CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SEDIMENTOS DE LAGOS DE VÁRZEAS DA AMAZÔNIA CENTRAL

SÉRGIO ROBERTO BULCÃO BRINGEL

Químico

Orientador: Prof. Dr. CARLOS C. CERRI

**Tese apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de
Concentração: Solos e Nutrição de
Plantas.**

**PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1989**

B858c Bringel, Sêrgio Roberto Bulcãõ
 Caracterização quĩmica dos sedimentos de
 lagos de vãrzeas da Amazõnia Central. Pira
 cicaba, 1989.
 196p.

 Tese - ESALQ
 Bibliografia

 1. Hidrogeoquĩmica - Amazõnia Central 2.
 Lago - Sedimento - Anãlise 3. Sedimento - Ca
 racterização quĩmica - Amazõnia Central 4.
 Vãrzea - Solo - Amazõnia Central. I. Escola
 Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Pi
 racicaba.

CDD 551.482

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SEDIMENTOS DE LAGOS DE VARZEAS
DA AMAZONIA CENTRAL**

Aprovada em: 30 / 06 / 1989

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Klaus Reichardt	CENA/USP
Prof. Dr. Francisco de Assis F. de Mello	ESALQ/USP
Prof. Dr. Toshiaki Kinjo	ESALQ/USP
Prof. Dr. Reynaldo Luiz Victória	CENA/USP
Prof. Dr. Carlos Clemente Cerri	CENA/USP

Prof. Dr. Carlos Clemente Cerri
Orientador

A meus pais Camilo e
Geminiana; à Graça, Fabíola
e Kamilla,

Dedico

AGRADECIMENTO

- Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia (INPA), pelo suporte financeiro e bolsa oferecida;

- Ao Instituto de Tecnologia da Amazonia (UTAM/CETIC), pela oportunidade e bolsa oferecida;

- Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), pelas facilidades oferecidas;

- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa oferecida;

- Ao Prof. Dr. Eneas Salati e Carlos Clemente Cerri, pela orientação;

- Aos colegas Dr. Umberto de Menezes Santos; Maria de Nazaré G. Ribeiro e Antonio dos Santos, do INPA, Jefferson Mortatti do CENA/USP e Prof. Arari Marconi da ESALQ/USP, pelas sugestões;

- Aos técnicos Lorimar Santos; Emerson Barcelar; José Maria Cesário e Raimundo Lages do UTAM, e José Maria dos Santos do INPA, pela dedicação com que nos assessoraram nas análises químicas e físicas;

- Aos Técnicos do Departamento de Química do Solo (Brigitte Eduardo; Jener de Moraes; Mara Piacentini; Sandra Nicolette; José Martins e Darci Bortoletto) e da Biblioteca (Cristina Pereira; Silvia Zinsly; Lissamar Antonioli e Lidioneti Brajão) do CENA/USP, que muito nos auxiliaram;

- A Sra. Inês Pedroso de Carvalho, pela dedicação com que nos assessorou na revisão gramatical;

A todos que, direta ou indiretamente, nos deram apoio espiritual tão necessário na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	página
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xiv
RESUMO	xvii
SUMMARY	xix
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	03
2.1. MEIO FÍSICO DA BACIA AMAZÔNICA: ASPECTOS GERAIS	03
2.1.1. Geografia	03
2.1.1.1. Relevo	06
2.1.2. Clima e Hidrologia	09
2.1.3. Vegetação	13
2.1.3.1. Tipos Fisionômicos	14
2.1.3.2. Floresta de Terra Firme	14
2.1.3.3. Floresta de Várzeas	17
2.1.3.4. Floresta de Igapó	19
2.1.4. Geologia	21
2.1.4.1. Origem da Bacia Amazônica	24
2.1.4.2. Origem dos Sedimentos	25
2.1.4.3. Sedimentação	27
2.1.5. Solos	31
2.2. CONSIDERAÇÕES LIMNOLOGICAS	35
2.2.1. Origem das Várzeas	39

2.2.2. Estratificação e Condições do Oxigênio nos Lagos de Várzeas	40
2.2.3. Os Lagos Amazônicos	41
2.2.4. Produção Primária	44
3. MATERIAL E METODOS	49
3.1. MATERIAL	49
3.1.1. CARACTERÍSTICAS GEOCLIMÁTICAS DA ÁREA ESTUDADA	49
3.1.1.1. Geografia	49
3.1.1.2. Geologia	52
3.1.1.2.1. Solo	53
3.1.1.3. Clima	55
3.1.1.4. Caracterização dos Lagos	58
3.1.2. LAGOS ESTUDADOS	59
3.1.2.1. Localização das Amostras	59
3.1.2.2. Sedimentos dos Lagos do rio Branco	62
3.1.2.3. Sedimentos dos Lagos do rio Negro Influenciados pelo rio Branco	62
3.1.2.4. Sedimentos dos Lagos do rio Negro	65
3.1.2.5. Sedimentos dos Lagos do rio Solimões/Amazonas	67

	vi
3.3. METODOLOGIA	72
3.3.1. Técnica de Amostragem	72
3.3.2. Preparo da Amostra	73
3.3.3. Análise Física e Físico-Química	73
3.3.3.1. Análise Granulométrica	73
3.3.3.2. pH	74
3.3.3.3. Análise Mineralógica	74
3.3.4. Análise Química	74
3.3.4.1. Carbono	74
3.3.4.2. Complexo Sortivo: Elementos	
Tocáveis	75
3.3.4.2.1. Cálcio e Magnésio	75
3.3.4.2.2. Sódio e Potássio	77
3.3.4.2.3. Alumínio	77
3.3.4.2.4. Soma de Base (S)	77
3.3.4.2.5. Razão Carbono/	
Nitrogênio C/N	78
3.3.4.2.6. Matéria Orgânica	78
3.3.4.3. Determinação dos Elementos	
Totais: Digestão Sulfúrica	78
3.3.4.3.1. Nitrogênio	79
3.3.4.3.2. Fósforo	79
3.3.4.3.3. Alumínio	80
3.3.4.3.4. Ferro	80
3.3.4.3.5. Manganês	81

3.3.4.3,6. Sódio e Potássio	82
3.3.4.4. Pigmento Total (Clorofila)	83
4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	84
4.1. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO NEGRO	85
4.1.1. Análise Física e Físico-Química	85
4.1.1.1. Análise Granulométrica	85
4.1.1.2. pH	85
4.1.2. Análise Química	86
4.1.2.1. Complexo Sortivo	86
4.1.2.2. Análise Química Total	87
4.1.2.3. Fração Orgânica	88
4.2. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO BRANCO	89
4.2.1. Análise Física e Físico-Química	89
4.2.1.1. Análise Granulométrica	89
4.2.1.2. pH	89
4.2.2. Análise Química	90
4.2.2.1. Complexo Sortivo	90
4.2.2.2. Análise Química Total	91
4.2.2.3. Fração Orgânica	92
4.3. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO NEGRO INFLUENCIADO PELO RIO BRANCO	93
4.3.1. Análise Física e Físico-Química	93
4.3.1.1. Análise Granulométrica	93
4.3.1.2. pH	93
4.3.2. Análise Química	94

4.3.2.1. Complexo Sortivo	94
4.3.2.2. Análise Química Total	95
4.3.2.3. Fração Orgânica	97
4.4. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO SOLIMÕES/AMAZONAS	99
4.4.1. Análise Física e Físico-Química	99
4.4.1.1. Análise Granulométrica	99
4.4.1.2. pH	100
4.4.2. Análise Química	100
4.4.2.1. Complexo Sortivo	100
4.4.2.2. Análise Química Total	102
4.4.2.3. Fração Orgânica	104
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	106
5.1. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO NEGRO	106
5.1.1. Complexo Sortivo	106
5.1.2. Elementos Totais	108
5.2. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO NEGRO INFLUENCIADO PELO RIO BRANCO	113
5.2.1. Complexo Sortivo	113
5.2.2. Elementos Totais	117
5.2.3. Influência do rio Branco sobre o rio Negro	120
5.3. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO SOLIMÕES/AMAZONAS	133
5.3.1. Complexo Sortivo	133
5.3.2. Elementos Totais	135

5.4. INTERPRETAÇÕES DA ANÁLISE DO CONJUNTO DOS LAGOS ESTUDADOS	148
5.4.1. Complexo Sortivo	148
5.4.2. Elementos Totais	157
5.4.2.1. Nitrogênio	157
5.4.2.2. Fósforo	162
5.4.3. Fração Orgânica	164
5.4.3.1. Matéria Orgânica	165
5.4.3.2. Pigmento Total	168
6. CONCLUSÕES	174
7. BIBLIOGRAFIA	178

INDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1. Bacia Amazônica. (1) Rio Amazonas; (2) Rio Solimões; (3) Rio Negro; (4) Rio Branco; (5) Rio Madeira; (6) Rio Purus; (7) Rio Juruá e (8) Rio Japurá. A Linha Pontilhada Representa os Limites da Bacia Amazonica. 04
- FIGURA 2. Eventos de Deposição e Erosão na Bacia Amazônica e Formas do Relevo Atual. 08
- FIGURA 3. Distribuição Anual das Precipitações na Região Amazônica. 11
- FIGURA 4. Tipos de Vegetação da Região Norte (Amazônia). (A) Floresta de Terra Firme; (B) Floresta de Várzeas; (C) Floresta Subdecifolia e (D) Campo (Kuhlmann, 1977). 16
- FIGURA 5. Principais Unidades Geológicas e Geomorfológicas da Bacia Amazônica: (T) Terciário; (Q) Quaternário; (C) Pré - cambriano e (P) Paleozóico. Unidades Geomorfológicas: (1) Bacia

Aamazônica; (2) Escudos Cristalinos;	
(3) Depressão Sub - andina e (4)	
Cordilheiras dos Andes.	22

FIGURA 6. Região Norte do Brasil. Área Amostrada:	
(I) Rio Negro; (II) Rio Branco; (III)	
Rio Solimões/Amazonas.	50

FIGURA 7. Flutuações de Nível de Água do rio	
Negro (Dados: Capitania dos Portos,	
Manaus) e Precipitação perto de	
Manaus (Dados: Ciências do Ambiente/	
INPA, Manaus) (Junk, 1980).	57

FIGURA 8. Mapa Esquemático das Áreas estudada,	
Mostrando-se os principais rios	
amostrados.	60

FIGURA 9. Mapa mais detalhado da região em estudo:	
Rio Branco; Rio Negro e Rio Solimões.	61

FIGURA 10. Bacia do Rio Negro. Localização dos	
Lagos do Rio Branco e Rio Negro.	63

FIGURA 11. Bacia do Rio Negro. Localização dos	
Lagos do rio Negro sobre Influência do	
rio Branco.	66

- FIGURA 12. Bacia do Rio Solimões / Amazonas.
Localização dos Lagos do rio Solimões/
Amazonas. Região do Janauacá. 70
- FIGURA 13. Bacia do Rio Solimoes / Amazonas.
Localização dos Lagos do rio Solimões/
Amazonas. Região do Careiro. 71
- FIGURA 14. Teores de Argila, Silte, Areia Fina
e Areia Média nos Sedimentos do
Rio Branco. 122
- FIGURA 15. Teores de Argila, Silte, Areia Fina
e Areia Média nos Sedimentos do
Rio Negro. 123
- FIGURA 16. Teores de Argila, Silte, Areia Fina
e Areia Média nos Sedimentos do Rio
Negro sobre Influência do Rio Branco. 124
- FIGURA 17. Relação Percentual de Argila Coloidal
nos Sedimentos do Rio Negro, Rio Branco
e Rio Negro sobre Influência do Rio
Branco. 128
- FIGURA 18. Relação Percentual de Argila, nos
Sedimentos do Rio Negro, Rio Branco
e Rio Negro sobre Influência do Rio
Branco. 129

- FIGURA 19. Relação Percentual de Silte nos Sedimentos do Rio Negro, Rio Branco e Rio Negro sobre Influência do Rio Branco. 130
- FIGURA 20. Difratoogramas de Raio-X. (A) Sedimentos do Rio Negro; (B) Sedimentos do Rio Branco e (C) Sedimentos do Rio Negro sobre Influência do Rio Branco. 132
- FIGURA 21. Teores de Argila, Silte Areia Fina e Areia Média nos sedimentos do Rio Solimões/Amazonas. 138
- FIGURA 22. Difratoograma de Raio-X. Sedimentos do Rio Solimões/Amazonas. (A) Região do Janaúacá e (B) Região do Careiro. 140

INDICE DE TABELAS

TABELA 1. Conteúdo de Ca, Mg, Na, K, N e P nas Florestas Inundáveis de Várzeas (Klinge et alii, 1983).	19
TABELA 2. Conteúdo de Ca, Mg, Na, K, N e P nas Floresta Inundáveis de Igapó (Klinge et alii, 1983)	20
TABELA 3. Análise Química dos Elementos Trocáveis dos Sedimentos dos Lagos pertencentes ao ecossistema do rio Negro.	86
TABELA 4. Análises Químicas dos Elementos Totais dos Sedimentos dos Lagos pertencentes ao Ecossistema do rio Negro.	87
TABELA 5. Análise Química dos Elementos da Fração Orgânica C, N, M.O., N/P e Pigmento Total dos Sedimentos dos Lagos do rio Negro.	88
TABELA 6. Análise Química dos Elementos Trocáveis dos Sedimentos dos Lagos do rio Branco.	90
TABELA 7. Análise Química dos Elementos Totais e pH dos Sedimentos dos Lagos do rio Branco.	91

