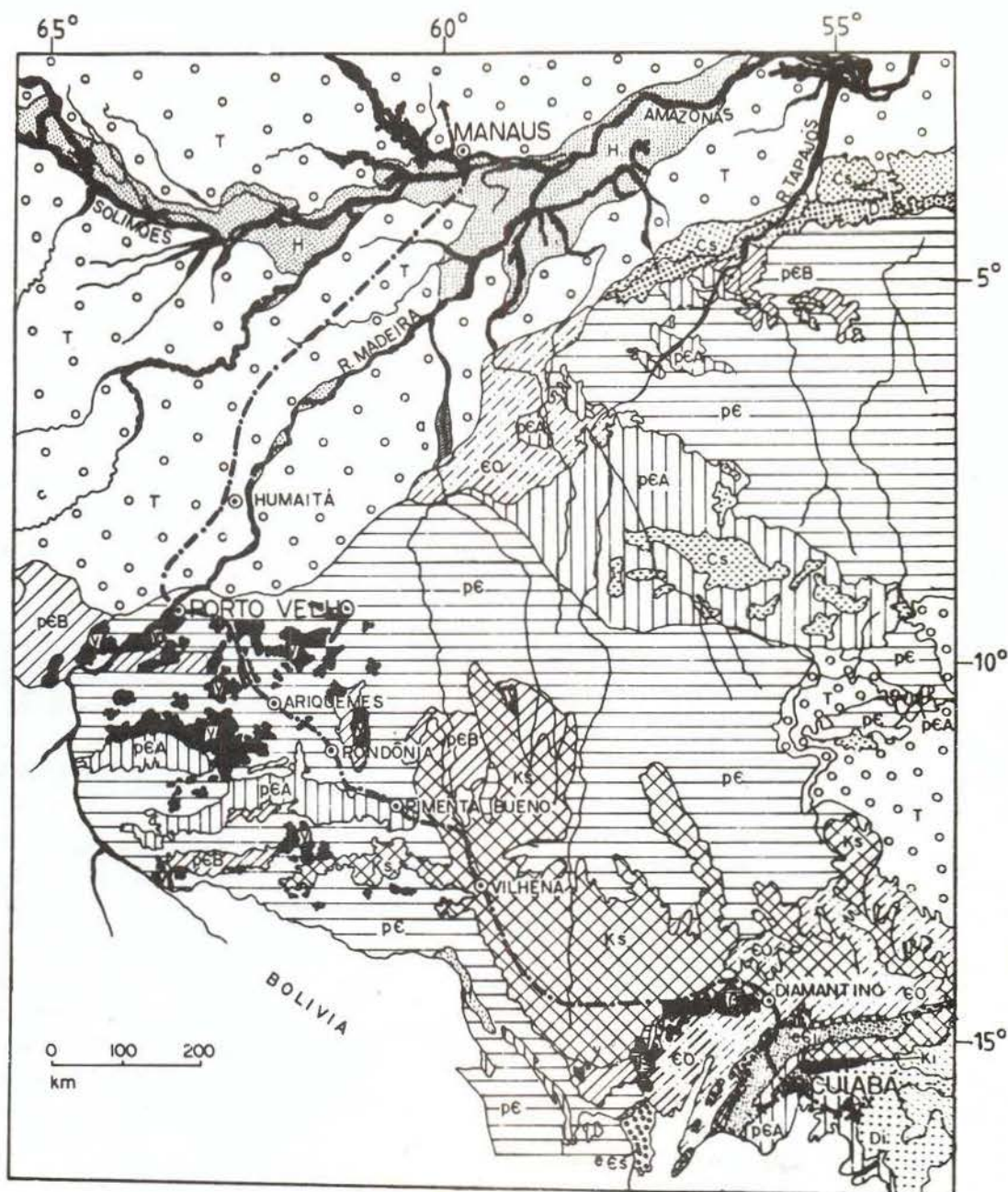


Fig. 2 — Mapa geológico da área investigada (Ministério das Minas e Energias, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1971).

do Brasil Central, que ocupa grandes áreas dos Estados de Mato Grosso, Rondônia, Minas Gerais, Bahia, Goiás e São Paulo. Esta área, que se estende em cerca de 1000 km de norte ao sul e 1.200 km de oeste para leste, (Hueck, 1966), representa um tipo de savana que, especialmente em regiões mais altas, pode apresentar caráter de estepe. Característico para a vegetação desta região é o crescimento atrofiado das árvores. Ao longo das margens dos rios e igarapés formam-se matas de galeria.

Depois de Vilhena, na base da Chapada dos Parecis, o crescimento das árvores é mais luxuriante todavia a zona de transição entre o Campo Cerrado e a floresta pluvial amazônica estende-se até o interior do Território de Rondônia. A floresta pluvial desta área cresce mais luxuriante que a da Bacia Amazônica, com uma ocorrência acentuada da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*), que apresenta exigências elevadas à qualidade dos solos (Fittkau, 1971). Isso está sendo refletido também na quantidade de sais minerais dissolvidos na água dos igarapés, como será mostrado mais tarde.

Tendo ultrapassado o rio Madeira, a estrada atravessa a floresta pluvial da Bacia Amazônica, sendo interrompida somente na altura de Humaitá, por uma área de Campo de cerca de 50 km de largura. Na área influenciada pelas inundações regulares do rio Solimões/Amazônia a mata da terra firme está sendo substituída pela mata inundável.

## RESULTADOS

### CONDUTIVIDADE ELÉTRICA, PH E TEMPERATURA

As medidas realizadas "in loco" do pH e da condutividade elétrica permitiram "a priori" uma divisão aproximada dos rios e igarapés, conforme os cinco trechos abaixo relacionados e cujos limites se encontram perto das localidades de Cuiabá, Diamantino, Pimenta Bueno, Porto Velho, Rio Castanho e Manaus (Fig. 3a,b)

No primeiro trecho de aproximadamente 150 km, entre Cuiabá e Diamantino, a condutividade elétrica (K 20) das águas está acima de  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  com um máximo a  $340 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Os valores de pH, ficam na faixa alcalina e variam entre 8.05 e 8.40.

No começo de segundo trecho (Diamantino-Pimenta Bueno), cerca de 700 km, a condutividade elétrica das águas, baixa drasticamente para  $3-6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , começando a subir novamente no início do terceiro trecho, perto de Pimenta Bueno. A mesma observação é válida para os valores de pH, que baixaram a valores de 5.15 — 5.90. Porém, o aumento do pH no terceiro trecho se inicia cerca de 100 km antes do aumento da condutividade elétrica.

O terceiro trecho de 500 km, está situado entre Pimenta Bueno e Porto Velho. Suas águas são caracterizadas por valores oscilantes de condutividade elétrica ( $5-50\text{-}\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e de pH (4.95 — 7.65), todavia com exceção de poucas amostras perto de Porto Velho, os valores mostraram-se bem superiores aos do segundo trecho.

O quarto trecho, aproximadamente 700 km, estende-se de Porto Velho até o rio Castanho. É caracterizado por igarapés e rios de baixa condutividade elétrica ( $4-19 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) com os valores do pH oscilando nos primeiros 320 km entre 5.35 e 6.35, e no resto da distância entre 4.85 e 5.05.

As águas do quinto trecho (Rio Castanho — Manaus), mostram-se, outra vez, com elevadas concentrações de eletrólitos ( $30-60 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e valores de pH mais elevados (6.35 — 6.55).

A temperatura da água varia de  $21,4^{\circ}\text{C}$  —  $28,6^{\circ}\text{C}$  em dependência da altura da área e do tamanho do rio, sendo as temperaturas mais baixas na Chapada dos Parecis e as temperaturas mais altas nos grandes rios do quinto trecho (Tab. 1).

### ANÁLISES DE LABORATÓRIO

A divisão da distância total em cinco trechos baseada nas medidas "in loco", foi confirmada mais tarde pelas análises realizadas no laboratório. Especialmente quanto aos metais alcalino-terrosos (Mg, Ca, Sr, Ba) os quais repetiram as oscilações acima descritas de uma maneira quase idêntica e, às vezes, de forma muito mais pronunciada (Figs. 3c, 4c, 4d, 5a e 5b).

As concentrações do Cálcio nas águas do primeiro trecho, mostraram valores até quase 10.000 vezes mais altos do que nas águas do



segundo trecho. Entretanto, as diferenças entre as concentrações de sódio e potássio, foram menos pronunciadas e a transição menos marcante; mesmo assim, corresponde à distribuição destes dois metais alcalinos, e ao modelo acima descrito (Fig. 4a, b). O mesmo é válido para a distribuição do fósforo total e manganês (Fig. 5c e 7c), bem como para o ferro, levando em consideração somente os três primeiros trechos (Fig. 7b).

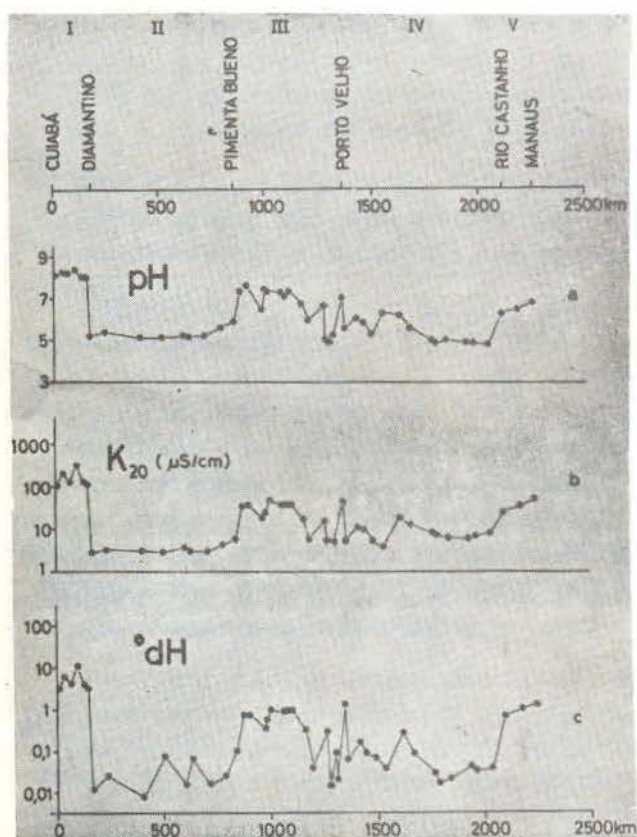


Fig. 3 a-c — Valores de pH, condutividade elétrica e dureza (escala alemã de dureza °dH) nos rios e igarapés do trecho estudado.