TABELA 8. Análise Química dos Elementos da Fração Orgânica C, N, C/N, M.O., N/P e Pigmento Total dos Sedimentos dos Lagos do rio Branco.	92
TABELA 9. Análise Química dos Elementos Trocáveis dos Sedimentos dos Lagos do rio Negro que sofrem Influência do rio Branco.	95
TABELA 10. Análise Química dos Elementos Totais Sedimentos dos Lagos do rio Negro Influenciado pelo rio Branco.	97
TABELA 11. Análise Química da Fração Orgânica C, N, C/N, M.O., N/P e Pigmento Total nos Sedimentos dos Lagos do rio Negro Influenciado pelo rio Branco.	98
TABELA 12. Análise Química dos Elementos Trocáveis nos Sedimentos dos Lagos do rio Solimões/Amazonas.	101
TABELA 13. Análise Química dos Elementos Totais nos Sedimentos dos Lagos do rio Solimões/Amazonas.	103

TABELA 14. Análise Química dos Elementos da Fração Orgânica C, N, C/N, M.O., N/P e Pigmento Total nos Sedimentos dos Lagos do rio Solimões/Amazonas.	105
TABELA 15. Conteúdo de P, K, Mg, Ca e Na (g/mg) nas Folhagens das Florestas Inundáveis de Igapó e nas águas do rio Negro, e o Fator de Concentração (Klinge et alii, 1983).	112
TABELA 16. Análise Química e Físico-Química dos Sedimentos do rio Negro, rio Branco e Confluência do rio Negro com rio Branco.	116
TABELA 17. Conteúdo de P, K, Mg, Ca e Na (g/kg) na Folhagem das Florestas de Inundação e nas águas do rio Solimões e o Fator de Concentração (Klinge et alii, 1983).	146
TABELA 18. Cátions Básicos Trocáveis da Fração Argila do Material em Suspensão do rio Solimões/Amazonas (Irion, 1976)	152
TABELA 19. Razões Ca/Mg, K/Na, Ca/S, Mg/S, Na/S e K/S, no Complexo Sortivos dos Sedimentos dos Lagos Estudados.	156

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SEDIMENTOS DE LAGOS DE VÁRZEAS
DA AMAZONIA CENTRAL

Sérgio Roberto Bulcão Bringel

Carlos Clemente Cerri
Orientador

RESUMO

Foram analisados os sedimentos de vinte e nove lagos de várzeas, que constituem uma área significativa da bacia Amazônica: Lagos do Rio Branco; Lagos do rio Negro; Lagos do rio Negro sobre influência do rio Branco e Lagos do rio Solimões/Amazonas. Determinou-se, os cátions trocáveis (Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio e Alumínio), os elementos na forma total (Nitrogênio, Fósforo, Sódio, Potássio, Manganês e Ferro), bem como o Carbono orgânico, Pigmento total e o pH. Fez-se ainda, a determinação da granulometria e a difração aos raios-X, da fração argila.

Antes da confluência com o rio Branco, os sedimentos do rio Negro, apresentam teores de soma de bases de 3,0 a 7,5 e.mg/100g; pH 4,1 a 5,1 e teor de argila de 10 %. Após a confluência, o rio Negro apresenta teores de soma de bases de 5,9 a 10,1 e.mg/100g; pH 5,1 a 6,8 e teor de argila de 45 %, o que comprova a fertilização sobretudo, de sua margem esquerda, pelas influências das águas e sedimentos do rio Branco.

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF VARZEA LAKES SEDIMENTS OF
CENTRAL AMAZONIA

Sérgio Roberto Bulcão Bringel

Carlos Clemente Cerri
Advisor

SUMMARY

Sediments from twenty-nine varzea lakes, representing a significant area of the Amazon basin, were analyzed - lakes of the Branco river; lakes of the Negro river; lakes of the river Negro influenced by the Branco river and lakes of rivers Solimões/Amazonas. Exchangeable cations (Calcium, Magnesium, Sodium, Potassium and Aluminium) were determined. Also total-Nitrogen, Phosphorus, Sodium, Potassium, Manganese and Iron, besides organic Carbon, total-pigment, and pH were determined. Granulometry and X-ray diffraction of the clay fraction were also determined.

Before the confluence with Branco river, sediments from river Negro showed average contents of sum of basis of 3.0 to 7.5 e.mg/100g; pH 4.1 to 5.1 and 10% clay content. After the confluence the Negro river showed average contents of sum of basis of 5.9 to 10.1 e.mg/100g; pH 5.1 to 6.8 and 45 % clay content, which proves the fertilization of the margin due to the influence of the waters and sediments from river Branco.

1. INTRODUÇÃO

Muito se tem escrito sobre a limnologia e hidrogeoquímica da região Amazônica, particularmente da Amazônia Central. A literatura existente está mais concentrada na química das águas dos principais ecossistemas aquáticos da região, sem contudo relacioná-la com os sedimentos dos lagos que constituem esses ambientes. Há portanto um flagrante desconhecimento sobre as características e propriedades desses sedimentos.

A carência de informações sobre os sedimentos deve-se, provavelmente, à intrincada rede hidrográfica da bacia e as inerentes dificuldades nas operações de amostragens, específicas para a região.

O objetivo primordial deste trabalho é o de fornecer informações básicas sobre as principais características dos sedimentos dos lagos de uma área significativamente importante da bacia Amazônica: Lagos do Rio Branco, Lagos do Rio Negro, Lagos do Rio Negro sobre influência do Rio Branco e Lagos do Rio Solimões/Amazonas.

Os resultados aqui apresentados, certamente, serão de utilidade para os programas de pesquisas em andamento e futuros, que visam a compreensão da hidrogeoquímica do meio natural amazônico e sobretudo poderão servir de referências para os programas de monitoramento das alterações do meio, devido ao desmatamento que ora se intensifica na região.

Para atingir os objetivos propostos foram realizadas excursões em barco laboratório, e coletados sedimento do fundo de vinte e nove principais lagos de várzeas que compõem as confluências dos rios Negro e Branco e, ainda do rio Solimões/Amazonas. As amostras coletadas foram analisadas quanto as principais características físicas, químicas, físico-químicas e mineralógicas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item, são mostrados os aspectos gerais da bacia Amazônica relativos a Geologia, Geografia, Clima, Vegetação, Solo e as características Limnológicas.

2.1. MEIO FÍSICO DA BACIA AMAZÔNICA: ASPECTOS GERAIS

2.1.1. GEOGRAFIA

A exata definição dos limites geográficos da bacia Amazônica é bastante difícil, uma vez que o termo Amazônia é empregado num sentido bastante amplo. Assim, por vezes, o termo Amazônia é utilizado para identificar a região Norte do Brasil, muito embora, como região natural, ela estenda-se por vários outros países da América do Sul (FIGURA 1): ao Norte pelas duas Guianas e o Suriname, e a Leste pela Venezuela, Colômbia, Equador, Peru e Bolívia. Por outro lado a Amazônia também é identificada como uma área que compreende a bacia de drenagem do rio

FIGURA 1. Bacia Amazônica. (1) Rio Amazonas; (2) Rio Solimões; (3) Rio Negro; (4) Rio Branco; (5) Rio Madeira; (6) Rio Purus; (7) Rio Jurua e (8) Rio Japurá. A Linha Pontilhada Representa os Limites da Bacia Amazônica.

Amazonas. No entanto, em algumas regiões, a Amazônia ultrapassa os divisores de água desta bacia e dos seus principais tributários (Xingu, Tapajós e Tocantins), os quais têm suas cabeceiras situadas no cerrado brasileiro. Existem divergências quanto aos seus limites. SIOLI (1984), considera o rio Tocantins como afluente do rio Amazonas, enquanto GIBBS (1975), não considera esse rio como tributário do Amazonas.

Visando uma ocupação e o desenvolvimento por parte do Governo Federal, a bacia Amazônica passou a ser chamada de Amazônia Legal. Esta área de 5.030.000 km², a qual ocupa aproximadamente 59 % do território brasileiro, está contida entre os paralelos de 16° S no Estado do Mato Grosso, pelo paralelo de 13° S no Estado de Goiás e ainda, pelos meridianos de 44° W e 79° W Gr.

A bacia Amazônica tem uma configuração clássica é formada de extensas planícies e ladeada por terras elevadas. Ao Oeste encontra-se as cordilheiras dos Andes, com altitudes de 3.000 a 7.000 m. Ao Norte destacam-se o escudo das Guianas com altitudes variando de 200 a 500 m e ao Sul, o escudo Brasileiro, também com altitudes de 200 a 500 m.

O principal rio de descarga dessa bacia é o rio Amazonas, que tem como formadores os rios Ucayali e Marañon, no Peru e seus principais tributários no lado brasileiro, são os rios Juruá, Purus, Madeira, Tapajós e Xingu, pela margem direita; enquanto que os da margem esquerda, são os rios Iça, Japurá, Negro e Trombetas. Tem um sentido direcional Oeste - Leste totalizando 6.771 km, paralela à linha do Equador, desaguando no Oceano Atlântico (STALLARD, 1983).

2.1.1.1. RELEVO

O relevo atual da bacia Amazônica acha-se intimamente relacionado a processos geológicos da era Quaternária, principalmente às variações no nível do oceano devido às glaciações (IRION, 1984a e KLAMMER, 1984).

As principais unidades de relevo da bacia amazônica foram enumeradas por KLAMMER (1984), em ordem decrescente de suas idades: a - o "plateau" de deposição conhecido como argila Belterra; b - um relevo de suave erosão descendo o platô até uma altitude de, aproximadamente, 80 m acima do nível atual dos rios e c - um grupo de 9 a 10 várzeas fósseis estendendo-se da altura de 80 m até o presente nível do mar (FIGURA 2).

A argila Belterra tem altitudes aproximadas de 100 m a 250 m acima do nível do mar na região central da Amazônia. Ao se distanciar do rio Amazonas este "plateau" pode atingir 300 m de altitude. SOMBROECK (1966), ao estudar essas argilas, atribuiu a origem marinha-lacustre, sendo depositada durante a formação de um grande lago, que foi formado pelo represamento dos rios, devido à subida do nível do mar durante o período de transição entre a era Terciária e a Quaternária. Já IRION (1984a), atribui a formação da argila Belterra aos produtos de intemperismo da formação Barreiras, cujos sedimentos foram depositados durante o Terciário.

Grande parte dos terrenos que na Amazônia são conhecidos como terra-firme constituem, segundo KLAMMER (1984), as várzeas fósseis, que atualmente se encontram modeladas em função de sua litologia e estrutura e que o grau de dissecação é um reflexo de sua idade.

FIGURA 2. Eventos de Deposição e Erosão na Bacia Amazônica
e Formas do Relevo Atual (Klamer, 1984).

As várzeas mais jovens da Amazônia, que se situam próximas aos canais dos grandes rios, têm sua origem no Holoceno (JUNK, 1984 e IRION, 1984). Durante a glaciação de Wurmian (18.000 anos), houve conseqüentemente um abaixamento do nível do mar de cerca de 130 m. Desta forma, os vales do canal principal e o baixo curso de seus tributários foram intensivamente erodidos, ou seja, os sedimentos foram depositados durante o final do Terciário e durante o Pleistoceno. Com o fim dessa glaciação, houve um rápido aumento no nível do mar até 125 m, havendo a formação de um grande lago devido ao represamento dos rios, onde hoje estão localizadas as várzeas atuais (SIOLI, 1975b; IRION, 1984a e KLAMMER, 1984).

2.1.2. CLIMA E HIDROLOGIA

Estudos realizados por SALATI (1984), indicam que a Amazônia, recebe no limite superior da atmosfera um máximo de $875 \text{ cal.cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, entre janeiro a dezembro e um mínimo de $730 \text{ cal.cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ em junho e julho, sendo que 50 % dessa quantidade chegam à superfície.

NIMER (1977), relata que devido ao regime de temperatura, toda a região Norte do Brasil, na qual está contida 70 % da bacia Amazônica, possui domínio climático quente, sendo os principais subdomínios climáticos:

o super úmido e o úmido. O super úmido domina a porção Oeste da bacia, grosseiramente a parte de Manaus, onde o tipo climático é o equatorial, já na posição Leste da bacia a partir de Manaus, domina o úmido, com tipo climático tropical.

A distribuição de precipitação na bacia é sensivelmente, menos uniforme (FIGURA 3). O movimento meridional do Sol entre os paralelos $23^{\circ} 27'$, cruzando a linha do Equador duas vezes por ano em intervalos de seis meses, conjuntamente, com a fonte de água e ar quente que é o Oceano Atlântico, são os principais fatores que determinam os padrões de clima e conseqüentemente a pluviosidade da região Amazônica (SALATI, 1984 e 1986).

MARQUES et alii (1979), estimaram que a quantidade média de vapor d'água armazenado na atmosfera (água precipitável) é da ordem de 35 mm; enquanto a média mundial é de 28 mm, conferindo à região condições isotérmicas, com alta pluviosidade. Relatam ainda, que a pluviosidade anual é maior na costa Norte, com valores acima de 3.250 mm, sendo que esse valor decresce em direção à Amazônia Central atingindo um mínimo de 1.750 mm. A partir da Amazônia Central, a quantidade anual de precipitação começa a aumentar, desta feita, em direções Nordeste e Sudeste. Na direção Nordeste, encontraram-se os

maiores índices, ficando em torno de 3.500 mm e a Sudeste, esses valores são menores alcançando 2.250 a 2.500 mm (SALATI et alii, 1978 e NIMER, 1977). Porém, SALATI (1986),⁻¹ mostra que esses índices podem chegar à 5.000 mm.ano, na região Andina.

FIGURA 3. Distribuição Anual das Precipitações na Região Amazônica (Salati, 1984).

Trabalho realizado por RIBEIRO & VILA NOVA (1979), numa reserva florestal perto de Manaus (Reserva Florestal Ducke, à 26 km de Manaus), durante o período de 1965 a 1973, observaram um valor médio da precipitação de 2.478 mm e de 1.536 mm para a evapotranspiração, sugerindo que 62 % da água precipitada volta à atmosfera e 38 % fica no sistema ou saiu do mesmo por escoamento superficial.

LEOPOLDO et alii (1982b), também trabalhando em uma reserva florestal tropical próximo à Manaus (Bacia Modelo, à 80 km de Manaus), estimaram que 74 % da precipitação que atinge o dossel da floresta foi evapotranspirado e o restante 26 % foi perdido por escoamento; sendo que o valor absoluto da precipitação foi de 2.088,9 mm e da evapotranspiração, e 1.548,2 mm.

Estudos realizados no alto rio Negro, Venezuela, em São Carlos do Rio Negro, por JORDAN et alii (1981), onde estimaram que 52 % da precipitação foi evapotranspirada e 48 % deixou a bacia pelo escoamento superficial. Determinaram ainda, que a precipitação foi bem mais elevada nesta região, na ordem de 3.664 mm.ano⁻¹, enquanto nas outras áreas da Amazônia Central foram estimadas em 2.214 mm.ano⁻¹

Considerando-se a bacia como um todo, MOLION (1979), observou que 48 % da precipitação ($2.379 \text{ mm.ano}^{-1}$) era evapotranspirado e 52 % era escoado pelo rio Amazonas. MARQUES et alii (1980), chegaram a resultados semelhantes: $2.328 \text{ mm.ano}^{-1}$ foram precipitados e 54 % foram evapotranspirados. Estimaram ainda, que através da precipitação, a bacia recebe $11,87.10^{12} \text{ m}^3 \text{ .ano}^{-1}$ e, através da descarga do rio Amazonas, deixa o sistema $5,44.10^{12} \text{ m}^3 \text{ .ano}^{-1}$.

Pelos trabalhos climatológicos até agora realizados na região Amazônica, podemos caracterizá-la por altas temperaturas com baixas amplitudes térmicas onde predomina o clima quente e úmido; precipitação bastante elevada durante o ano, em média 2.200 mm (SALATI, 1986).

2.1.3. VEGETAÇÃO

Apesar da Amazônica constituir-se na mais vasta região de floresta tropical, sua flora é muito pouco conhecida. Destacam-se os trabalhos de (SPRUCE, 1908; GATES, 1927; GUNTHER, 1931; ULE, 1947; SOARES, 1948c; KUHIMANN, 1959; VELOSO, 1962 e 1966; PIRES, 1957, 1966 e 1973; RIZZINE, 1967 e SIOLI, 1967). SIOLI (1968a), foi quem caracterizou, ecologicamente, essa região.

2.1.3.1. TIPOS FISIONOMICOS

Grande parte de área coberta pela floresta Amazônica tem uma fisionomia extremamente uniforme, mas no seu interior há uma riqueza de diversificação botânica que varia com as condições locais, as precipitações pulviométricas, as alterações anuais nos níveis dos rios e outros fatores ecológicos.

Segundo PIRES (1966 e 1973), a floresta Amazônica é coberta por 90 % de floresta de terra-firme (terras não inundadas), de determinados tipos, não tendo uma distribuição uniforme. Essa diferença é devida em parte, à grande variedade de espécies de árvores, e mais ainda à diversidade das características de solo, profundidade e facilidade de drenagem, profundidade e flutuação do lençol freático e dos microclimas. Na Figura 4, Mostra-se os vários tipos de vegetação existente na região Norte do Brasil, segundo KUHLMANN (1977).

2.1.3.2. FLORESTA DE TERRA FIRME

Cobrindo 90 % da floresta Amazônica, situa-se nas terras altas e não alagadas. Fisionomicamente, é uniforme em toda a sua extensão, mas há uma grande variedade na composição das espécies de uma área para

outra. Porém, podem ser subdivididas em:

- a. Floresta elevada com grande biomassa, cobertura relativamente esparsa do terreno. Árvores altas, copas fechadas, lianas grossas e lenhosas e pouco numerosas;
- b. Floresta baixa com biomassa reduzida, relacionada com a altura, solo, declividade do terreno; cobertura espessa, árvores baixas e um maior número de plantas endêmicas;
- c. Floresta de cipó, com biomassa média e totalmente entrelaçada de lianas, situada entre os rios Xingu e Tocantins; tende à formação de bambuzais e possui muito pouco epífitas;
- d. Floresta de campina (caatinga amazônica), um tipo de floresta baixa e cerrada, um solo de areia branca, intermediário entre a floresta alta e a campina; possui uma flora característica, na qual se incluem muitas

FIGURA 4. Tipos de Vegetação da Região Norte (Amazônia).
(A) Floresta de Terra Firme; (B) Floresta de Várzeas; (C) Floresta Subcaducifólia e (D) Campo. (Kuhlmann, 1977).

plantas endêmicas. A floresta de campina (caatinga) do alto rio Negro tem um endemismo e uma diversificação vegetal muito superior às de outros do mesmo tipo situada no Baixo rio Negro, próximo a Manaus;

- e. Floresta seca, com biomassa média, alta penetração de luz no terreno, abundância de cipó e grande número de árvores, cujas folhagens caem periodicamente. Esse tipo de vegetação representa uma transição entre a floresta alta amazônica e as variações de cerrados cerrado do Brasil Central, sendo comum no Mato Grosso (SOARES, 1948c; PIRES, 1957; 1966 e 1973; RIZZINI, 1967; SIOLI, 1967 e 1968a e KUHLMANN, 1977).

2.1.3.3. FLORESTA DE VARZEAS

Esses tipos de vegetação são encontrados em solos, periodicamente alagados. A duração do período de alagamento varia de acordo com a altura em que ela se situa acima do nível do rio.

A floresta que é alagada anualmente apresenta uma considerável diferença na composição das espécies em comparação à floresta de terra-firme, achando-se a maioria de suas espécies adaptadas tanto a um tipo quanto ao outro. A floresta de várzeas apresenta menor diversidade de espécies do que a de terra-firme (PIRES, 1966 e 1973 e SIOLI, 1968a).

Nas florestas de várzeas altas, o terreno tem cobertura esparsa, sendo comum a presença de raízes respiratórias (pneumatóforo). Esse tipo de floresta é geralmente mais baixo do que a de terra-firme, apresentando algumas árvores gigantesas como a samaúna (*Coiba pentandra*) (PIRES, 1966 e 1973 e SIOLI, 1968a).

Nas florestas inundáveis de várzeas (TABELA 1), o conteúdo dos elementos nutritivos N, P, Ca, Mg e K são mais altos que os verificados na floresta de igapó (KLINGE et alii, 1983). Essas concentrações são variáveis de acordo com as espécies que constituem essa vegetação.

TABELA 1. CONTEUDO DE Ca, Mg, Na, K, N e P, NAS FLORESTAS INUNDAVEIS DE VARZEAS (Klinge et alii, 1983).

ESPECIES	ELEMENTOS NUTRITIVOS					
	Ca	Mg	Na	K	N	P
			ppm			
Boraginacea (Munguba)	15.887	3.992	156	31.286	35.000	2.260
Leguminosae I.sp. (Inga)	23.702	2.876	107	8.463	35.500	1.600
Miliaceae Pichilia sp	26.417	6.716	35	6.683	17.800	1.720
Guttiferae brasiliense (Mart.) Pl.et.Tr.	13.930	2.433	58	13.732	14.600	1.510

2.1.3.4.FLORESTA DE IGAPÓ

E o tipo de vegetação encontrada em solos permanentemente alagado, com água estagnada durante, pelo menos, uma parte do ano. Geralmente, o solo e a água são bastante ácidos (SIOLI, 1956b e SIOLI & KLINGE, 1962). Sua vegetação é altamente específica e apresenta menor diversidade de espécies, ocorrendo, porém, endemismo em muitos igapós isolados (PIRES, 1966 e 1973).

As raízes de escoras e as respiratórias são mais numerosas. Alguns igapós tornam-se secos e se transformam em praias durante uma pequena parte do ano, mas, o terreno não é adequado para sustentar uma floresta de várzeas (PIRES, 1966 e 1973 e SIOLI, 1968a).

Nas florestas inundáveis de igapó, o conteúdo de elementos nutritivos tais como, Ca; Mg; Na e K, são mais baixos (KLINGE et alii, 1963). Sendo que as concentrações são variáveis e dependem das espécies existentes nessas áreas (TABELA 2).

TABELA 2. CONTEUDO DE Ca, Mg, Na, K, N e P, NAS FLORESTAS INUNDAVEIS DE IGAPÓ (Klinge et alii, 1963).

ESPECIES	ELEMENTOS NUTRITIVOS					
	Ca	Mg	Na	K	N	P
	ppm					
Leguminosae Macrolobium (DC).						
Benth.	5.497	2.009	105	9.943	25.500	1.100
Leguminosae Aldina latifolia var. latifolia Spruce						
ex Benth.	1.330	1.236	20	3.565	24.300	400
Sapotaceae Franchetella crassifolia wawra (Radik)						
J.M.Pires	660	372	41	5.794	12.700	360
Theaceae Ternstroemia						
andolliana	1.583	1.310	65	13.129	12.200	160

2.1.4. GEOLOGIA

Com base nos estudos realizados por PUTZER, (1984); SCHUBART, (1983) e SIOLI, (1975b), podemos definir, geologicamente, a bacia Amazônica como uma bacia sedimentar intercratônica, formada entre os escudos Brasileiro e das Guianas. Já STALLARD (1983), sugere quatro zonas morfoestruturais bem definidas: escudo Pré-Cambriano (Brasileiro e das Guianas); bacia Amazônica; a Cordilheira dos Andes e a depressão Sub-Andina (FIGURA 5).

A base de toda bacia é formada por rochas cristalinas da era Pré-Cambriana. Essas rochas encontram-se nos limites Norte e Sul da bacia, sendo que ao Norte, formam o escudo das Guianas, constituídos de rochas ígneas e metamórficas de composição ácida à intermediária (PUTZER, 1984 e STALLARD, 1983). Ao Sul, está o escudo Brasileiro, que é bastante similar ao das Guianas. Estas plataformas cristalinas avançam do Norte e do Sul em direção à depressão Amazônica, cobertas de sedimentos recentes (KLAMMER, 1984). No limite Oeste da bacia, está a Cordilheira dos Andes, que surgiu na era Cenozóica, sendo mais recente que os escudos cristalinos. Apresenta uma litologia bastante complexa, sendo composta por argilitos, carbonatos, arenitos e sedimentos flúvio-lacustres (STALLARD, 1983).

FIGURA 5. Principais Unidades Geológicas e Geomorfológicas da Bacia Amazônica: (T) Terciário; (Q) Quaternário; (C) Pré-Cambriano e (P) Paleozóico. Unidades Geomorfológicas: (1) Bacia Amazônica; (2) Escudo Cristalinos; (3) Depressão Sug-andina e (4) Cordilheiras dos Andes. (Sioli, 1975a).

Historicamente, a formação da bacia Amazônica é bastante antiga. Data da era Paleozóica (420 milhões de anos), quando não havia ainda surgido a cordilheira dos Andes, a África e a América do Sul formavam um único continente. A depressão situada entre os dois escudos cristalinos foi invadida pelo mar, através de transgressões no sentido Oeste para Leste, pelo menos três vezes durante os 2300 milhões de anos que duraram esta era. Desta forma, alternaram-se período de sedimentação e erosão (PUTZER, 1984 e SIOLI, 1975b). Atualmente estes sedimentos só não foram cobertos em duas estreitas faixas que margeiam os escudos cristalinos na região do Baixo Amazonas. Na era Mesozóica foi um período de desnudação, tendo no Cretácio, ocorrido intrusões de diabásico, através de fraturas da crosta, quando da formação do Oceano Atlântico. SCHUBART (1983), afirma que nessa era houve deposição de sedimentos flúvio-lacustre.

Nesta fase, havia duas bacias distintas; uma onde o padrão de drenagem era semelhante ao que ocorre atualmente, ou seja, os rios percorriam, predominantemente, o sentido Oeste-Leste (SCHUBART, 1983); na segunda bacia situada na região de Iquitos (Peru), os rios drenavam para o Pacífico, no sentido Leste-Oeste. No final da era Terciária, no período Mioceno, houve a elevação dos Andes.

Conseqüentemente, os rios que corriam em sua direção foram bloqueados, passando a fluir em sentido contrário, ou seja, de Oeste para Leste (GIBBS, 1965; SIOLI, 1973b e PUTZER, 1984).