Por outro lado, as concentrações de alumínio e carbono orgânico, relacionam-se com suas concentrações baixas com a distribuição dos cations principais somente no segundo trecho (Fig. 6a, b). Finalmente, a distribuição de zinco, cobre e nitrogênio total não mostraram nenhum caráter específico visível (Fig. 6c, 6d e 7a).

Química...

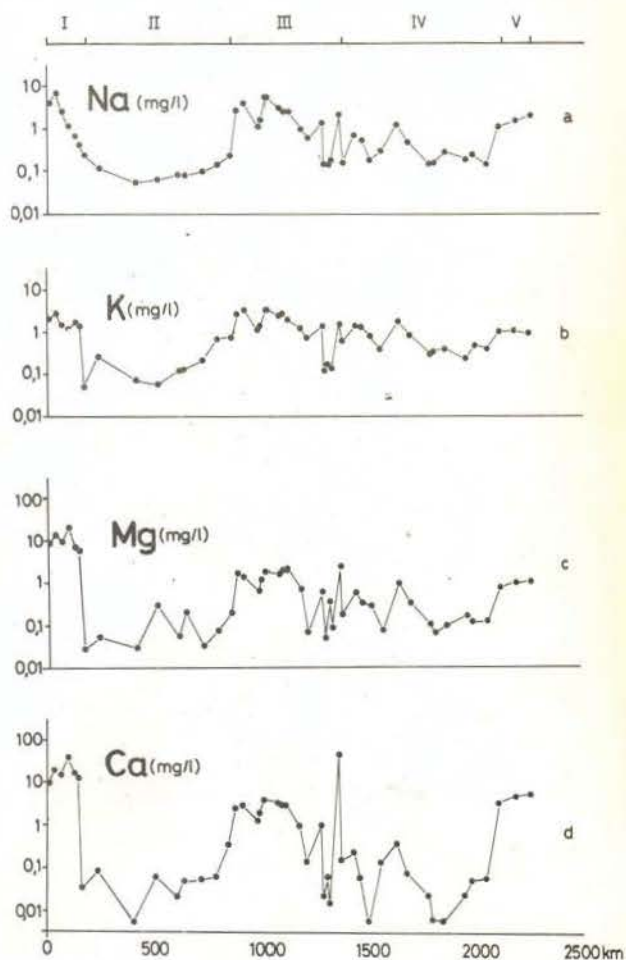


Fig. 4 a-d — Concentrações de Na, K, Mg e Ca nos rios e igarapés do trecho estudado.

#### OCORRÊNCIA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

A ocorrência de macrófitas aquáticas nos rios e igarapés investigados, está relatada na tabela 1. No primeiro trecho, não foram encontradas macrófitas aquáticas. Todavia no segundo trecho, foi encontrada em quase todos os rios e igarapés, uma flora submersa luxuosa, especialmente *Sagittaria rhombifolia*, *Eichhornia pauciflora*, *Elodea granatensis* e *Cabomba pihauhyensis*.

No terceiro trecho, ocorreram várias espécies de Podostemonaceas em áreas rochosas de forte correnteza. Os igarapés originados de áreas pantanosas, cobertas de Musaceas mostraram-se em geral turvos e não continham perto da estrada nenhuma vegetação submersa.

Os igarapés do quarto trecho, entre Porto Velho e o rio Castanho, foram caracterizados nos primeiros 200 km, pela ocorrência de *Eichhornia pauciflora*, *Elodea granatensis*, *Nymphaea rudgeana*, *Nymphoides humboldtiana*, *Mayaca fluviatilis* e *Mayaca kunthii*. Nos poços transparentes de água da chuva ao longo da estrada, pouco sombreados, ocorreram macrófitas aquáticas em grande abundância até o km 1776. Depois disso, elas não foram mais encontradas. Todavia, neste ponto, queremos acentuar que, os igarapés desta área são fortemente modificados pela construção da estrada ocorrendo geralmente um represamento considerável, que inunda áreas de vários hectares e nos quais as árvores de terra firme morreram em consequência da inundação permanente.

No quinto trecho, apareceram as grandes comunidades de plantas flutuantes, as quais são características para a região do Médio Amazonas. Os elementos principais desta vegetação são graníneas aquáticas e semiaquáticas, tais como: *Paspalum repens*, *Paspalum fasciculatum*, *Echinochloa polystachya*, *Leersia*

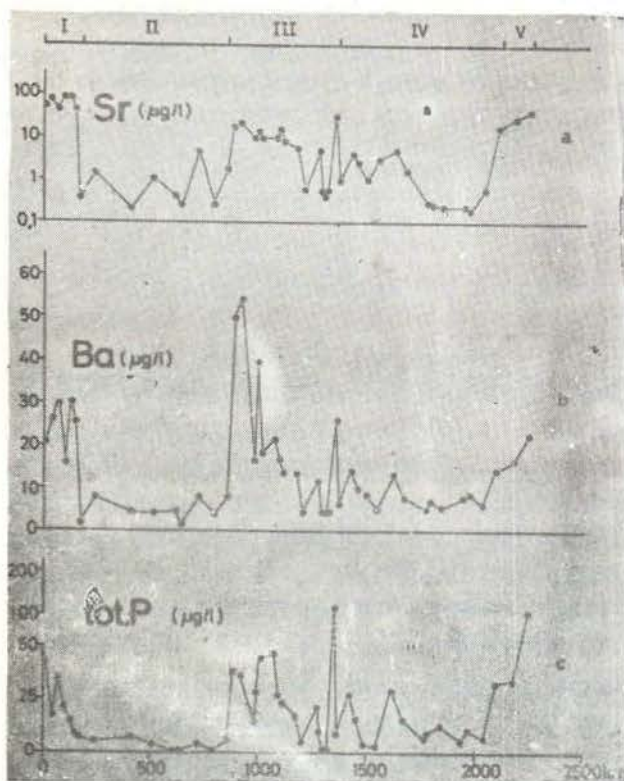


Fig. 5 a-c — Concentrações de Sr, Ba e tot. P nos rios e igarapés do trecho estudado.

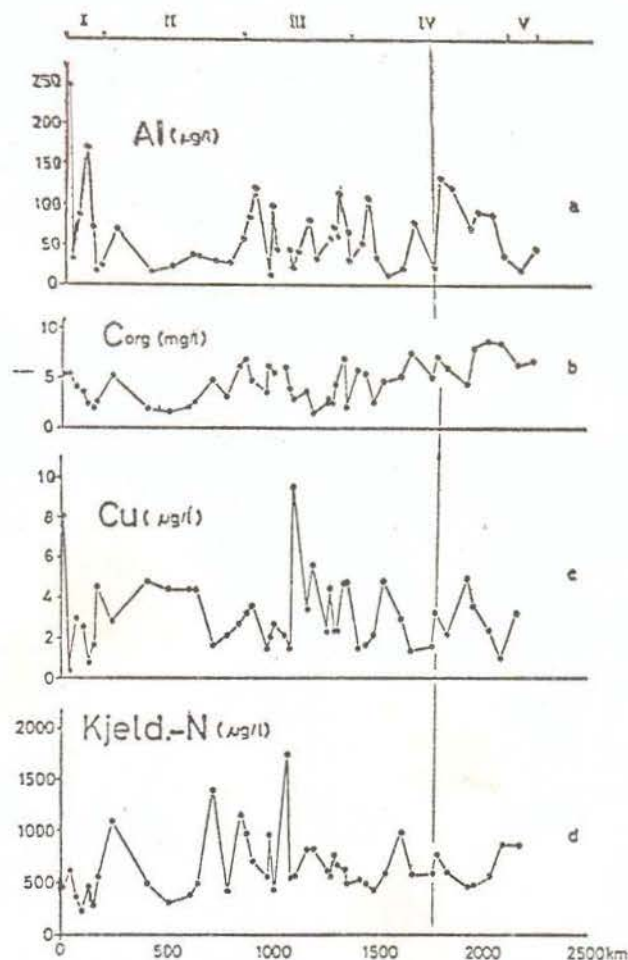


Fig. 6 a-d — Concentrações de Al, tot. C-org., Cu e Kjeld. N nos rios e igarapés do trecho estudado.

*hexandra*, *Oryza perennis*, *Hymenachne amplexicaulis*. Outros elementos característicos são: *Scirpus cubensis* (Cyperaceae), *Eichhornia crassipes*, *Pontederia rotundifolia* (Pontederiaceae), *Salvinia* ssp. (Salviniaceae), *Victoria amazonica* (Nymphaeaceae), *Montrichardia arborescens* (Araceae) e outros (Junk, 1970, 1979 no prelo).