Seguiu-se um período de deposição de sedimentos de origem flúvio-lacustre, constituído principalmente de silte-argila, originando a formação Barreiras (Alter do Chão). Durante o período Plioceno e toda a era Quaternária, devido a oscilações do nível do mar ocasionadas pelas glaciações, os rios da bacia Amazônica alternaram períodos de deposição com período de erosão, formando extensas planícies de inundação e estabelecendo o atual padrão de drenagem (JUNK, 1984; SIOLI, 1974b; KLAMMER, 1984 e IRION, 1964a).

2.1.4.1. ORIGEM DA BACIA AMAZONICA

Segundo KATZER (1903); OLIVEIRA & LEONARDO (1943) e SIOLI (1965), as águas da região Amazônica tiveram um papel preponderante na formação geológica da região. A "bacia amazônica" era coberta por um golfo do mar do oceano Pacífico, o qual era aberto para Este, e limitado ao Norte e ao Sul pelos maciços das Guianas e do Brasil Central, e fechado a Leste. Esse golfo, possivelmente tenha durado todo o Paleozóico.

Os movimentos verticais que afastaram o continente, durante o Mesozóico, fizeram com que o mar se retirasse desse golfo e, conseqüentemente o seu secamento. Os rios que drenavam nessa zona, tiveram o seu movimento seguido em direção ao Pacífico, isto, somente com o levantamento dos Andes, isto é, no fim do Mioceno. Desse levantamento, resultou um lago de água doce, pois se encontrava fechado por todos os lados, tendo somente uma pequena ligação com o mar das Antilhas.

No Pleistoceno, a margem do "lago amazônico" da época do Terciário, teve início a um rebaixamento, fazendo com que as águas iniciassem os seus movimentos de descida, desta feita, para o lado do Atlântico. Isto ocorreu, devido ao grande peso da massa de água e de sedimento em cima do bloco continental.

Com a movimentação das águas para o Atlântico. O peso da massa de água foi diminuindo e a crosta terrestre teve um levantamento leve, ficando acima do nível do mar, dando origem às "terras firmes" e à "floresta amazônica".

2.1.4.2. ORIGEM DOS SEDIMENTOS

Os sedimentos têm sua origem na erosão de

rochas pré-existentes, que podem situar-se a várias distâncias do lugar onde haverá a acumulação, como também da própria área de deposição.

Os sedimentos carregados pelo rio Solimões/Amazonas são provenientes dos Andes. Sua vazão observada em Obidos é de, aproximadamente, 170 milhões de toneladas em solução e 425 milhões de toneladas em suspensão, que passam anualmente neste ponto (LEINZ & AMARAL, 1978; MEADE et alii, 1979 e BRASIL, 1984).

A composição desse sedimento, é o fluxo da composição das rochas que estão sofrendo erosão na fonte de produção e da natureza dos precipitados orgânicos e inorgânicos susceptíveis de se somarem no sítio de deposição. Essa composição depende, também, da relação entre o intemperismo na fonte de deposição e a deposição na bacia sedimentar.

Se as rochas erosivas estão profundamente intemperizadas, seus constituintes minerais estão quimicamente desintegrados. Quando a velocidade de erosão é rápida, então os minerais são transportados e soterrados antes que possam ocorrer muitas alterações e desintegração (BRASIL, 1984).

2.1.4.3. SEDIMENTAÇÃO

Na bacia Amazônica, camadas denominadas Alter do Chão são atribuídas, pelo menos em parte ao Cretácio. A evidência paleontológica de maior peso são dentes identificados como pertencentes a dinossauros terópodes (BRASIL, 1984).

Localizam-se na Amazônia as mais importantes áreas de sedimentação Quaternária. São as argilas aflorantes nas margens do rio Juruá, com bivalídeos de água doce, folha e vertebrados, que permitem sua datação com o Quaternário. A planície de inundação do Amazonas é sede de intensa sedimentação. Nas várzeas e lagos, acumula-se grande quantidade de sedimentos, depositados pelas cheias. As regiões que não sofrem influência da enchente são formadas por sedimentos Quaternários mais antigos (BRASIL, 1984).

Nas cabeceiras do rio Branco, ocorrem os sedimentos Quaternários denominados formação Boa Vista. Toda a sedimentação Pleistocênica que cobre a bacia do Amazonas extravasa-se, cobrindo o embasamento. Que a Oeste do meridiano de Manaus, é denominada formação Iça, na qual se assinala a presença de turfa (BRASIL, 1984).

DAVIS (1964), estimou que a descarga do

rio Amazonas era de $212.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, entretanto OLTWANN (1968), calculou em $175.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, isto perto de Obidos. Para esse mesmo local, RICHEY et alii (s.d.), estimaram em $177.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na écopa do início da subida das águas e de $202.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, no início da descida das águas.

GIBBS (1965), calculou o total de descarga de sedimentos do rio Amazonas em $3,5 \cdot 10^8 \text{ t} \cdot \text{ano}^{-1}$, representando 80 % do total que é descarregado no Oceano Atlântico na região equatorial. Enquanto que, MAEDE et alii (1986), estimaram que os sedimentos que são lançados ao Atlântico pelo rio Amazonas, é da ordem de $1,1$ a $1,3 \cdot 10^9 \text{ t} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Segundo NORDIN et alii (1981), a distribuição de tamanho de partículas do leito do rio Amazonas, não sofre variação apreciável desde de Iquitos, no Peru, até Macapá, no Brasil, isto uma distância de 3.200 km.

Entretanto, LANDIN et alii (1978), registraram que as areias do rio Amazonas, próximas de Iquitos, ou seja, nos primeiros 1.300 km são ricas em minerais instáveis, tais como "hypersthene", augita e anfibólio, o que indica uma fonte predominantemente andina e que as areias nos 2.000 km inferiores contêm menos

minerais instáveis e maiores proporção de zircão e turmalina.

Estudos de sedimentos em suspensão realizados por MAEDE et alii (1979), mostraram que as concentrações em secções transversais do rio Amazonas e de seus tributários não apresentam distribuição uniforme. Entretanto, os que estão entre 0,01 a 0,5 mm acham-se em maior concentração junto do fundo, e que a maior parte das variações transversais são devidas as diferenças nas concentrações de silte e argila em suspensão. Mostraram ainda que o material do fundo, recolhido na sua maior parte por draga de sucção é de areia fina a média em quase todas as secções transversais, desde Iquitos até à foz do rio Amazonas. Mostraram também que a distribuição granulométrica do material do fundo não varia sensivelmente em 3.300 km do curso do rio.

Em estudos sedimentológicos realizados na ilha da Marchantheria, rio Solimões/Amazonas, foi verificado a uniformidade tanto na mineralogia como da composição geoquímica. As areias dessa ilha consistem principalmente de quartzo, e o feldspato está presente em pequena proporção (IRION et alii, 1983).

Esses autores, observaram que as frações

dos grãos finos dos sedimentos consistiam principalmente de montmorilonita, illita, caulinita e clorita, em adição ao quartzo e ao feldspato. Mostraram também que a química da fração em suspensão no rio Amazonas é casualmente muito similar às frações de argilas do sedimentos da ilha. Esses sedimentos são ricos em nutrientes inorgânicos, e são essenciais para o bom conhecimento da fertilidade das várzeas do Amazonas.

IRION (1982), ao perscrutar os lagos localizados na parte Central da Amazônia Ocidental, sugeriu, que o começo da sedimentação durante o período Holocênico coincidiu com o levantamento mundial do nível do mar, devido as informações obtidas por meio do uso do carbono radioativo encontrado nesses sedimentos.

Quanto a composição iônica dos minerais de argilas e a ausência de minerais autogênicos IRION (1982), descarta a possibilidade da existência de um clima árido, e que a continuidade do bosque chuvoso tropical na Amazônia Ocidental não está somente relacionada com o período Pleistocênico médio a tardio, mas também, com o Holoceno. Sendo que suas conclusões não excluem a possibilidade de que nas áreas baixas mais ao Norte e Sul do rio Amazonas, nas flutuações do Quaternário haviam sido suficientemente severas como para trocar o carácter da vegetação.

Estimativas dos sedimentos em suspensão no rio Amazonas foram feitas por MEADE et alii (1979), onde em Obidos, este rio apresenta uma descarga de $230.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e uma concentração de sedimentos suspensos na ordem de 235 mg.l^{-1} e em Manacapuru, $130.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e 200 mg.l^{-1} enquanto o rio Negro apresenta uma descarga de $50.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e uma concentração de sedimentos suspensos na ordem de 5 mg.l^{-1} .

2.1.5. SOLOS

SANCHEZ et alii (1982), atribuem que 75 % dos solos da Amazônia são ácidos e inférteis, principalmente os Oxisols e Ultisols segundo a classificação americana, ou Podzolicos e Latossolos pela classificação brasileira; 15 % da área é dominada por solos aluviais pouco drenados, que pela classificação americana são os Aquepts, Aquents e Gleysols. Os solos moderadamente férteis e bem drenados constituem 8 % da área, e são classificados como Alfisois, Molisois, Vertisois, Tropopst e Fluvents. Os 3 % restantes, são os arenosos de baixíssima fertilidade, classificados como Spodosols, Psamments e Podsois.

Com base nos estudos de SANCHEZ et alii (1982), podemos atribuir que 90 % são deficientes em

fósforo; 73 % apresentam toxidade de alumínio; 56 % sofrem inundações periódica e drenagem deficiente; 16 % apresentam baixa Capacidade de Troca de Cátions; 15 % evidenciam alta erodibilidade; 67 % tem capacidade de formação de laterita, caso haja exposição do subsolo. Com isso, evidencia-se que as maiores limitações dos solos da Amazônia são de origem química e física, e somente 6 % da área (32 milhões de ha), são constituídas de solos sem maiores limitações para a agricultura.

STALLARD (1983), relaciona os três maiores tipos de solos com áreas de diferentes climas e vegetação: as Savanas que ocorrem na região Nordeste e Sul, onde os solos tendem a ser cauliniticos com níveis variáveis de sesquióxidos de alumínio, e um maior período seco em relação às outras regiões; na parte Central da bacia estão localizados os solos predominantemente cauliniticos com teores médios de quartzo e a região de Campina-Caatinga, com um menor período seco, onde os solos são bastantes ricos em quartzo, com ocorrência de caulinita e sesquióxidos de alumínio.

IRION (1978), relaciona os solos da bacia Amazônica, às formações geológicas dos escudos Cristalinos e da formação Barreiras, mostrando que são solos formados por rochas cristalinas de textura grosseira, com alta

permeabilidade originalmente ricos em feldspatos e que devido a alta pluviosidade, os perfís encontram-se altamente intemperizados com formação de caulinita apartir dos feldspatos. São solos ácidos e de baixa fertilidade, onde a soma de cátions (Ca, Mg, Na e K), apresenta-se normalmente baixa. IRIION (1976), atribui a esses solos uma constituição de 90 % de caulinita e que os solos dos escudos cristalinos são geralmente mais ricos que os da formação Barreiras.

Estudos realizados na parte Oeste da bacia sedimentar da Amazônia por SOMBROEK (1984), evidenciam que os solos ali existentes são menos intemperizados que os da parte Leste, uma vez que são predominantemente formados de materiais andinos, sedimentos marinhos e cinzas vulcânicas. Esse autor faz uma classificação dos solos dessa região, baseando-se na existência ou não de diferenciação textural. Afirma que essa diferenciação, ocorrem mais para a parte Sudeste do Brasil e na Colômbia, Peru e Bolívia. São solos ácidos, constituídos de minerais de argilas como a illita em adição à caulinita e sesquióxidos. Apresenta ainda uma Capacidade de Troca de Cátions relativamente alta, onde o horizonte B-textural ou argílico apresenta baixa atividade de argila (Podzólico Vermelho-Amarelo, álico, atividade de argila baixa ou Paleudults de acordo com a classificação

americana), ou alta atividade de argila (Podzólico Vermelho-Amarelo, álico, atividade alta ou Tropudults segundo a classificação americana).

Nos escudos Cristalinos Pré-Cambrianos situados na parte Norte e Sul da bacia Amazônica, encontram-se os solos cujas características são bastantes variadas. Alguns desses solos são bastantes semelhantes àqueles encontrados na planície Amazônica (formação Barreiras), como os Latossolos Vermelho-Amarelo álico (Haplorth, pela classificação americana). Outros, são os solos fisicamente semelhantes, onde a fração argila apresenta uma grande percentagem de óxido de ferro, devido à rocha-mãe (basaltos e rochas sedimentar de ferro-magnésio). Esses solos são conhecidos como Terra-Roxa Estruturada (Paleudalfs, na classificação americana) SOMBROEK (1984).

IRION (1976), atribui que os solos das áreas Paleozóicas são menos intemperizados se comparados com os solos formados sobre a formação Barreiras, devido à menor impermeabilidade das rochas sedimentares do Paleozóico. Ressalta que a mica nesse solos apresentam-se ainda, relativamente bem preservadas, enquanto que os feldspatos já foram totalmente intemperizados, levando à formação de caulinita. IRION (1978), observa que, nas primeiras camadas, esses solos estão compatíveis com os

solos que ocorrem na formação Barreiras e nos escudos cristalinos, e que entre 1,5 a 5 metros ocorrem um intemperismo parcial da illita, aumentando o conteúdo de magnésio e potássio.