#### DISCUSSÃO

A discussão de dados hidroquímicos de águas correntes baseados na geologia, envolve uma série de problemas, os quais, em parte, são muito difíceis de avaliar. Em conexão ao trabalho presente estão os seguintes problemas de importância específica:

1. A composição química da água é a consequência de diversos processos e reações

que ocorrem na área de captação. Quanto maior a área, tanto mais complexos são em geral os fatores influentes;

2. Particularidades petrográficas locais podem provocar especialmente em pequenos igarapés, diferenças significantes nas concentrações de eletrólitos em suas águas;
3. Os fatores que influenciam a composição química da água não resultam somente de processos abióticos da área de captação, mas são também em grande parte de origem biótica. Isso dificulta, especialmente em águas que apresentam baixas concentrações de eletrólitos, conclusões relacionadas à geoquímica da área de captação;
4. Modificações artificiais de origem antropogênica podem cobrir parcialmente ou até completamente o caráter original da água.

Além destes problemas gerais, a identificação dos corpos de água, e sua inclusão a um tipo químico específico estão sendo dificultadas no presente trabalho pela falta de mapas planimétricos e geológicos suficientemente minucioso. Enquanto a estrada, conforme o mapa, passa na linha divisória das águas, na realidade ela atravessa os cursos superiores de muitos rios e igarapés. Além disso, a designação muitas vezes é heterogênea.

Por outro lado, os mapas geológicos são, em vários pontos imprecisos por falta de informação mais esclarecedora. Estes problemas são considerados tanto quanto sejam possíveis na discussão dos dados nos próximos parágrafos.

#### PETROGRAFIA E QUÍMICA DA ÁGUA

A transferência dos trechos estabelecidos por meio de análises químicas para o mapa geológico mostra correlações acentuadas com a distribuição das formações geológicas (Fig. 2). As águas cujas origens estão nas formações ricas em calcário perto de Cuiabá (grupos Cuiabá, Jangada e Alto Paraguai) são os mais ricos em eletrólitos de toda a área investigada. Como era previsto, elas contêm concentrações relativamente altas de Ca e Mg e podem ser consideradas, conforme a escala alemã de

graus de dureza ( $^{\circ}\text{dH}$ ), como águas moles até meio duras, e com valores de pH acima de 8, como águas alcalinas.

Em comparação as outras águas investigadas, também os valores de Sr são consideravelmente mais altos. Estes rios e igarapés ricos em metais alcalino-terrosos deságuam no rio Paraguai e influenciam em larga escala as condições limnoquímicas do Pantanal.

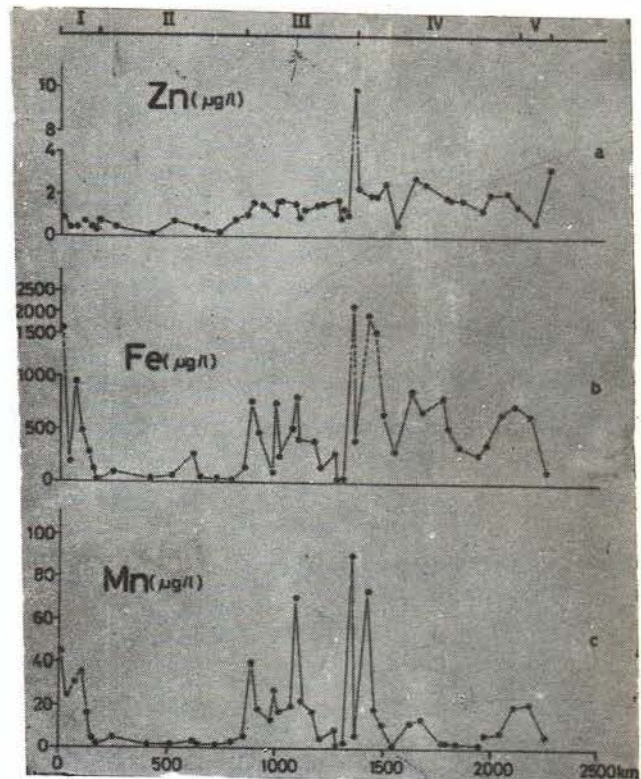


Fig. 7 a-c — Concentrações de Zn, Fe e Mn nos rios e igarapés do trecho estudado.

O segundo trecho entre Diamantino e Pimenta Bueno, coincide com a ocorrência dos arenitos da Formação Parecis. As águas têm uma coloração verde e são extremamente transparentes. Do ponto de vista químico, elas são caracterizadas pela extrema deficiência em eletrólitos, (concentrações de Ca e Mg sempre abaixo de  $0,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), baixa dureza ( $<0,1 \text{ }^{\circ}\text{dH}$ ) e acidez relativamente alta ( $\text{pH} < 6$ ).

Pelo fato de que os rios e igarapés investigados nesta área são relativamente pequenos e mantêm um caráter hidroquímico uniforme durante uma distância de cerca de 700 km, este

tipo de água pode ser considerado como característico para a Formação Parecis, a qual aparentemente, tem uma estrutura muito uniforme. A sua influência nos rios e igarapés chega até à região de Pimenta Bueno.

As águas do Pré-Cambriano Indiviso do ponto de vista hidroquímico são heterogêneas, e com exceção de poucas amostras perto de Porto Velho, são consideravelmente mais ricas em eletrólitos e menos ácidas do que aquelas da Formação Parecis. Obviamente, a degradação das rochas arqueanas libera mais sais minerais do que as rochas da Formação Parecis. Como anteriormente mencionado, a floresta cresce mais luxuriosa nesta área do que na Bacia Amazônica adjacente, formada pelos sedimentos terciários pobres em sais minerais.

A ocorrência de igarapés com águas ácidas perto de Porto Velho, está possivelmente ligada a existência de áreas com erupções plutônicas ácidas nesta região. Todavia, isso deverá ser provado com investigações mais precisas. Em geral, pode ser comprovado, que os resultados hidroquímicos indicam uma grande heterogeneidade dos solos desta área. Esta suposição já se encontra evidenciada no trabalho de Beurlen (1970)<sup>(2)</sup>.

O rio Madeira não está sendo incluído no grupo das águas que refletem as condições hidroquímicas do Pré-Cambriano Indiviso. Nas suas cabeceiras, ele é fortemente influenciado pelas condições químicas da zona Pré-Andina. A água é relativamente rica em eletrólitos e é turva durante a época chuvosa dado o material inorgânico em suspensão de origem Pré-Andina.

A zona quatro coincide com a área dos sedimentos de águas interiores do Terciário, que cobrem a Bacia Amazônica. Estes sedimentos compõem-se de areias quartzonas e caulinitas pobres em nutrientes. Em consequência disso, também as águas são pobres em eletrólitos e bastante ácidas, variando todavia sua composição com a heterogeneidade dos próprios sedimentos, como já foi mencionado. Índícios destes fatos são, entre outros, os valores de pH das águas que nos primeiros 320 km deste trecho são bem mais altos o que era de esperar-se

(pH 5.35 — 6.36). Também nas amostras da segunda parte deste trecho, os valores de pH com variações entre 4.85 — 5.05 foram nitidamente bem acima daqueles indicados por Schmidt (1972) e Furch (1978) para os igarapés ao norte de Manaus.

Estas diferenças poderiam ser resultantes dos processos sedimentológicos do pleistoceno, os quais, encheram as áreas mais fundas no sul da bacia com sedimentos mais recentes, o que não aconteceu no norte.

Com o rio Castanho situado cerca de 100 km de Manaus, começa o quinto trecho, o qual é influenciado pelas inundações periódicas do rio Solimões/Amazonas. Neste trecho estão sendo depositados em quantidades variáveis, sedimentos recentes de origem pré-andina. As águas são relativamente ricas em eletrólitos, levemente ácidas até quase neutras, em parte misturadas com águas das áreas adjacentes, refletindo mais as condições hidroquímicas da área pré-andina do que as da Bacia Amazônica Central, (conforme Fittkau 1971). Por isso, elas são mais parecidas como a água do rio Madeira, que também está sendo influenciada nas suas cabeceiras pela área Pré-Andina, como já foi mencionado.

**VALORES MÉDIOS DE CONCENTRAÇÕES DOS ELEMENTOS: ELEMENTOS PRINCIPAIS (Na, K, Mg, Ca E PARÂMETROS LIGADOS, pH,  $\mu$ S, DUREZA)**

Para melhor visualização, descrevemos as classes em forma de valores médios das substâncias investigadas (Fig. 8 - 11). Na apresentação destas classes são considerados tanto a afinidade química das águas quanto a sua origem geológica. As águas da classe I drenam áreas ricas em calcário e dolomita perto de Cuiabá, as da classe II, o Grupo Parecis. A classe III (embasamento indiviso) foi dividida em duas sub-classes. A razão para isso é o fato de que, com poucas exceções, as águas ácidas perto de Porto Velho (classe III b) são nitidamente diferentes com respeito aos valores médios das substâncias investigadas das outras águas desta classe (Classe III a).

(2) — Estudos mais precisos sobre a geologia desta região foram realizados recentemente pelo Projeto RADAM. Os resultados ainda não estão à disposição.

Foram também divididas as águas dos sedimentos terciários da Bacia Amazônica (classe IV) em duas sub-classes. A sub-classe (IV a) inclui os igarapés e rios que seguem ao embasamento indiviso (km 1776) e mostra, com poucas exceções, concentrações nitidamente mais altas que as águas da sub-classe seguinte, IV b. A classe V representa as águas influenciadas pela área pré-andina, incluindo também o rio Madeira e as da área de transição entre os sedimentos terciários e os sedimentos recentes de origem pré-andina.

Como foi mencionado, nota-se nas águas do trecho Cuiabá-Porto Velho uma variação considerável, especialmente com os metais alcalinos e alcalinos terrosos (Na, K, Mg, Ca, Sr, Ba) e os parâmetros diretamente ligados a eles (pH, dureza, condutividade elétrica) (Fig. 8-11). Isso demonstra a aptidão específica destes íons para uma classificação das águas, especialmente, quando estes parâmetros demonstram diferenças significativas entre as classes de água. Para uma melhor disposição dos dados foi necessário, com exceção do Ba, usar escala logarítmica para representar as concentrações. Entretanto as maiores diferenças são mostradas pelo Ca, sendo que as águas da classe I (média) são cerca de 650 vezes mais ricas deste íon do que as águas da sub-classe IV b com a menor concentração média. Nas águas das três classes que apresentam concentrações mais baixas (II, IIIb, IVb) e que representam mais do que a metade do trecho Cuiabá-Porto Velho-Manaus, os valores médios encontrados oscilam entre 28 — 82  $\mu\text{g Ca/l}$ , concentrações, que nas águas das zonas temperadas são incluídas no grupo dos elementos traços (Bowen 1966, Förstner & Müller 1974). Em combinação com as baixas concentrações de Mg (valores médios entre 110 — 140  $\mu\text{g Mg/l}$ ) e os baixos valores de pH (valores médios entre 4,95-5,35) estas águas podem ser caracterizadas como "águas não carbonatadas e extremamente não tamponadas" (Hutchinson, 1957; Ruttner, 1962; Stumm & Morgan, 1970; Wetzell, 1975).

Enquanto a condutividade elétrica para águas de composição iônica normal indica as concentrações de substâncias minerais em solução sendo, portanto, diretamente proporcio-

nal à concentração dos cátions e ânions principais (Ruttner 1962, Gibbs 1967, Höll 1970), ela não permite conclusões diretas a respeito de concentrações de íons inorgânicos em águas extremamente pobres em eletrólitos como acima descritas e, em geral, amplamente distri-

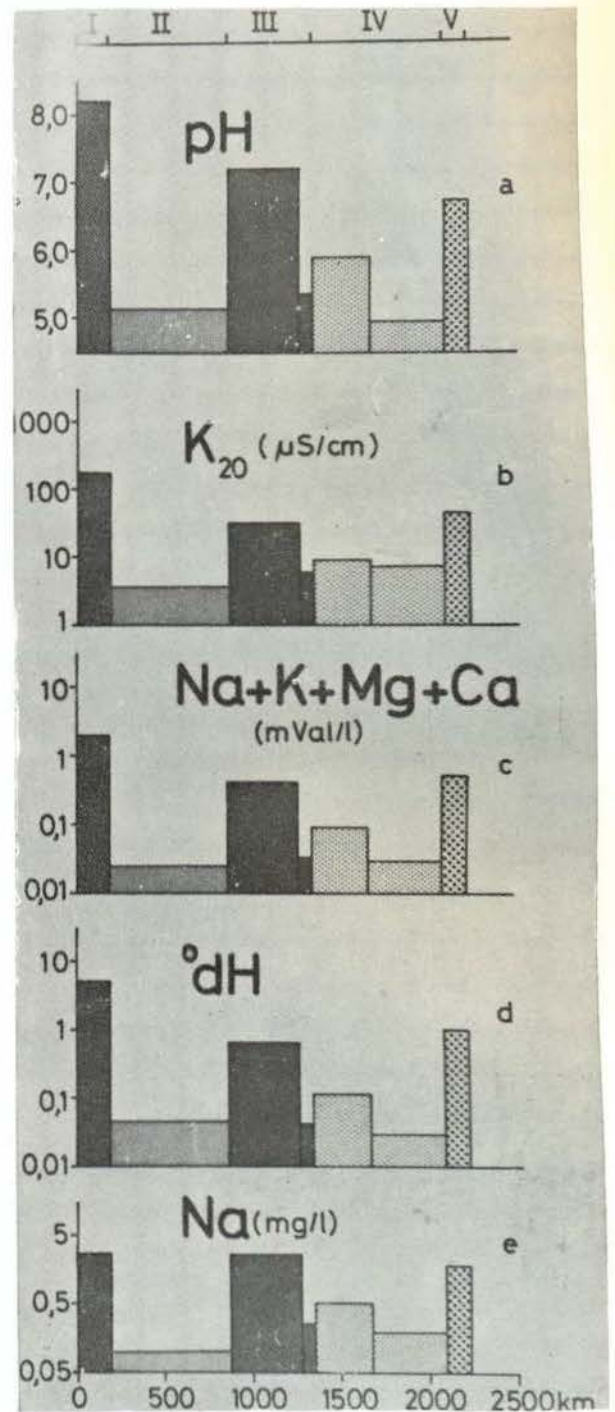


Fig. 8 a-e — Valores médios de pH, condutividade elétrica, Na + K + Mg + Ca,  $^{\circ}\text{dH}$  e Na conforme as classes e sub-classes de águas estabelecidas.

buídas na América do Sul tropical. Para comparação, é indicada, na Fig. 2c, a soma dos quatro cátions principais em mval/l, baseada em seu caráter iônico, mostrando, assim, que, as diferenças entre as águas com baixas concentrações de eletrólitos com relação ao conteúdo

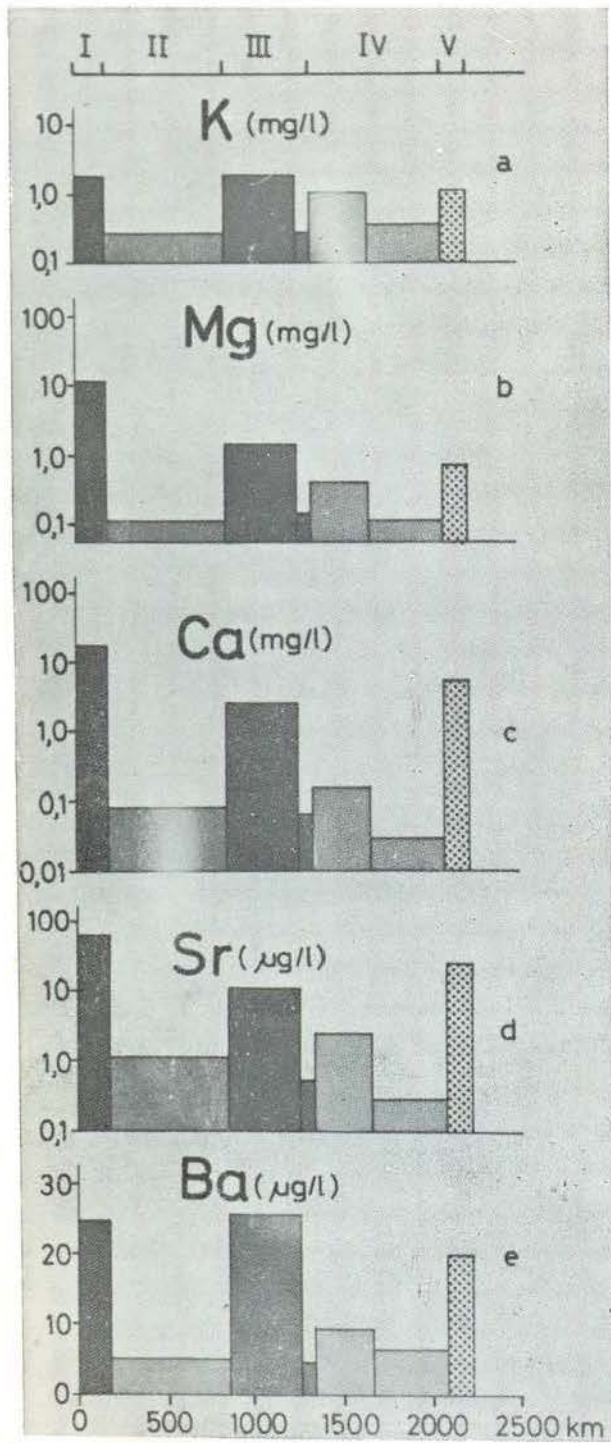


Fig. 9 a-e — Valores médios de K, Ca, Sr e Ba conforme as classes e subclasses de águas estabelecidas.

de cátions são muito mais pronunciadas que as diferenças entre a condutividade elétrica respectiva. Especialmente as águas das classes IIIb e IVb são super representadas com respeito aos cátions principais pela condutividade elétrica, enquanto que as águas do grupo IVa são sub-representadas. A explicação para este fenômeno é entre outras, o valor do pH. Quanto mais baixo o pH da água, tanto maior é a influência equivalente dos íons de hidrogênio a condutividade total (Ohle, 1936; Gessner, 1960; Klinge & Ohle, 1964; Remy, 1965). Isto significa um aumento de condutividade elétrica com a diminuição do valor de pH.

As nossas investigações não permitem uma avaliação quantitativa dos fatores responsáveis para a alta concentração dos íons de hidrogênio nas águas pobres em eletrólitos. Sabe-se, no entanto, que a entrada de  $\text{CO}_2$  do ar em água pouco tamponada, tende a baixar o pH tanto mais, quanto maior seja a pressão parcial do  $\text{CO}_2$  (por exemplo no solo da floresta). Simultaneamente atuam na água também substâncias orgânicas com caráter ácido especialmente as substâncias húmicas (Ruttner, 1962; Stumm & Morgan, 1970; Schroeder, 1972; Wetzel, 1975; Schnitzer & Khan, 1978). Em consequência disso, encontram-se entre as três classes de água com a mais baixa concentração de eletrólitos, os valores mais altos de condutividade elétrica, e concentração de íons de hidrogênio paralelamente, onde as águas contêm maior concentração de substâncias orgânicas, e tem a cor mais escura, respectivamente (classe IVb; Fig. 8a, b; 10c e Tab. 1).