SOMBROEK (1984), relaciona os solos que se encontram sobre os depósitos Cretáceo-Terciários, como pertencentes à parte Oeste e não apresentam gradiente textural. significativa. São solos mais ricos em minerais e menos uniformes, se comparados com os da formação Barreiras, sendo constituídos por sedimentos de textura fina resistente à infiltração da água e pouco drenados (IRION, 1976 e 1978). O resultado final da intemperização desses solos é, geralmente, a montmorilonita de baixa atividade (IRION 1984).

2.2. CONSIDERAÇÕES LIXNOLOGICAS

Nos ambientes terrestres, existem vários sistemas aquosos, como lacustrico (lagos, lagoas) e fluvial (cursos de água, rios). Muitas vezes, encontramos também os pantanos e brejos. Existem dois fatores ecológicos que julgamos de especial importância nesses ambientes aquosos: a intensidade de movimentação de água e a relação da superfície aquática para a profundidade. A movimentação da

água ou correntes torna-se importante pela influência que causa na circulação de oxigênio dissolvido e dos nutrientes (SOARES, 1951 e 1959; MARLIER, 1967; SCHWOERBEL, 1971; SCHMIDT, 1973; JUNK, 1980 e SANTOS, 1980).

MARLIER (1967), estudando três lagos da região Amazônica, um de água clara, um de água branca e um de água preta, diz que somente os lagos de água branca possuem uma produção autóctona razoável de matéria orgânica. E, que devido à falta de sais minerais, a produção primária é muito baixa nos outros lagos.

Quanto a biomassa desses lagos, MARLIER (1967), afirma que é alta nos lagos de água branca e que a produção aumenta somente com a enchente. Esses fenômenos podem ter razões em processos diferentes. Um deles, é a chuva que traz alguma quantidade de nitrogênio. Outro, é a penetração de água freática através do fundo do lago quando sobe o nível das águas ao redor do lago. Sendo que, o lago quando recebe água diretamente de um afluente de água branca (rio Amazonas/Solimões), também ganha um novo suplemento de matéria mineral.

Nas águas claras e pretas de lagos florestais, a produção orgânica é alóctona. O estoque de matéria orgânica, no lago, aumenta progressivamente com a

evolução ecológica da água e com a ação dos organismos os quais acumulam nutrientes dentro da própria substância. A produção autóctona mostra, também, um pequeno aumento quando sobe o nível da água, porém a biomassa total sempre permanece pequena (MARLIER, 1967).

Segundo MARLIER (1967), um dos fatores da produtividade o qual, desta maneira, parece importante, é o número de animais. Primeiro, eles armazenam nutrientes os quais, em outro caso, seriam perdidos aos cursos de água, afluentes dos lagos; segundo, eles aumentam a velocidade de mineralização do material fornecido pelas plantas do litoral, o que cai para dentro da água e torna-se acessível ao ciclo do lago. O primeiro processo é dependente da densidade da população animal e o segundo é dependente da densidade e da diversidade da mesma. E que a ação favorável do rio Solimões/Amazonas e das águas brancas sobre a produtividade demonstra a importância de um levantamento hipsométrico acurado da região para o fim de uma delimitação de zonas de produtividade na bacia.

SIOLI (1968b), mostra uma relação entre a química das águas (água freática e água corrente) e a geologia das áreas de influência sobre as mesmas são notavelmente nítidas, principalmente na amazônia brasileira.

Sendo que, os maciços do arqueano ao Norte e ao Sul do Amazonas produzem águas que são, químicamente, bastante pobres e puras e que possuem valores de pH bem mais baixos. Mais pobres e mais ácidas, são as águas das zonas da série das Barreiras e da formação Pará, ambas de origem plioceno-pleistoceno; enquanto que no Oeste da Amazônia, na zona da formação Pebas, de igual idade geológica, ocorrem águas mais ricas e menos ácidas.

Segundo SIOLI, em todas estas áreas geológicas são encontradas manchas de areia esbranquiçadas (podsol), cobertas de um tipo especial de vegetação, as quais produzem águas pretas; dos latossolos amarelos que suportam a floresta alta, provém águas cristalinas. As águas pretas contêm grande quantidade de substâncias corantes, de humus, enquanto que os teores de íons inorgânicos e os valores de pH são os mais baixos da Amazônia.

A concentração de material suspenso e os teores de diversas substâncias dissolvidas no rio Negro, são relativamente baixas, contudo sofrem variações durante o ano. Os materiais suspensos, as frações suspensas de ferro e de fosfato, e o teor total de sais dissolvidos, apresentam um máximo de concentração, coincidindo com o princípio da estação chuvosa, quando o rio ainda está muito

baixo, mas já começando a subir SCHMIDT (1972a).

2.2.1. ORIGEM DAS VÁRZEAS

Segundo JUNK (1980), as várzeas do Amazonas estende-se dos Andes até o Oceano Atlântico com uma largura de 20 a 100 km. Sua área foi calculada por SOARES (1956) em 64.000km^2 .

A explicação sugerida para a formação desta região é de que há 75.000 anos atrás, o nível do mar esteve de cerca de 100 metros abaixo do nível atual, durante um período de aproximadamente 50.000 anos (AIRBRIDGE, 1961). Em consequência de baixada do nível do mar, o rio Amazonas e seus tributários formaram lagos de fundo de vales. A subsequente subida do mar até o nível atual, provocou um represamento dos rios nos seus próprios vales. Com isso, mais de $1.000.000\text{ km}^2$ da bacia Amazônica estão situadas abaixo da ischipse de 100 metros, este represamento teve efeito no vale do Amazonas até ao sopé dos Andes (JUNK, 1980).

Conseqüentemente, os rios começaram a encher os seus vales afogados com sedimentos recentes conforme sua carga sedimentária. No caso do rio Amazonas, que transporta grande quantidades de sedimentos dos Andes e da zona pré-Andina, este processo de sedimentação,

aparentemente, foi completado. Foi alcançado um novo equilíbrio que inclui amplos processos de sedimentação e erosão na própria várzeas, que está sendo modificada permanentemente pela atividade do rio (JUNK, 1980).

2.2.2. ESTRATIFICAÇÃO E CONDIÇÕES DO OXIGÊNIO NOS LAGOS DE VARZEAS

HUTCHINSON e LOFFER (1956) e JUNK (1980), classificaram os lagos de acordo com o tipo de circulação de água, incluindo também uma discussão sobre lagos tropicais. De acordo com esta classificação, lagos de várzeas devem ser considerados como oligomíticos, durante a cheia e polimíticos, durante a água baixa. A circulação da água durante a seca, não se realiza tanto por causa da temperatura mas por causa do vento. Durante este período, os lagos rasos são normalmente túrbidos porque as camadas superiores dos sedimentos são levantadas, sendo eles, em parte, retransportados aos rios. Por causa disso, os sedimentos de lagos clássicos podem ser encontrados às vezes, somente, em lagos de várzeas (SCHNIDT, 1979).

Intimamente ligados à estratificação térmica estão as concentrações de oxigênio. O aumento da temperatura não somente diminui a solubilidade do oxigênio na água mas, aumenta, além disso, o consumo do oxigênio por

causa de taxas de decomposição e respiração crescente. Por isso, muitos lagos tropicais, frequentemente, têm baixa concentração de oxigênio, logo abaixo da camada eufótica e o sulfeto de hidrogênio é comum nas zonas mais fundas. Em lagos de várzeas, esta situação é ainda mais pronunciada porque durante a enchente grande quantidade de matéria orgânica proveniente da vegetação terrestre inundada estão à disposição dos processos de decomposição (JUNK, 1980).

2.2.3. OS LAGOS AMAZONICOS

Segundo SOARES (1948a e b; 1951 e 1959), é comum distinguir dois tipos de lagos para a região Amazônica - os lagos de Várzeas e os de terras Firmes.

Os primeiros ocupam as depressões da planície aluvial, isto é, as áreas não colmatadas pelo limo das enchentes, no processo normal da construção das várzeas amazônicas. Frequentemente são meandros abandonados (*oxbow lakes*) ou porções de longos trechos de paranás e mesmo de antigos leitos do Amazonas e seus afluentes, na planície de inundação. São geralmente rasos, alguns mesmos temporários, transformando-se em brejos, na época da vazante, quando o seu aluviamento já vai bastante adiantado. Comumente, ocupam parte central das ilhas aluviais, como o lago dos Reis, na ilha do Careiro.

CARVALHO (1942), resume as características gerais dos lagos de várzeas, apresentadas por L. COINTE (1903), da seguinte maneira:

- São apenas depressões, sem profundidade que, na planície de aluvião, ao longo do rio principal, se enchem de água de inundação, retendo-as em parte na vazante;
- Suas margens são baixas, planas e geralmente se prestam a campo e pastagens.

Para SOARES (1948a e b; 1951 e 1959), os chamados lagos de terra firme, são as massas de águas que se encontram dentro de grandes trincheiras com dezenas de quilômetros de largura cavadas pela erosão no planalto terciário. Alguns encontram-se no contacto da terra-firme com a várzea, ou melhor, por se achar encaixados na terra-firme, tendo também, margens na várzeas.

As características típicas desses lagos apresentadas por L. COINTE (1903), são resumidas por CARVALHO (1942), da seguinte maneira:

- São massa de água represadas pelas restingas de aluviões;

- Suas margens são mais elevadas, em rega, matosas e os lados de praias de areias brancas, recebem pequenos rios cujas bocas se alargam consideravelmente.

Existem vários tipos de lagos de terra-firme. SOARES (1959), faz uma pequena descrição desses tipos de lagos, dizendo: "Alguns são embocaduras afuniladas, outros são desdobramentos em duas ou mais bacias, outros são tripartidos. Muitos são lagos de barragens, isto é, formados pela barragens, pelas aluviões construtoras das várzeas, das largas embocaduras, nos rios de planície quaternárias, dos seus afluentes que correm sobre o planalto terciário o alcantilado de suas margens terciárias e a sua, geralmente grande profundidade seriam explicadas pela sua qualidade de "rios fluviais" devido à orientação de seus eixos, formando ângulos retos ou "joelho de fratura".

Entretanto, STERNBERG (1953 e 1954), ao comentar esses tipos de lagos, levanta a hipótese de que a orientação NE-SW e NW-SE dos eixos de muitos lagos de terra-firme, formando esses tipos de ângulos retos ou joelhos de fratura, seria a adaptação dos mesmos à rede de fraturas que teria fendido o pacote terciário amazônico.

Assim, os lagos de terra-firme teriam uma origem tectônica, ocupando linhas de falhas ou vales tectônicos, posteriormente, alargados e aprofundados pela erosão, e finalmente, invadidos ou afogados pelas águas do Amazonas na última elevação do nível de base atlântico.

2.2.4. PRODUÇÃO PRIMÁRIA

A partir de 1967, foram desenvolvidos os primeiros trabalhos sobre produção primária na região Amazônica, através de SCHMIDT (1973a e b).

Uma comparação entre os ecossistemas Amazônicos dos rios de "água branca"; "água preta" e "água clara", como também das águas que drenam a floresta de terra - firme e os lagos de várzeas. Estes últimos são sem dúvida os mais produtivos (SIOLI, 1975a; SCHMIDT, 1973a e b; RAI & HILL, 1984; RIBEIRO, 1983 e SANTOS, 1980).

Uma das principais características dos lagos de várzeas, é o balanço energia-biomassa, no qual a entrada dos rios nos lagos fornece a energia e o lago responde com uma produção razoável de biomassa RAI & HILL (1984).

Não resta dúvidas que são nas várzeas que se dá início à cadeia trófica na Amazônia.

Como consequência, a produção pesqueira é bastante dependente desse sistema. JUNK (1984) por exemplo, salienta que, muito embora exista uma relativa quantidade de nutrientes nas águas do rio Madeira, ele é bem menos piscoso, devido à escassa formação de várzeas em sua margens. Essa produção primária anual, que existe nos lagos de várzeas da Amazônia foi calculada por SCHMIDT (1973b), em torno de 100 a 150 kg/ha em um lago.

Existem dois fatores que limitam à produção primária nas águas dos lagos da região Amazônica; um é de ordem física (luz) e um outro de ordem química (falta de nutrientes). Para os pequenos igarapés que drenam na Amazônia Central, estes dois fatores estão conjugados. Como as florestas que envolvem esses igarapés são de difícil penetração da luz, estes permanecem sombreados. Segundo SIOLI (1975a), somente 1 a 2 % da radiação solar chega até a superfície. Por outro lado, esses igarapés e rios apresentam baixa concentração de nutrientes (SIOLI, 1950; 1951; 1956a e b; SANTOS et alii, 1981; BRINGEL et alii, 1984; SANTOS et alii, 1984). Com isso, os animais que habitam os diferentes níveis tróficos são dependentes de material alóctones para a sobrevivência (SIOLI, 1975a).

Para os grandes rios, o problema de iluminação externa não ocorre. Entretanto, para os rios de

águas-bancas, a grande quantidade de material em suspensão limita a entrada da luz, chegando a alguns centímetros de uma coluna de água. Como não existe falta de nutrientes nesses rios, a falta de luz e a correnteza contribuem para uma redução na produção primária (RAI & HILL, 1984; SIOLI, 1975a e RIBEIRO, 1983).

Para os rios de água-preta, o maior fator que limita à produção primária é de ordem nutritiva, resalvando-se que nessas águas, a penetração da luz não atinge níveis ideais para promover uma produção primária (SCHMIDT, 1973b e SIOLI, 1975a). Por outro lado, RIBEIRO (1978), ao perscrutar a produção primária em lagos do rio Solimões/Amazonas e do rio Negro, conclui que a produção primária é maior para os lagos do ecossistema do rio Solimões/Amazonas.

Nos lagos de várzeas do rio Solimões/Amazonas, as condições de iluminação tornam-se adequadas para a produção primária, quando há sedimentação das partículas em suspensão trazidas pelo rio que inunda as várzeas no período de cheia. Esse rio, apresenta ainda, uma quantidade apreciável de nutrientes dissolvidos (SANTOS, 1980 e SANTOS et alii, 1985). Estes fatores, associados à alta temperatura fazem com que a produção primária seja maior nas águas desse ecossistema do que em

outro sistema aquático da Amazônia (RIBEIRO, 1978 e 1983).

SIOLI (1975a), encontrou no lago Cabalina, que está ligado diretamente ao rio Solimões, valores elevados de temperatura da água ($33,4^{\circ}\text{C}$) e pH (8.8). Concluindo, que todo o CO_2 livre foi consumido e que a concentração de O_2 atingiu 150 % de saturação.

Para o lago do Castanho, que é ligado diretamente ao rio Solimões, SCHMIDT (1973a), ressalta que a produção primária é caracterizada por duas peculiaridades: a produção tem lugar numa camada relativamente pouco profunda na coluna d'água, variando sua espessura sazonalmente em função da profundidade do lago (6 m na época da cheia e 0,5 m na época seca); a outra peculiaridade é a elevada produção por unidade de volume, sendo os maiores valores encontrados durante o período de seca, $1,8 \text{ g de C.m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ isto em 15/11/67 e $2,15 \text{ g de C.m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ verificada em 23/10/69. Observa ainda, que os valores mínimos foram encontrados durante a entrada da água do rio, devido à diluição da massa de fitoplanctônica pela água invasora e pela desfavorável condição de luz, nesta época.

Para o lago do Cristalino que se encontra ligado ao rio Negro, RAI & HILL (1980), observaram que a

produção primária é limitada aos primeiros 2m da coluna de água. Concluem que a escassez de luz é de ocorrência generalizada nas águas dos lagos de várzeas da Amazônia. Por outro lado, FORSBERG (1984), através de bioensaios experimentais realizados nas águas desse lago, observou que a produção primária era limitada pela baixa concentração de fósforo.

Com relação a produção primária, para o lago do Cristalino. RAI & HILL (1980), observaram que as maiores produções ocorreram na época seca. Ressaltam ainda, que a produção desse sistema é muito mais respiratória que fotossintética, sendo que a produção de fitoplankton corresponde a 18 % da massa bacteriana produzida. Concluem que a produção primária de fitoplankton por unidade de área no lago do Castanho foi menor em comparação ao lago do Cristalino, sendo $0.8 \text{ g de C.m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ para o lago do Castanho e $4.3 \text{ g de C.m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ para o lago do Cristalino.

3. MATERIAL E METODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. CARACTERÍSTICAS GEOCLIMÁTICAS DA ÁREA ESTUDADA

Neste item, serão apresentadas as características gerais da região investigada, com relação aos aspectos Geográficos, Geológicos e Climáticos.

3.1.1.1. GEOGRAFIA

As áreas perscrutadas constituem parte da bacia do rio Branco, Negro e Solimões/Amazonas (FIGURA 6). A área investigada da bacia do rio Negro, forma uma linha inclinada, na direção N-O, partindo de Manaus (Log. 60° W e Lat. 3° S) estendendo-se até o rio Caurés (Log. 63° W e Lat. 1° S), abrangendo parte da bacia do rio Branco.

Na bacia do rio Solimões/Amazonas, foram estudadas as áreas do complexo do Careiro e Janauacá, que estão compreendidas entre as longitude de 59 a 61° W e as

latitudes de 3 a 4° S. Na Figura 6, mostra-se a região Norte do Brasil e as áreas estudadas.

FIGURA 6. Região Norte do Brasil. Área Estudada: (I) Rio Negro; (II) Rio Branco e (III) Rio Solimões/Amazonas.

Em síntese, o relevo da região perscrutada é, representativo da Amazônia. É formado por rochas sedimentares originadas no Terciário e Quaternário, de estratificação horizontal, arenosa e argilo-arenosa, constituindo o baixo platô, chamado de terras-firmes e a planície de inundação (MOURA, 1951).

Os Latossolos Amarelos de textura muito pesada são encontrados em chapadas mais elevadas, nas altitudes entre 100 a 160 m acima do nível do mar. Os Latossolos Amarelos de textura pesada são encontrados nas altitudes de 80 a 100 m, e entre 60 e 80 m, são encontrados os Latossolos de textura média e as Areias Quartzosas Latossólicas. Já o Podzol Hidromórfico e Regosol situam-se nas camadas de 40 a 60 metros e, em torno de 40 metros os Hidromórficos Indiscriminados (IPEAOC, 1971).

Geralmente, os terrenos que se encontram entre 15 a 50 metros acima dos cursos dos rios são denominados de Terra-Firme. São representados por chapadas entremeadas de pequenas colinas e vales estreitos. As terras localizadas às margens dos rios e com cerca de poucos metros acima do nível dos rios, e que periodicamente, sofrem inundações, são chamados de Várzeas, e seu relevo é plano (IPEAOC, 1971).

De acôrdo com a localização, estas várzeas podem receber também o nome de igapó, havendo controvérsia com relação a estas denominações (SIOLI, 1951; 1956a e 1959). São terras com relêvo pouco acima do nível normal dos rios, com vegetação típica, de acordo com o período e a altura da submersão, tipos de solos, e também, de acordo com o tipo de águas que as inundam. Nota-se porém, uma grande diferença entre a Várzea e o Igapó, no que diz respeito à fertilidade.

3.1.1.2. GEOLOGIA

A formação Solimões é representada por extensa cobertura pelítica das bacias do Alto Amazonas que recebem diversas designações (Puca, Baixada, Quixito, rio Acre, Aquiri, Conteman e Purus), havendo controvérsia quanto à sua relação com a formação Alter do Chão (CAPUTO et alii, 1971 e REGO, 1930).

SANTOS (1974), relacionou diversos critérios litológicos, geomorfológicos e geocronológicos como guia para distribuir essas duas formações, delineando a área regional de ocorrência da formação Solimões, em aproximadamente 1.000.000 km² em território brasileiro.

BRASIL (1984), determinou a existência de duas zonas bioestatigráficas na formação Solimões, sendo

uma pliocênica e a outra miocênica, caracterizando-as litologicamente pela presença de arenitos cinzas, cinzas-esverdeados, intercalados com banco de arenitos, camadas de linhitos e gipsita.

Sob a designação genérica de Pleistoceno-Holoceno, estão reunidos os depósitos fluviais que acompanham muitos cursos de água que constituem a atual rede de drenagem, sendo notáveis por sua extensão e volume, principalmente, acompanhando o rio Solimões/ Amazonas e seus afluentes da Amazônia Ocidental (Madeira, Purus, Juruá, Iça e Japurá).

Os sedimentos Holocênicos estão representados pelos aluviões fluviais e flúvio-marinhos.

Os aluviões fluviais são constituídos de cascalho, areias, siltes e argilas. Preenchem as planícies dos rios e as áreas lacustres em processos de assoreamento. Os aluviões flúvio- marinhos são constituídos de areias, siltes, argilas e vasas e compõem as planícies costeiras de sedimentação mista (BRASIL, 1984).

3.1.1.2.1. SOLOS

Os solos dessa região têm sua origem a partir de material de rochas sedimentares, possivelmente

vindas do Terciário e Quaternário.

O Terciário é representado pela Série das Barreiras do período Plioceno, sendo um dos mais extensos depósitos terciários do mundo, situado em terra firme (OLIVEIRA & LEONARDO, 1943). A Série das Barreiras é constituída de um arenito púrpura avermelhado claro, cimentado com caulinita, folhelho caulínítico e caulinita maciça mosqueada. Este arenito, quando intemperizado, forma normalmente os solos argilosos, argilo-arenosos como os latossolos de classes texturais diferentes (SAKAMOTO, 1957).

Do Quaternário, podemos encontrar o Pleistoceno e o Holoceno ou Atual. O Pleistoceno é geralmente, formado pela deposição de sedimentos constituídos de areia, argila e silte. Estes sedimentos quando associados à matéria orgânica na superfície dão origem aos solos Podzol Hidromórficos e Regosol (OLIVEIRA & LEONARDO, 1943).

O Holoceno são encontrados nas margens dos cursos de água e nas áreas que periodicamente sofrem inundações, e é constituído de sedimentos compostos de areia fina, silte e argila, de coloração escura devido a matéria orgânica que dá origem ao solos Hidromórficos Indiscriminados (OLIVEIRA & LEONARDO, 1943).

SIOLI & KLINGE (1962), mostraram que a formação dos podzols, estão relacionados com problemas fitogeográficos e geográficos, que condicionam a ocorrência e o alastramento de campos e florestas ralas (floresta pluvial equatorial) que predomina toda a região Amazônica. Fazem indicações sobre os quimismo e as cargas em suspensões nos diversos tipos de água para demonstrar a existência de relações entre as águas e os solos da Amazônia. Sendo que os diferentes tipos de águas explicam-se por diferenças nas condições edáficas nas respectivas regiões de cabeceiras.

3.1.1.3. CLIMA

Na região perscrutada, a pluviosidade na bacia de drenagem dos rios apresentam precipitações entre 2.000 a 3.000 mm.⁻¹ ano. Dados referentes à cidade Manaus, mostram uma precipitação na ordem de 2.100 mm.⁻¹ ano.

A precipitação pluviométrica na região, não é igualmente distribuída durante o ano, existindo uma época menos chuvosa com precipitações esparsas e de pouca duração e uma época chuvosa onde as chuvas são intensas. Entretanto há uma nítida diferença entre as duas estações (FIGURA 7).

Essas estações (menos chuvosa e chuvosa), provoca flutuações no nível de água, nos rios, que na cidade de Manaus, no rio Negro, há uma oscilação entre 10 a 15 metros (FIGURA 7). Quando os rios encontram-se no seu nível máximo, toda a várzea é inundada, e quando está no seu nível mínimo, essa várzea fica descoberta, formando os campos de várzeas da Amazônia (JUNK, 1980).

Os lagos de várzeas, predominantemente na região Amazônica, são submetidos à grande oscilações tanto de área como de profundidade, que dependendo do nível do rio pode alcançar mais de 13 metros de profundidade, em uma área de aproximadamente 6 km^2 , durante a estação chuvosa ou seja, no período das enchentes (inverno). Entretanto, esses lagos podem ser drasticamente reduzidos, durante a estação menos chuvosa (verão), onde suas áreas podem alcançar menos de 2 km^2 e sua profundidade máxima estimada em, aproximadamente, 2 metros (JUNK, 1980 e SANTOS, 1980).

Tais condições podem ser alteradas em função do nível da água do rio, sendo que na época onde as precipitações são consideradas baixas para a região ou quando a estação chuvosa tem seu início atrasado podem apresentar uma menor área e profundidade.

FIGURA 7. Flutuação de Nível de Água do rio Negro (Dados: Capitania dos Portos, Manaus) e Precipitação perto de Manaus (Dados: Ciências do Ambiente/ INPA, Manaus) (Junk, 1980).

Quando a estação menos chuvosa não chega em época adequada, ou seja, a estação chuvosa é prolongada, esses lagos sofrem processos inversos, sua área é de difícil determinação, uma vez que esse lagos estão em contacto com outros, dando a formação de um único lago, como é o caso dos lagos da ilha do Careiro e da região do Janauacá, ambos no rio Solimões/Amazonas. O rio principal influenciam os lagos da região Amazônica, de diferentes maneiras, que dependendo da oscilação do nível de água nessas bacias e da conexão direta existente entre o rio e o lago (JUNK, 1980 e SANTOS, 1980).

3.1.1.4. CARACTERIZAÇÃO DOS LAGOS

Praticamente, não existe em termos limnológicos, uma diferença na definição entre lagos e rios. Lagos são considerados águas paradas sem ligação direta para o mar, distribuídas como ilhas, na terra, contém geralmente água doce, pobre em eletrólito, com exceção de lagos salobres (JUNK, 1980). Geologicamente e com poucas exceções, são relativamente jovens, de pouca duração, pois apresentam caráter acumulativo, ou seja, sistema mais ou menos fechados (SCHWOERBEL, 1971).

Sua classificação poderá ser feita pela sua gênese e ou através do seu nível trófico, sendo este a

de maior interesse (RUTTNER, 1952 e ELSTER, 1958). Podemos considerar os lagos como limites definidos, onde a superfície e a profundidade deverão ser consideradas relativamente constantes, no momento de coleta das amostras dos sedimentos.

Entretanto, tanto os lagos como os rios na região Amazônica estão sujeitos as flutuações de nível. Que juntamente com o clima e o relevo, influenciam áreas que têm sua duração de acordo com a época; podem variar de largura e profundidade.

3.1.2. LAGOS ESTUDADOS

Foram perscrutados sedimentos do fundo de 29 lagos da região Amazônica, sendo 2 (dois) pertencentes a bacia do rio Branco; 13 (treze) localizados no ecossistema do rio Negro e 14 (quatorze) situados na bacia do rio Solimões/Amazonas. Na Figura 8, mostram-se esquematicamente a localização dos principais rios, onde foram coletadas as amostras e na Figura 9, Mapa mais detalhado da área em estudo.