Juday & Birge (1933) relatam sobre águas extremamente pobres em eletrólitos, com valores de condutividade elétrica de  $5 - 9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  da região nordeste de Wisconsin, EUA. Todavia, não se encontraram nestas águas, concentrações tão baixas de Ca (Juday *et al.*, 1938).

Um outro indício, com relação à característica química das águas, encontra-se comparando as concentrações relativas dos cátions principais (Tab. 2). A grande maioria das águas doces contem Ca como cátion dominante (Clarke, 1924; Rodhe, 1949; Hutchinson, 1957; Ruttner, 1962; Livingstone, 1963). A pobreza em Ca, nesta forma pronunciada, é conhecida até agora somente na região amazônica

TABELA 2 — Concentrações relativas de Na, K, Mg e Ca em mg% (\* conforme Bowen 1966).

Classe de água	I	II	III a	III b	IV a	IV b	V	Valor médio Mundial (*)
% Na	7,6	18,7	29,3	33,9	24,7	27,9	18,5	22,7
% K	5,1	47,1	25,0	38,0	48,7	51,9	11,6	8,3
% Mg	33,2	19,7	16,1	19,3	19,0	16,0	13,6	14,8
% Ca	54,1	14,5	29,6	8,8	7,6	4,2	56,3	54,2

(Fittkau, 1967; Schmidt, 1972a; Brinkmann & Santos, 1973; Furch, 1976; Furch & Klinge, 1978 e outros), reflete-se nas proporções estranhas dos elementos, especialmente das águas extremamente pobres em eletrólitos (Furch, 1976 e 1978).

Como mostra a Tab. 2, as classes I e V se diferem nitidamente das outras classes pelo alto conteúdo de metais alcalino-terrosos.

As proporções dos elementos das águas da classe I indicam claramente que pertencem a uma área de captação específica: a alta percentagem de Mg indica diretamente a ligação com dolomito (Hutchinson, 1957; Stumm & Morgan, 1970). Por outro lado mostra a comparação das águas influenciadas pela área pré-andina (classe V) com o valor médio mundial, que as águas brancas pertencem ao tipo de água mais comum no mundo (águas carbonatadas) ainda que elas sejam mais pobres em eletrólitos (somente cerca de 35% do valor médio mundial).

As águas das classes II até IVb que representam mais de 85% do trecho total investigado, são caracterizadas pela alta percentagem de metais alcalinos (até 85%) e baixa percentagem de metais alcalino-terrosos. Vários autores indicam que águas pobres em minerais são relativamente ricas em metais alcalinos e pobres em metais alcalino-terrosos, especialmente Ca, (Clarke, 1924; Rodhe, 1949; Gorham, 1961; Feth *et al.*, 1964). Da região amazônica, este fenômeno já foi descrito por Furch (1976) e Furch & Klinge (1978).

Porém, águas com proporções acima descritas de minerais em combinação com uma pobreza característica de minerais, até agora

não foram encontrados em outras regiões fora da América do Sul. Mesmo as águas do Novo México, nascendo em áreas de quartzito e granito respectivamente, e comparáveis com as águas aqui discutidas, sob o ponto de vista da concentração total dos íons inorgânicos mostram proporções elementares completamente diferentes (19% — 30% Na, 10% K, 6-8% Mg e 52% — 65% Ca; valores calculados de Stumm & Morgan, 1970).

Investigações adicionais, atualmente em andamento, sobre outras áreas da região amazônica, têm a finalidade de esclarecer, até onde a pobreza de metais alcalino-terrosos, é uma característica das águas da Bacia Amazônica e das áreas adjacentes, bem como quais os outros parâmetros químicos que poderão ser correlacionados com esta pobreza de metais alcalino-terrosos.

#### ELEMENTOS TRAÇOS ALCALINO-TERROSOS (SR, BA)

Até agora é pequeno o conhecimento sobre a distribuição de elementos traços nas águas da região norte da América do Sul (Derkosch & Löffler, 1961; Gibbs, 1973 e 1977; Furch, 1976; Geisler & Schneider, 1976). Isso é especialmente válido para os elementos traços Sr e Ba, os quais do ponto de vista geoquímico são importantes embora que nas análises hidroquímicas, eles até agora tenham sido pouco considerados e conforme o conhecimento atual, do ponto de vista fisiológico, não sejam essenciais. Informações minuciosas sobre as concentrações do Sr e Ba na água, encontram-se nos trabalhos de Odum (1957), Kopp & Kroner (1968), Skugstad & Horr (1963) e Golley *et al.*

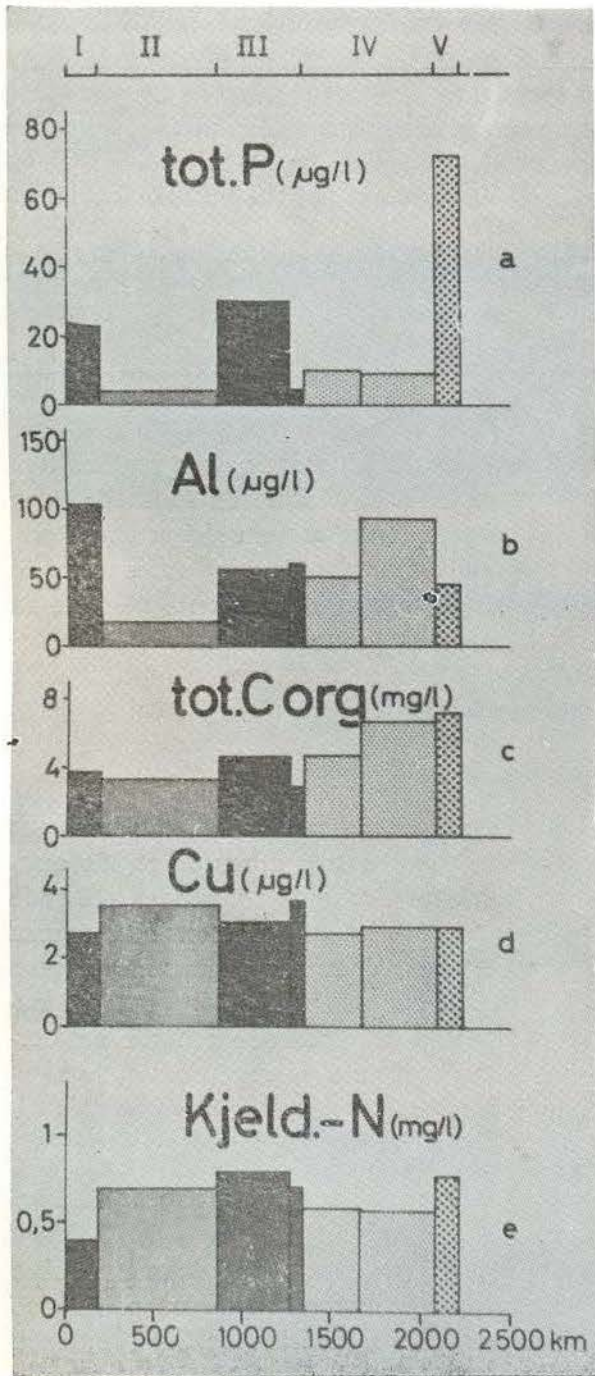


Fig. 10 a-e — Valores médios de tot P, Al, tot C-org., Cu e Kjeld. N conforme as classes e sub-classes de águas estabelecidas.

(1975). Em comparação com as concentrações médias mundiais de Sr e Ba em águas interiores (Livingstone, 1963; Bower, 1966) somente as águas das classes I e V relativamente ricas em eletrólitos, mostram uma concentração de Sr e Ba normal e comum nas águas até agora

investigadas. As águas pobres em eletrólitos, em comparação com aquelas, mostram concentrações acentuadamente baixas de Ba e especialmente de Sr.

De aproximadamente 1.600 amostras de água coletadas de todas as regiões dos EUA, Kopp & Kroner (1968) encontraram somente uma amostra com uma concentração de 2 µg Sr/l, quantidade esta que não foi alcançada em quase a metade das amostras aqui estudadas. Ao mesmo tempo, para cerca de 80% das amostras do trecho Cuiabá-Porto Velho-Manaus, não está sendo confirmada a observação de que normalmente as águas contêm uma concentração de Sr mais alta de que Ba. (em ge-

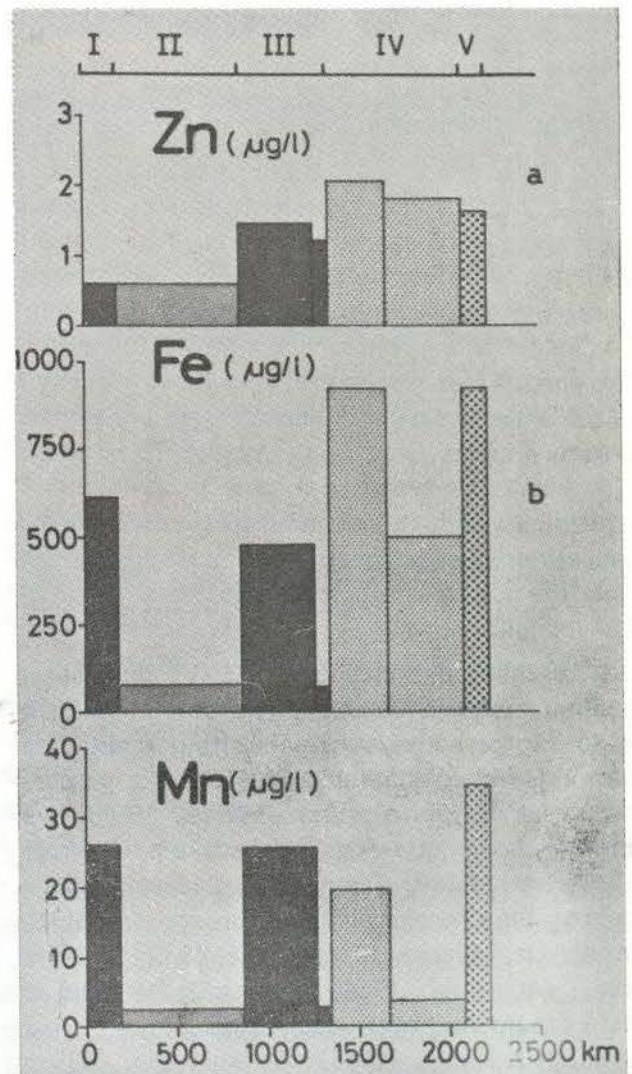


Fig. 11 a-c — Valores médios do Zu, FE e Mn conforme as classes e sub-classes de águas estabelecidas.



ral 2 — 10 vezes mais alta). Especialmente nas águas extremamente pobres em eletrólitos encontra-se sempre mais Ba de que Sr.

#### FÓSFORO TOTAL E NITROGÊNIO

A distribuição de fósforo nas amostras investigadas, coincide em geral com a distribuição dos cátions principais: as águas pobres em eletrólitos são caracterizadas por concentrações muito baixas de fósforo. Diferenças nas concentrações de P entre as classes II e IVb, são provavelmente provocadas menos por diferenças geoquímicas nas respectivas áreas de captação, do que por diferentes quantidades de materiais orgânicos aloctones caídos na água. As concentrações de nitrogênio pelo Kjeldahl, nas águas das diferentes áreas, são relativamente altas em comparação com os valores citados por Anonymus (1972a) e Schmidt (1972a). As concentrações não mostram uma distribuição característica como fazem as concentrações dos metais alcalinos e alcalino-terrosos.

#### ALUMÍNIO E METAIS PESADOS (FE, MN, CU, ZN).

A distribuição de vários elementos traços parece estar ligada com a ocorrência de substâncias orgânicas, especialmente com a fração em dispersão coloidal. Al, Zn e Fe encontram-se em concentrações elevadas, especialmente nas amostras pobres em eletrólitos e de cor marrom, por causa da presença de substâncias húmicas. Com os dados aqui apresentados não podemos avaliar as diversas influências dos processos físicos, químicos e biológicos no movimento dos componentes minerais, para esclarecer o seu aparecimento nas águas. Gostaríamos, porém de mencionar o enriquecimento de Al e Fe no horizonte B dos podsolos, e a importância destes para a formação de águas ricas em substâncias húmicas (Goldschmidt, 1954; Sioli, 1954; Sioli & Klinge, 1961; Klinge, 1967 a), bem como o poder amplamente conhecido dessas substâncias húmicas de formar complexos com íons metálicos, especialmente com íons de metais pesados (Scheffer & Ulrich, 1960; Klinge & Ohle, 1964; Schnitzer & Khan, 1978 e outros). O comportamento químico de

tais substâncias metal-orgânicas na água até agora, tem sido muito difícil de avaliar dada a estrutura heterogênea das substâncias húmicas, especialmente do ácido fúlvico.

Sabe-se atualmente que, com o aumento da concentração dos íons de hidrogênio e com o aumento da força dos íons diminui a estabilidade dos complexos do ácido fúlvico (Schnitzer & Khan, 1978). Porém nas águas da região amazônica, fatores favoráveis à formação de complexos são combinados com fatores desfavoráveis: baixa força dos íons é combinada com baixo pH e alta força dos íons com alto pH.

É interessante, neste ponto, mencionar o fato de que os dois elementos traços Al e Fe abundantes em todos os solos até nos solos mais pobres em nutrientes, formam mesmo em condições ácidas complexos muito estáveis, com ácidos fúlvicos, um fenômeno que se reflete nas Figs. 10b e 11b. Gostaríamos, no entanto, de acentuar, que as concentrações de Al foram muito baixas em todas as águas investigadas. Como se sabe, a solubilidade de Al na água depende do pH e aumenta fortemente na faixa ácida. Com um valor de pH 5 podem entrar em solução, quantidades de 200 — 300  $\mu\text{g}$  Al/l segundo Wedepohl (1970) até alguns miligramas/l (Evans & Kamprat, 1970). Estas concentrações estão sendo atingidas em nenhuma das amostras de água, pobre em eletrólitos, com um valor médio de 87  $\mu\text{g}$  Al/l. Uma observação semelhante já foi feita na análise de águas comparáveis da terra firme no norte de Manaus (Furch, não publ.). Isso significa que a toxidez de Al em solos ácidos frequentemente discutida (Goodland, 1971; Foy 1974; Fink, 1976; Gerrier, 1978; Mengel & Kirkby, 1978 e outros) não necessariamente afeta as águas aqui investigadas porque as concentrações encontradas de Al estão bem abaixo daquelas que estão sendo responsabilizadas para efeitos tóxicos (Brooks, 1972).

A distribuição de Mn nas diferentes classes de água está sendo muito comparável com a distribuição dos metais alcalinos e alcalino-terrosos: as águas mais pobres de eletrólitos são também mais pobres de Mn. Cu e Zn por outro lado não mostram um padrão de distribuição característico.

MACRÓFITAS AQUÁTICAS

O crescimento luxuoso de macrófitas aquáticas em alguns trechos e a falta em outros provoca a pergunta, quais sejam os fatores responsáveis para uma tal distribuição. Até agora, os dados existentes na literatura sobre a distribuição e as exigências ecológicas das plantas aquáticas dessa região muito limitados. Existe uma série de trabalhos biológicos e taxonômicos (Hoehne, 1948; Wendt, 1952; Gessner, 1959a, b; Stodola, 1967; De Wit, 1971; Sculthorpe, 1971; Cook *et al.*, 1974 etc.) como uma ampla literatura aquarística. Estes trabalhos, no entanto, dão em geral poucas informações sobre as causas da ocorrência ou da falta das diferentes espécies numa determinada área.

Junk (1970) indica que vegetação submersa normalmente não ocorre no rio Amazonas e no rio Negro tanto como nos lagos diretamente ligados à estes por causa das altas flutuações de nível da água, das quais resultam mudanças drásticas das condições de luz. Excessões são plantas submersas flutuantes como, por exemplo *Ceratophyllum demersum* nas várzeas do rio Amazonas e *Utricularia foliosa* nos lagos ligados ao rio Amazonas e rio Negro, que ficam permanentemente em condições de luz favoráveis, perto da superfície.

Outros fatores que influenciam as condições de luz na água são grandes quantidades de suspensões inorgânicas nas águas brancas, e substâncias orgânicas coloridas (substâncias húmicas) nas águas pretas. Elas reduzem a intensidade da luz, respectivamente mudam o espectro pela absorção seletiva.

Como especificamente adaptada a estas condições está sendo considerado a vegetação flutuante emersa, que ocorre em quantidades enormes nas águas relativamente ricas em nutrientes do Solimões/Amazonas e dos lagos de várzea influenciadas por ele. A falta dessas plantas na água preta está sendo explicado com baixas concentrações de nutrientes provavelmente em combinação com o pH baixo. Berg (1961) indica este fato no Congo para a distribuição da *Eichhornia crassipes*, planta endêmica na Amazônia. Todavia, até agora não temos informações minuciosas sobre as condi-

ções ou concentrações limitantes dos diversos nutrientes para as diferentes espécies. A falta de plantas aquáticas no trecho I é difícil de explicar por falta de observações adicionais sobre a flora aquática desta região, que é quimicamente bem diferente dos outros trechos. Por isso, a discussão fica adiada até que um maior número de informações estejam disponíveis.

Nas águas do trecho V, diretamente influenciadas pelo rio Amazonas, e no rio Madeira, quimicamente parecido com aquele, encontramos a vegetação flutuante emersa, que é típica no Amazonas.

Um elemento desta vegetação (*Hymenachne amplexicaulis*) foi encontrado também no trecho III na área do embasamento indiviso em áreas pantanosas ao longo da estrada no km 1023. A água que drena desta área é relativamente rica em eletrólitos como mostra a análise química do próximo igarapé (km 1013).

Em vista disto, achamos que a vegetação aquática, que ocorre nos outros trechos, deva ser considerada como adaptada às concentrações extremamente baixas de eletrólitos e baixos valores de pH. Uma comparação direta entre as águas extremamente pobres em eletrólitos e ácidos da classe II na área da Chapada dos Parecis e da classe IV b na área dos sedimentos terciários da bacia Amazônica mostram que os dados hidroquímicos aqui relatados não podem explicar satisfatoriamente por si mesmo o crescimento luxuriante das plantas submersas nas águas da classe II e sua falta nas águas da classe IV b.

TABELA 3 — Valores médios dos metais P tot e pH nas águas pobres de eletrólitos das classes II e IV b.

Metais, P tot., ug/1 e pH	II	IV b
Na + K	366	534
Mg + Ca + Sr + Ba	196	142
Al	36	87
Fe	84	502
Mn + Cu + Zn	6,8	8,4
Tot. P	3,99	9,18
pH	5,14	4,96

As diferenças entre o pH e as concentrações dos metais, nestas duas classes, são relativamente pequenas. Com exceção das concentrações dos metais alcalino-terrosos, as águas da classe IV b são até mais ricas em metais do que as águas da classe II. O mesmo é válido para o P total. No caso de atribuir a falta de macrófitas aquáticas a falta de nutrientes aqui discutidos seria de pressupor que a baixa concentração de metais alcalino-terrosos, e dentre eles especialmente o Ca, seja um fator limitante. Considerando, no entanto, as poucas informações disponíveis, o problema da definição de quantidade mínima dos diferentes nutrientes para as plantas adaptadas às baixas concentrações tem que ficar ainda em aberto.