3.1.2.1. LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para melhor investigar as influências do rio Branco sobre o rio Negro. Este, foi subdividido em

dois outros ecossistemas, ou seja: um, do rio Negro que sofre influência do rio Branco e um outro, diretamente do rio Negro. Além dos outros dois ecossistemas, o do rio Branco e o do rio Solimões/Amazonas, cujas as amostras estão assim localizadas:

FIGURA 8. Mapa Esquemático da Área estudada, mostrando os principais rios amostrados.

FIGURA 9. Mapa mais detalhado da Região Estudada: Rio Branco; Rio Negro e Rio Solimões/Amazonas.

3.1.2.2. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO BRANCO

São considerados lagos de várzeas, do ecossistema do rio Branco, devido a movimentação de subida e descida do nível do rio (Figura 10):

- Lago do Curubaú, localizado na margem esquerda do rio Branco, log. $61^{\circ} 51'$ W e Lat. $1^{\circ} 4'$ S, ponto de coleta de n° 1;

- Lago do Maguari, situado na margem esquerda do rio Branco, Long. $61^{\circ} 51'$ W e Lat. $1^{\circ} 11'$ S, ponto de coleta de n° 2.

3.1.2.3. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO NEGRO INFLUENCIADO PELO RIO BRANCO

São lagos de várzeas pertencentes à bacia do rio Negro que sofrem influência do rio Branco, como também devido a movimentação da subida e descida do nível de água do rio Negro (Figuras 11):

- Lago do Purupuru, localizado no Paraná da Floresta, na margem esquerda do rio Negro, Long. $61^{\circ} 46'$ W e Lat. $1^{\circ} 21'$ S, ponto de coleta de n° 3;

- Lago do Calango, situado no rio Jauperi, próximo a confluência do rio Negro, Long. $61^{\circ} 39'$ W e Lat. $1^{\circ} 17'$ S, ponto de coleta de n° 4;

Rio Branco e Rio Negro.

- Lago do Curidiqui, localizado no Paraná do Jacaré, margem esquerda do rio Negro, Long. $61^{\circ} 20'$ W e Lat. $1^{\circ} 52'$ S, ponto de coleta de n^o 5;

- Lago do Baipendi, situado no rio Baipendi, próximo a confluência do rio Negro, Long. $61^{\circ} 4'$ W e Lat. $2^{\circ} 9'$ S, ponto de coleta de n^o 6;

- Lago do Tauatu, localiza-se na margem esquerda do rio Negro, Long. 60° W e Lat. $2^{\circ} 28'$ S, ponto de coleta de n^o 7;

- Lago do Cauixi, localizado na margem esquerda do rio Negro, Long. $60^{\circ} 58'$ W e Lat. $2^{\circ} 29'$ S, ponto de coleta de n^o 8;

- Lago da Terra Preta, situado à margem esquerda do rio Negro, no local denominado de Terra Preta, Long. $60^{\circ} 58'$ W e Lat. $2^{\circ} 30'$ S, ponto de coleta de n^o 9;

- Lago do Ariau, localizado na margem esquerda do rio Negro, Long. $60^{\circ} 47'$ W e Lat. $2^{\circ} 35'$ S, ponto de coleta de n^o 10;

- Lago da Anavilhana, localizado no arquipélago das Anavilhanas, no rio Negro, Long. $60^{\circ} 37'$ W e Lat. $2^{\circ} 47'$ S, ponto de coleta de n^o 11.

3.1.2.4. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO NEGRO

São lagos considerados de várzeas, que sofrem influência das águas do rio Negro; aumentando de volume, devido ao represamento das águas desse rio e de acordo com a subida e descida das águas do rio Negro. As águas dos lagos desse ecossistema são formadas por rios de água preta, cujas localização podem ser observados nas Figuras 11.

- Lago do Caurés, localizado no rio Caurés, próximo à confluência do rio Negro, pela margem direita, Log. $62^{\circ} 17' W$ e Lat. $1^{\circ} 20' S$, ponto de coleta de n° 12;

- Lago do Curiaú, situado no rio Curiaú, próximo a confluência do rio Camanaú, afluente da margem esquerda do rio Negro, Long. $61^{\circ} 12' W$ e Lat. $1^{\circ} 41' S$, ponto de coleta de n° 13;

- Lago do Peixe-Boi, localiza-se no rio Cuieiras, afluente da margem esquerda do rio Negro, Log. $60^{\circ} 23' W$ e Lat. $2^{\circ} 40' S$, ponto de coleta de n° 14;

- Lago do Unini, localizado no rio Unini, afluente do rio Negro pela margem direita, Long. $61^{\circ} 40' W$ e Lat. $1^{\circ} 36' S$, ponto de coleta de n° 15;

FIGURA 11. Bacia do rio Negro. Localização dos Lagos do rio Negro sobre Influência do rio Branco.

3.1.2.5. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO SOLIMÕES/AMAZONAS

São lagos típicos de várzeas do ecossistema Solimões/Amzonas, sofrendo influência desse rio, que traz material em suspensão, durante a época cheia, cujo material é um dos principais fornecedores de nutrientes. Esses lagos possuem extensos tapetes de capim flutuantes (Gramineas do genero *Paspalum*) e outras macroidrôfitas (*Victoria*, *Azolla*, *Eichornia*, *Sauvinia*, *Pistia*) que são caracterfsticas de água branca. Na Figuras 11 e 12, observam-se as localizações desses lagos:

- Lago da Paciência, localizado na ilha da Pacência próximo à cidade de Iranduba, Log. 60° 15' W e Lat. 3° 21' S, ponto de coleta de n° 16;

- Lago do Jaraqui, situado no Paraná do Manaquiri, Long. 60° 38' W e Lat. 3° 18' S, ponto de coleta de n° 17;

- Lago do Manaquiri, localizado no Paraná do Manaquiri, Long. 60° 10' W e Lat. 3° 10' S, ponto de coleta de n° 18;

- Lago do Muratu, situado na Ilha do Muratu, Long. 60° 5' W e Lat. 3° 15' S, ponto de coleta de n° 19;

- Lago Grande do Jutai, localizado na região do Janauacá, na margem direita do rio Solimões, Long. $60^{\circ} 18' W$ e Lat. $3^{\circ} 24' S$, ponto de coleta de n° 20;

- Lago do Formiga, situado na região do Janauacá, Long. $60^{\circ} 12' W$ e Lat. $3^{\circ} 18' S$, ponto de coleta de n° 21;

- Lago do Castanho, localizado na margem direita do rio Solimões, também faz parte do complexo sistema do Janauacá, com conexão permanente com o rio Solimões, pelo Paraná do Janauacá, Long. $60^{\circ} 14' W$ e Lat. $3^{\circ} 24' S$, ponto de coleta de n° 22;

- Lago do Reis, situado na ilha do Careiro, Long. $59^{\circ} 20' W$ e Lat. $3^{\circ} 12' S$, ponto de coleta de n° 23;

- Lago do Tarumanduba, situado na ilha do Careiro, Long. $59^{\circ} 45' W$ e Lat. $3^{\circ} 14' S$, ponto de coleta de n° 24;

- Lago do Macaco, situado na ilha do Careiro, long. $58^{\circ} 50' W$ e Lat. $3^{\circ} 15' S$, ponto de coleta de n° 25;

- Lago do Arroz, localizado à margem esquerda do Paraná do Careiro (rio Solimões), ilha do Careiro, Long. $59^{\circ} 48' W$ e Lat. $3^{\circ} 10' S$, ponto de coleta de n° 26;

- Lago do Jagaretinga, localizado na margem direita do Paraná do Careiro (rio Solimões), Long. $59^{\circ} 50'$ e Lat. $3^{\circ} 13' S$, ponto de coleta de n^o 27;

Lago do Passarinho. situado na ilha do Careiro, Long. $59^{\circ} 40' W$ e Lat. $3^{\circ} 13' S$, ponto de coleta de n^o 28;

- Lago do Capitari, situado na margem direita do Paraná do Careiro (rio Solimões), Long. $59^{\circ} 50' W$ e Lat. $3^{\circ} 20' S$, ponto de coleta de n^o 29.

FIGURA 12. Bacia do rio Solimões/Amazonas. Localização dos Lagos na Região do Janaúca.

FIGURA 13. Bacia do Rio Solimões/Amazonas. Localização dos Lagos na Região do Careiro.

3.3. METODOLOGIA

3.3.1. TECNICA DE AMOSTRAGEM

Em agosto de 1982, foram coletadas amostras de sedimento de fundo dos lagos (camada superficial) pertencentes à bacia do rio Negro, rio Branco e rio Solimões/Amazonas, com um amostrador tipo draga, medindo 35 x 20 x 25 cm.

Todos os esforços foram realizados com o intuito de que, no momento das coletas, permanecêssemos o máximo possível no "centro do lago". Medida essa, realizada de uma maneira visual. Entretanto, devido à ação da correnteza e do vento, torna-se difícil uma melhor fixação do ponto de coleta.

Desta maneira, procurou-se evitar que os sedimentos recém depositados nas várzeas, tivessem alguma influência nos sedimentos do "fundo do lago" do lago, no momento da coleta. Assim, julgamos que os sedimentos coletados, foram os depositados no "fundo do lago", longe das influências que ocorrem nos solos que circundam esses lagos.

Após as coletas, as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno e conduzidas ao

laboratório, para as análises: física, físico-química e química.

3.3.2. PREPARO DA AMOSTRA

As amostras coletadas foram secas ao ar, e peneiradas (2 mm T.F.S.A.) e devidamente armazenadas.

Portanto, é possível que tenha ocorrido alterações na composição química dessas amostras. Porém, os resultados obtidos e a semelhança no padrão de comportamento das tendências encontradas, permite-nos acreditar que tais alterações não ocorreram, ou, se houveram, foram às mínimas possíveis.

3.3.3. ANALISE FISICA E FISICO-QUIMICAS

3.3.3.1. ANALISE GRANULOMETRICA

A análise Granulométrica dos sedimentos foi realizada pelo método DNER-ME 51-64, que consiste em uma combinação de análises por sedimentação e por peneiramento, usando-se como defloculante, solução de hexametáfosfato de sódio à 45,7 % (BRASIL. Ministério do Transporte. Departamento Nacional de Estradas, 1964).

3.3.3.2. pH

Foi determinado usando-se o método potenciométrico, medido em aparelho de pH meter da WTW, modelo pH meter, 391 com eletrodo de vidro e calibrado com solução pH 4,00 e pH 6,9. Para tal, pesou-se 10 g de T.F.S.A. e adicionou-se 100 ml de água destilada, homogenizou-se com agitador magnético. Após 30 minutos, fez-se a leitura, mergulhando o eletrodo na fase líquida;

3.3.3.3. ANALISE MINERALOGICA

Realizou-se, a Difração aos raios-x, na fração argila das amostras dos sedimentos, que previamente, foram tratados com H_2O para eliminar a matéria orgânica, e fazendo-se a dispersão em soda. Para as determinações de minerais do tipo 2:1, fez-se um tratamento com vapores de etileno glicol e aquecimento.

3.3.4. ANALISES QUIMICAS

3.3.4.1. CARBONO

Determinado pelo processo Walkley-Black (JACKSON, 1958), onde o dicromato de potássio, em presença de H_2SO_4 a quente transforma em CO_2 todas as formas oxidáveis de carbono.

Sendo que o excesso de dicromato de potássio, é determinado por iodometria. E o número de equivalente-miligramas de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, reduzido pelo carbono multiplicado por 3, fornece o número de miligramas de Carbono em uma alíquota. Para isso, usou-se 1,0 g da amostra (T.F.S.A.), em um balão volumétrico de 50 ml, adicionando-se 10 ml de H_2SO_4 (1 + 1), coloca-se 5 ml de solução 2 N de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Após banho-maria, toma-se uma alíquota de 5 ml do sobrenadante, adicionando-se 50 ml de água destilada, 5 ml de H_3PO_4 (1 + 1); 2 ml de solução a 20 % de KI e titula-se o iodo livre com $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,05 N.

3.3.4.2. COMPLEXO SORTIVO: Elementos Tocavéio

3.3.4.2.1. CÁLCIO E MAGNÉSIO

A presença de Ca^{+2} é notado quando utiliza-se indicador metalocrômico calcon em pH 7,5 a 13,5 originando uma coloração rósea-violeta. Já os íons Ca e Mg em presença do indicador Erio Crome Preto T e em pH entre

6,5 e 11,5, forma um complexo de coloração rósea-violeta, que pela adição do agente quelante (EDTA), Ca^{+2} e Mg^{+2} , são retirados do indicador e formam um quelato que resulta na mudança da coloração rósea-violeta para a cor azul, indicando que todos os íons passaram a integrar as moléculas do quelato.

Utilizou-se, 10 g de amostra (T.F.S.A.), adicionou-se 100 ml de KCl N, e filtrou-se.

ANALISE DO CALCIO TROCAVEL

Em uma alíquota de 25 ml do extrato anteriormente obtido, adiciona-se 60 - 70 ml de água destilada, 2 ml de NaOH a 20 %; 5 gotas de Trietanolamina 2 ml de KCN a 5%, 6 gotas do indicador Calcon e titula-se com EDTA a 0,01 M até a coloração rósea-violeta passar a azul (MELO et al s.d.).