Por outro lado, tem que ser discutido um segundo fator, que pode limitar a distribuição das macrófitas aquáticas. Como acima foi mencionado, a luz está sendo considerada como fator limitante para plantas submersas nos rios Solimões e Negro. Comparando, entretanto, os igarapés do trecho II com os igarapés do trecho IV b, verifica-se que os igarapés do trecho II são altamente transparentes e claros, enquanto que os igarapés do trecho IV b são escuros dada a presença de substâncias húmicas. Sem dúvida alguma, as condições de luz pioram durante a época de chuva muito mais nos igarapés com águas mais escuras do que nos de água clara, quando seus níveis sobem até vários metros.

Além disso tem que ser considerado o fato de que as matas de galeria ao longo dos cursos dos igarapés do Cerrado sombreiam os mesmos muito menos do que a hiléia da bacia amazônica. É verdade que o sombreamento perto da estrada do trecho IV b está reduzido porque uma grande parte das árvores nas áreas represadas estavam mortas. Todavia, a grande quantidade de matéria orgânica de decomposição, intensifica ainda mais a cor escura da água. Por isso poder-se-ia supor que, menos as condições limnoquímicas do que as condições de luminosidade sejam responsáveis pela ocorrência e pela falta de macrófitas submersas nas águas da Região Amazônica Central. Esta suposição está sendo reforçada pelo fato de que *Nymphae rudgeana* com folhas flutuantes

na superfície da água é capaz de colonizar alguns destes igarapés, na região norte de Manaus.

De qualquer maneira, necessita-se de mais observações de campo, bem como, de estudos fisiológicos precisos para elucidar suficientemente os problemas aqui discutidos.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos colegas Maria Cristina Amoroso, Ricardo Braga, Lauro Eduardo Bacca e Lourival Pereira de Carvalho por suas colaborações no trabalho de campo e ao Sr. J. Dieterich pelo trabalho de laboratório. Somos também gratos ao nosso colega Dr. H. Klinge pelas críticas, discussões e sugestões altamente válidas.

#### SUMMARY

Forty-six rivers and creeks intersected by the 2,300 km long Cuiabá-Porto Velho-Manaus road in north-central Brazil were sampled and analyzed for pH, electric conductivity, contents of Ca, Mg, Ba, Na, K, Mn, Fe, Al, Cu, Zn, organic-C, total P and Kjeldahl-N. The occurrence of aquatic macrophytes was recorded. The results show a close relationship between the chemistry of the waters and the geology of the respective catchments. The waters of creeks draining towards the Rio Paraguai are rich in electrolytes and alkaline in nature, while waters flowing towards the Amazon are generally acidic and poor in electrolytes. Significant differences between the electrolyte-poor waters are seen. Waters from the creeks within the Parecis Formation of Mato Grosso are chemically extremely poor ( $\mu\text{S}$  around 3). Chemically richer, but very heterogeneous are the waters from the Archaic rock regions, while waters from regions of the Tertiary Barreiras sediments ( $\mu\text{S}$  around 10) are very low in electrolytes. The relatively electrolyte-rich waters of the Rio Madeira and Solimões do not fit into the classification, since their chemical composition is due to geochemical influence in the pre-Andean area. The above-mentioned differences are again reflected by the data on the concentrations of the elements analyzed, except for Cu, Zn, Al, organic-C and Kjeldahl-N. The occurrence and distribution of aquatic macrophytes cannot be correlated with the electrolyte content of the waters. The extremely poor waters of the Parecis-Formation sustain a rather luxurious flora of submerged species which is absent in the chemically similar waters of the Barreiras sediments. The role of light as a limiting factor in this case is discussed.

## BIBLIOGRAFIA

### ANONYMUS

1972a — Die Ionenfracht des Rio Negro, Staat Amazonas, Brasilien, nach Untersuchungen von Dr. Harald Ungemach. *Amazoniana*, 3 (2): 175-185.

1972b — Regenwasseranalysen aus Zentralamazonien, ausgeführt in Manaus, Amazonas, Brasilien, von Dr. Harald Ungemach. *Amazoniana*, 3 (2): 186-298.

### BERG, A.

1961 — Rôle écologique des eaux de la Cuvette congolaise sur la croissance de la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) (Mart.) Solms. *Académie Royale des Sciences d'Outre Mer*, 12 (3): 120.

### BEURLEN, K.

1970 — **Geologie von Brasilien** Berlin/Stuttgart, Gebr. Bornträger, 444pp.

### BOWEN, H.J.M.

1966 — **Trace elements in biochemistry**. London, New York, Academic Press, 241pp.

### BRANDORFF, G.O.

1977 — **Untersuchungen zur Populationsdynamik des Crustaceenplanktons im tropischen Lago Castanho (Amazonas, Brasilien)**. Diss.. Kiel, 108pp.

### BRAUN, R.

1952 — Limnologische Untersuchungen an einigen Seen im Amazonasgebiet. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 14 (1): 128.

### BRINKMANN, W.L.F. & SANTOS, A.

1970 — Natural waters in Amazonia. III Ammonium molybdate-reactive silica. *Amazoniana*, 2 (4): 443-448.

1973 — Natural waters in Amazonia. VI. Soluble calcium properties. *Acta Amazonica*, 3: 33-40.

### BROOKS, R.R.

1972 — **Geobotany and biogeochemistry in mistral exploration**. New York, Hurper & Row Publ., 290pp.

### CLARKE, F.W.

1924 — **The composition of the river and lake waters of the United States**. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Professional Paper 135, Government Printing Office, Washington, 199pp.

### COOK, C.D.K.; GUT, B.J.; RIX, E.M.; SCHNELLER, J. & SEITZ, M.

1974 — **Water plants of the world**. The Hague, Dr. W. Junk b.v. Publ., 561pp.

### DERKOSCH, J. & LOFFLER, H.

1961 — Spektrochemische Spurenanalyse südamerikanischer Binnengewässer. *Arkiv för Geofysik* 3: 337-345.

### DET WIT, H.C.D.

1971 — **Aquariumpflanzen**. Eugen Ulmer, Stuttgart, 365pp.

### EDWARDS, A.M.C. & THORNES, J.B.

1970 — Observations on the dissolved solids of the Casiquiare and upper Orinoco, April-June, 1969. *Amazoniana*, 2 (3): 245-256.

### EVANS, C.E. & KAMPRATH, E.J.

1970 — Lime response as related to percent Al saturation, solution Al, and organic matter content. *Proc. Soil Sci. Am.*, 34: 893-896.

### FETH, J.H.; ROBERSON, C.E. & POLZER, W.L.

1964 — **Sources of mineral constituents in water from granitic rocks, Serra Nevada, California and Nevada**. Geological Survey Water — Supply Paper 1535 — J.U.S. Government Printing Office, Washington, 70pp.

### FINCK, A.

1976 — **Pflanzenernährung in Stichworten**. Kiel, Verlag Ferdinand Hirt, 200pp.

### FITTKAU, E.J.

1967 — On the ecology of Amazonian rain forest streams. *Atas do simpósio sobre a Biota Amazonica*, 3: 97-108.

1971 — Ökologische Gliederung des Amazonas-Gebietes auf geochemischer Grundlage. *Münster, Forsch. Geol. Paläont.* 20/21: 35-50.

1974 — Zur Ökologischen Gliederung Amazoniens. I. Die erdgeschichtliche Entwicklung Amazoniens. *Amazoniana*, 5 (1): 77-134.

### FITTKAU, E.J.; IRMLER, U.; JUNK, W.J.; REISS, F. & SCHMIDT, G.W.

1975 — Productivity, biomass, and population dynamics in Amazonian water bodies. In: **Tropical ecological systems** (F.B. Golley & E. Medina, Editors) Springer, New York — Heidelberg — Berlin, 289-311.

### FÖRSTNER, U. & MÜLLER, G.

1974 — **Schwermetalle in Flüssen und Seen**. Springer Verlag, Berlin — Heidelberg, 225pp.

### FOY, C.D.

1974 — Effects of aluminium on plant growth. In: **The plant root and its environment**, Carson, E.W. (ed.). 601-642, University Press of Virginia, Charlottesville.

### FURCH, K.

1975 — Die Stabilität wässriger Ammonium — und Phosphat-Lösungen bei der Aufbewahrung in Polyäthylen-Gefäßen. *Vom Wasser* 44: 173-185.

1976 — Haupt — und Spurenmetallgehalte zentralamazonischer Gewässertypen (Erste Ergebnisse). *Biogeographica*, 7: 27-43.

1978 — Limnochemische Untersuchungen an amazonischen Gewässern. *Societas Internationalis Limnologiae, Deutsche Tagung in Karlsruhe*, 25 - 29. Sept. 1978: 20-21.

- FURCH, K. & KLINGE, H.  
1978 — Towards characterisation of the biogeochemistry of alkali and alkali-earth metals in northern South America. *Acta Cient. Venezolana*, 29: 434-444.
- GEISLER, R.  
1967 — Zur Limnochemie des Igarapé Preto. *Amazoniana*, 1 (2): 117-123.
- GEISLER, R. & SCHNEIDER, J.  
1976 — The element matrix of Amazon waters and its relationship with the mineral content of fishes. *Amazoniana*, 6: 47-65.
- GERRIER, G.  
1978 — Influence de l'aluminium sur la sélectivité racinaire de plant calcicole et calcifuge. *Can. J. Bot.*, 56: 1949-1952.
- GESSNER, F.  
1959a — **Hydrobotanik. I. Energiehaushalt.** Berlin. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 701pp.  
1959b — **Hydrobotanik. II. Stoffhaushalt.** Berlin. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 571pp.  
1960 — Limnologische Untersuchungen am Zusammenfluss des Rio Negro und des Amazonas (Solimões). *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 45: 55-79.
- GIBBS, R.J.  
1967 — The geochemistry of the Amazon river system: part I. The factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 78: 1203-1232.  
1970 — Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*, 170: 1088-1090.  
1972 — Water chemistry of the Amazon river. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 36: 1061-1066.  
1973 — Mechanisms of trace metal transport in rivers. *Science*, 108: 71-73.  
1977 — Transport phases of transition metals in the Amazon and Yukon rivers. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 88: 829-843.
- GOLDSCHMIDT, V.M.  
1954 — **Geochemistry.** Oxford. At the Clarendon Press, 730pp.
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.J. & DUEVER, M.J.  
1975 — **Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem.** Athens. University of Georgia Press.
- GOODLAND, R.  
1971 — Oligotrofismo e alumínio no Cerrado. In III **Simposio sobre o Cerrado**, Ferri, M.G. (ed.), Universidade de São Paulo, 44-60.
- GORHAM, E.  
1961 — Factors influencing supply of major ions to inland waters, with special reference to the atmosphere. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 72: 795-840.
- HOEHNE, F.C.  
1948 — **Plantas aquáticas.** Instituto de Botânica, São Paulo, Secretaria da Agricultura, 168pp.
- HÖLL, K.  
1970 — **Wasser.** Berlin, Walter de Gruyter & Co., 423pp.
- HUECK, K.  
1966 — **Die Wälder Südamerikas** Stuttgart, Fischer, 422pp.
- HUTCHINSON, G.E.  
1957 — **A treatise of limnology.** New York. John Wiley & Sons Inc., VI. 1015pp.
- IRION, G.  
1976a — Mineralogisch-geochemische an der pelitischen Fraktion amazonischer Oberböden und Sedimento. *Biogeographica*, 7: 7-25.  
1976b — Quaternary of the upper Amazon lowlands of Brazil. *Biogeographica*, 7: 163-167.  
1978 — Soil infertility in the Amazonian rain forest. *Naturwissenschaften*, 65: 515-519.
- IRION, G. & FÖRSTNER, U.  
1975 — Chemismus und Mineralbestand amazonischer See-Tone. *Naturwissenschaftern*, 61, (4): 179.
- IRMLER, U.  
1975 — Ecological studies of the aquatic soil invertebrates in three inundation forests of Central Amazonia. *Amazoniana*, 5 (3): 337-409.
- JUDAY, C. & BIRGE, E.A.  
1933 — The transparency, the color and the specific conductance of the lake waters of northeastern Wisconsin. *Transact. Wisc. Acad. Sci. Arts Lett.*, 28: 205-259  
1933 — The transparency, the color and the specific conductance of the lake waters of northeastern Wisconsin. *Transact. Wisc. Acad. Sci. Arts Lett.*, 28: 205-259
- JUDAY, C.; BIRGE, E.A. & MELOCHE, V.W.  
1938 — Mineral content of the lake waters of northeastern Wisconsin. *Transact. Wisc. Acad. Sci. Arts Lett.*, 31: 223-276.
- JUNK, W.J.  
1970 — Investigations on the ecology and production-biology of the "floating meadows" (*Paspalo-Echinochloetum*) on the Middle Amazon. Part I. The floating vegetation and its ecology. *Amazoniana*, 2 (4): 449-495.

- 1973 — Investigations on the ecology and production-biology of the "floating meadows" (Paspalo-Echinochloetum) on the Middle Amazon. Part II. The aquatic fauna in the root zone of floating vegetation. *Amazoniana*, 4 (1): 9-102.
- s.d. — **Ecology of swamps of the Middle Amazon.** Ecosystems of the world (Goodall, D.W., Ed.) Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. (in press).
- KLINGE, H.
- 1965 — Podzol soils in the Amazon basin. *J. Soil Sci.*, 16: 95-103.
- 1967a — Paläopedologie im Dienste der Ökologie. Ein Beispiel aus El Salvador, Zentralamerika. *Pflanzensoziologie und Palynologie* — Tüxzen, R., Ed., Symposium Stoleznau, 1962: 219-223.
- 1967b — Podzol soils: a source of blackwater rivers in Amazonia. *Atas do Simpósio sobre a biota Amazônica*, 3: 117-125.
- KLINGE, H. & OHLE, W.
- 1964 — Chemical properties of rivers in the Amazonian area in relation to soil conditions. *Verh. Intern. Verein. Limnol.*, 15: 1067-1076.
- KOPP, J.F. & KRONER, R.C.
- 1968 — **Trace metals in waters of the United States.** U.S. Dept. of the Interior, Fed. Water Poll. Contr. Administration, Div. Poll. Surveillance., 1014 Boadway, Cincinnati, Ohio 45202.
- LIVINGSTONE, D.A.
- 1963 — Chemical composition of rivers and lakes. **U.S. Geological Survey, Professional Paper 440 — G.**
- MARLIER, G.
- 1967 — Ecological studies on some lakes of the Amazon valley. *Amazoniana*, 1 (2): 91-115.
- MENGEL, K. & KIRKBY E.A.
- 1978 — **Principles of plant nutrition.** International Potash Institut, Worblaufen — Bern Switzerland, 593pp.
- ODUM, H.T.
- 1957 — Strontium in natural waters. *Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Tox*, 4: 22-37.
- OHLE, W.
- 1936 — Der schwefelsaure Tonteich bei Reinbek. Monographie eines idiotrophen Weihers *Arch. Hydrobiol.*, 30: 604-662.
- REISS, F.
- 1973 — Zur Hydrogeographie und Makrobenthosfauna tropischer Lagunen in den Savannen des Território de Roraima, Nordbrasilien. *Amazoniana*, 4 (4): 367-378.
- REMY, H.
- 1965 — **Lehrbuch der anorganischen Chemie.** Band I. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig Geest & Partig K.G., 1120pp.
- RODHE, W.
- 1949 — The ionic composition of lake waters. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 10: 377-386.
- RUTTNER, F.
- 1962 — **Grundriss der Limnologie.** Berlin, Walter de Gruyter & Co., 322pp.
- SCHEFFER, F. & ULRICH, B.
- 1960 — **Lehrbuch der Aquakulturchemie und Bodenkunde.** III. Humus und Humusdüngung. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 266pp.
- SCHMIDT, G.W.
- 1972a — Chemical properties of some waters in the tropical rainforest region of Central Amazonia along the new road Manaus-Caracará. *Amazoniana*, 3 (2): 199-207.
- 1972b — Amounts of suspended solids and dissolved substances in the middle reaches of the Amazon over the course of one year (August 1969 — July 1970). *Amazoniana*, 3 (2): 208-223.
- 1973a — Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonian waters. I. Introduction. *Amazoniana*, 4 (2): 135-138.
- 1973b — Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonian waters. II. The limnology of a tropical floodplain lake in Central Amazonia (Lago do Castanho). *Amazoniana*, 4 (2): 139-203.
- 1973c — Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonian waters. III. Primary productivity of phytoplankton in a tropical flood-plain lake of Central Amazonia, Lago do Castanho, Amazonas, Brasil, *Amazoniana*, 4 (4): 379-404.
- 1976 — Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonian waters. IV. On the primary productivity of phytoplankton in a bay of the lower Rio Negro (Amazonas, Brasil). *Amazoniana*, 5 (4): 517-528.
- SCHMIDT, G.W. & UHERKOVICH, G.
- 1973 — Zur Artenfülle des Phytoplanktons in Amazonien. *Amazoniana*, 4 (3): 243-252.
- SCHNITZER, M. & KHAN, U.
- 1978 — **Soil organic matter.** Development in Soil Science 8, Amsterdam, Elsevier, 319pp.
- SCHROEDER, D.
- 1972 — **Bodenkunde in Stichworten.** Kiel, Verlag Fernand Hirt, 144pp.
- SCULTHORPE, C.D.
- 1971 — **The biology of aquatic vascular plants.** London, E. Arnold Ltd., 610pp.
- SIOLI, H.
- 1950 — Das Wasser in Amazonasgebiet. *Forsch Fortschr.* 26: 274-280.
- 1954 — Gewässerchemie in Vorgänge in den Böden in Amazonasgebiet. *Die Naturwissenschaften*, 41: 456-457.

- SIOLI, H. & KLINGE, H.  
 1961 — Über Gewässer und Böden des brasilianischen Amazonasgebiet. *Die Erde* 92: 205-219.  
 1962 — Solos, tipos de vegetação e águas na Amazônia. *Bol. Mus. Paraense E. Goeldi*, N. Sér., 1: 27-41.
- SKOUGSTAD, M.W. & HERR, C.A.  
 1963 — Occurrence and distribution of strontium in natural waters. *USGS Supply Paper N.º 1496 C, V, S. Government Printing Office, Washington D.C.*
- STODOLA, J.  
 1967 — *Encyclopedia of water plants*. TFH Publications, Neptune City 368pp.
- STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R.  
 1968 — A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Bd. Can. Bull.* 167, 311pp.
- STUMM, W. & MORGAN, J.J.  
 1970 — *Aquatic chemistry*. Wiley — New York, Interscience, 583pp.
- UHERKOVICH, G.  
 1976 — Algen aus den Flüssen Rio Negro und Rio Tapajós. *Amazoniana*, 6 (4): 465-515.
- WEDEPOHL, H.  
 1970 — *Handbook of geochemistry*. Vol. II/2, Heidelberg, Springer Verlag.
- WENDT, A.  
 1952 — *Die Aquariumpflanzen in Wort und Bild*. vol. I und II, 321pp.
- WEITZEL, R.G.  
 1975 — *Limnology*. Philadelphia. W.B. Saunders Company, 743pp.

(Aceito para publicação em 09/01/80)