ANALISE DO MAGNESIO TROCAVEL

Em uma alíquota de 25 ml do extrato obtido com a solução de KCl N, adiciona-se 60-70 ml de água destilada; 5 gotas de Trietanolamina; 5 ml da solução Tampão pH = 10 e 2 ml de KCN a 5 % e 6 gotas do indicador Erio Cromo Preto T e titula-se com EDTA a 0,01 M até a coloração rósea-violeta passe a azul (MELO et alii, s.d.).

3.3.4.2.2. SODIO E POTASSIO

A extração do sódio e potássio trocáveis efetua-se, mediante a utilização de 150 ml da solução extratora (0,05 N de HCl e 0,025 N de H_2SO_4). Após agitação e repouso, retira-se 50 ml do sobrenadante e efetua-se a leitura em fotometria de Chama (GUIMARÃES et alii, 1970), utilizou-se o modelo B 262 da Micronal.

3.3.4.2.3. ALUMÍNIO

O alumínio trocável foi determinado utilizando-se a metodologia espectrofotométrica do Aluminon, cuja absorção máxima é obtida em 485 - 555 nm. Para isso, tomou-se uma alíquota de 5 ml do extrato obtido com a solução de KCl N e adicionou-se 10 ml de HCl 0,1 N; 5 ml de $CaCl_2$ a 0,1 M; 2 ml de ácido ascórbico a 1 % e 15 ml do reagente composto (partes iguais de aluminon a 0,1 % e solução Tampão pH 5,2 - 5,4; gelatina a 1 %). Após banho-maria por 10 minutos, completa-se o volume a 50 ml com água destilada e faz-se a leitura da absorbância.

3.3.4.2.5. SOMA DE BASE

É calculada pela expressão abaixo, sendo os resultados expressos em e.mg/100 g de T.F.S.A.

$$S = Ca^{++} + Mg^{++} + Na^{+} + K^{+}$$

3.3.4.2.5. RAZÃO CARBONO/ NITROGENIO (C/N)

É obtida por meio da razão entre as percentagens de Carbono e Nitrogênio e fornece uma idéia relativa sobre o estágio de mineralização da matéria.

3.3.4.2.6. MATERIA ORGÂNICA (M.O.)

A matéria orgânica é obtida, multiplicando-se o teor de Carbono Orgânico, pelo fator 1,724

3.3.4.3. DETERMINAÇÃO DOS ELEMENTOS TOTAIS:

Digestão Sulfúrica

Usou-se 0,1 g da amostra de sedimento (T.F.S.A.) em um balão de Kjeldahl, adicionando-se 10 a 20 ml de água destilada e aquecer por alguns minutos. Coloca-se H_2O até a destruição completa da matéria orgânica. Em seguida, adiciona-se 2 ml de H_2SO_4 (d = 1,84) e deixar "secar", até aparecer os primeiros sinais de fumaça branca (20 a 30 minutos); filtra-se e completa-se o volume para 100 ml com água destilada. Esse filtrado (extrato) pode ser utilizado nas determinações dos teores totais dos elementos na porção do sedimento.

3.3.4.3.1. NITROGENIO

As formas nitrogenadas que se encontram no sedimento (solo), são transformadas em sulfato de amônio, quando este é digerido com H_2SO_4 em presença de catalisador. Desta maneira, o nitrogênio é destilado por arrastamento de vapor em um destilador tipo Markham, que em presença do NaOH a 40 % desprende o NH_3 que é recebido em um balão volumétrico contendo H_2SO_4 a 0,1 N afim de fixar o NH_3 desprendido na destilação e determinado por Nesslerização. A absorção é medida em espectrofotometria com absorção máxima em 617 nm (GOLTERMAN, 1970).

Em 10 ml da alíquota obtida pela digestão sulfúrica, adiciona-se 10-12 ml de NaOH a 40 % no destilador tipo Markham e em um balão volumétrico (100 ml) contendo 5 ml de H_2SO_4 a 0,1 N, recolhe-se 100 ml do destilado, a seguir, adiciona-se 2 ml de reagente Nessler e determina-se a absorção no espectrofotômetro modelo B 382 da Micronal.

3.3.4.3.2. FOSFORO

O fósforo é encontrado em várias formas de fosfatos complexos: ligado ao ferro, alumínio e cálcio, dependendo do pH e de outras características, ocorre ainda na forma orgânica como fosfolipídios, ou também na forma iônica, adsorvido aos colóides do solo ou ainda, na solução

do solo. O fósforo foi determinado em uma alíquota do extrato obtido pela digestão sulfúrica, usando o método do azul de molibdênio. A absorbância das amostras foram medidas em espectrofotometria, cuja absorção máxima se verifica em 712 - 720 nm (GOLTERMAN, 1970).

Em uma alíquota de 50 ml do extrato obtido pela digestão sulfúrica, faz-se a acidificação com H_2SO_4 a 1 N, até coloração amarela e em seguida, a neutralização com NH_4OH conc. até a descoloração total. A seguir, adiciona-se 0,5 ml de ácido cítrico a 2 %; 1 ml de molibdato de wolfrânio [5 g de $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$; 0,1 g de $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$ e 85 ml de H_2SO_4 (1+1), completa-se à 225 ml de água destilada] e 0,5 ml de KCN a 0,1 %.

3.3.4.3.3. ALUMÍNIO

O alumínio total foi determinado, tomando-se uma alíquota de 1 ml do extrato obtido pela digestão sulfúrica, utilizando o método espectrofotométrico do aluminon. Cujas absorções máximas são obtidas em 484 - 550 nm. O procedimento analítico, segue o adotado para o alumínio trocável.

3.3.4.3.4. FERRO

O ferro total é determinado em uma

alíquota obtida pela digestão sulfúrica, que em presença de um agente oxidante como o HNO_3 conc. e a quente, transforma o Fe^{+2} em Fe^{+3} .

Que é determinado por espectrofotometria, cuja absorção máxima é obtida em 480 nm.

Em 5 ml do extrato obtido pela digestão sulfúrica, adiciona-se 1 ml de HNO_3 conc., e aquecer para que ocorra a transformação do Fe^{+2} para Fe^{+3} . A seguir, adiciona-se 1 ml de HCl a 32 % e 2,5 ml de KSCN 1:3.

3.3.4.3.5. MANGANÊS

O manganês total pode ocorrer no sedimento (solo) na forma de íons divalentes (Mn^{+2}), trocável e não trocável, que fazem parte da rede cristalina de certos minerais e como óxidos hidratados, onde pode ocorrer uma inter-conversão das suas formas.

Para a determinação do manganês total, utilizou-se uma alíquota do extrato sulfúrico, e, fez-se a conversão do manganês divalente em heptavalente, por meio do persulfato de amônio em presença do íon prata.

A absorção máxima das amostras é obtida em 525-530 nm, cuja determinação é realizada por espectrofotometria.

Em uma alíquota de 25 ml, adiciona-se 5 ml de HNO_3 65 %, e aquecer para que ocorra a conversão do Mn^{+2} para Mn^{+7} . A seguir, adiciona-se 2 ml de [1,5 g de $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ + 4 ml de HNO_3 a 65 % completar para 100 ml de água]; 2 ml de $\text{Ag}(\text{NO}_3)_3$ N/35,5; 5 ml de $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ a 10 % e completa-se o volume a 100 ml de água destilada.

3.3.4.3.6. SÓDIO E POTÁSSIO

Quando esses elementos estão presentes em uma solução, e, se esta é atomizada e as partículas da solução são projetadas sobre uma chama, haverá a excitação dos átomos, ou seja, ocorrerá um deslocamento de elétrons para níveis energéticos mais elevados.

Os elétrons ao retornarem ao seu nível energético normal, haverá emissão da energia absorvida, sob a forma de radiação. A intensidade das radiações emitidas, o comprimento de onda e a concentração dos elementos são assim relacionados. Esta, é a base fundamental da

Espectrometria de Chama, que é utilizada na determinação do Sódio e Potássio.

Em uma alíquota do extrato obtido da digestão sulfúrica procede-se a determinação do Na e K por Espectrometria de Chama usando-se o Fotometro de Chama da Micronal, modelo B 262.

3.3.4.4. PIGMENTO TOTAL (Clorofila)

A extração da Clorofila é feita utilizando-se acetona à 90 %, seguido de maceração e centrifugação à 3.000 rpm, durante 10 minutos. A leitura da absorvância do sobrenadante é realizada em 663 e 750 nm, em cubeta de 1,0 cm, contra acetona à 90 %. COLTERMAN (1970).

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Para uma melhor caracterização, dos sedimentos de fundo dos lagos, os resultados analíticos foram agrupados, em 4 (quatro) ecossistemas abaixo relacionados e localizáveis nas Figuras 10; 11; 12 e 13:

- Sedimento dos lagos do rio Negro;
- Sedimento dos lagos do rio Branco;
- Sedimento dos lagos do rio Negro influenciados pelo rio Branco e
- Sedimento dos lagos do rio Solimões/ Amazonas.

Serão apresentados inicialmente, os resultados das análises físicas, físico-químicas, seguidos dos dados químicos do complexo sortivos, dos elementos totais e da fração orgânica. Os resultados da análise física, serão apresentados em forma gráfica, com o intuito de se fazer uma análise comparativa dos ecossistemas em estudo, bem como a comprovação da fertilização das áreas do rio Negro que sofrem influência do rio Branco.

4.1. SEDIMENTO DOS LAGOS DO RIO NEGRO

São lagos considerados de várzeas, que sofrem influência das águas do rio Negro; aumentando de volume, devido ao represamento das águas desse rio e de acordo com a subida e descida das águas do rio Negro. As águas dos lagos desse ecossistema, são formadas por rios de água preta (Figura 10):

4.1.1. ANALISE FISICA E FISICO-QUIMICA

4.1.1.1. ANALISE GRANULOMETRICA

Os resultados da análise granulométrica desses sedimentos, são constituídos de Areia fina siltosa, contendo de 6,0 % de argila coloidal ($<0,001$ mm); 10,0 % de argila; 42,0 % de silte e 38,0 % de areia fina. Podem ainda apresentar granulometria do tipo Areia fina argilo siltosa, contendo, 12 % de argila coloidal ($< 0,001$ mm); 28 % de argila; 24 % de silte; 47,0 % de areia fina e 1,0 % de areia média.

4.1.1.2. pH

Os sedimentos dos lagos do rio Negro, apresentam características ácidas, cuja variação do pH está entre 4,1 a 5,1 (Tabela 3).

4.1.2. ANALISE QUIMICA

4.1.2.1. COMPLEXO SORTIVO

O resultado das análises do complexo sortivo desses sedimentos estão relacionados na Tabela 3. Esses sedimentos apresentam um teor de cálcio entre 0,5 a 1,5 e.mg/100 g; magnésio com concentrações de 0,4 a 4,4 e.mg/100 g; sódio apresenta variação de 0,5 a 1,3 e.mg/100 g; o potássio com teores variando de 0,3 a 0,8 e.mg/100 g; o alumínio, apresenta-se com concentrações de 2,3 a 3,6 e.mg/100 g.

TABELA 3. ANALISE QUIMICA DOS ELEMENTOS TROCAVEIS DOS SEDIMENTOS DOS LAGOS PERTENCENTES AO ECOSSISTEMA DO RIO NEGRO

LOCAL DE COLETA		C O M P L E X O				S O R T I V O		
O		++	++	+	+		+++	
n	Nome do lago	Ca	Mg	Na	K	S	Al	pH
		e.mg/100 g						
12	Caurés	1,3	0,4	0,6	0,7	3,0	3,6	4,6
13	Curiaú	1,5	4,4	1,3	0,3	7,5	2,3	5,1
14	Peixe-Boi	1,5	1,2	0,5	0,4	3,6	4,6	4,1
15	Unini	0,5	2,4	0,6	0,8	4,3	4,3	4,3

4.1.2.2. ANALISE QUIMICA TOTAL

A Tabela 4 apresenta os resultados analíticos dos sedimentos dos lagos que situam-se na bacia do rio Negro e que não sofrem influência do rio Branco. Esses resultados indicam um teor de alumínio variável entre de 2,46 a 7,22 g/100g. Notando-se uma quase inexistência do fósforo (0 a 0,06 g/100g) e do manganês (0 a 0,03 g/100g) nos sedimentos desses lagos. Praticamente, a variação no conteúdo de sódio é pequena, da ordem de 0,26 a 0,45 g/100g. Para o potássio, essa variação está na ordem de 0,26 a 0,87 g/100g; enquanto que para o ferro, esses sedimentos apresentam teores entre 0,34 a 1,04 g/100g.

TABELA 4. ANALISE QUIMICA DOS ELEMENTOS TOTAIS DOS SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO NEGRO

LOCAL DE COLETA		ELEMENTOS TOTAIS					
n	Nome do lago	Al	P	Na	K	Mn	Fe
g/100 g							
12	Caurés	2,46	0	0,35	0,87	0	0,47
13	Curiaú	4,66	0	0,45	0,26	0,03	0,34
14	Peixe-Boi	7,22	0,06	0,26	0,60	0	1,04
15	Unini	6,10	0	0,45	0,83	0	0,64

4.1.2.3. FRAÇÃO ORGÂNICA

Os dados analíticos da fração orgânica, para os sedimentos dos lagos do rio Negro são mostrados na Tabela 5. Esses resultados indicam uma pequena variação nos teores de nitrogênio (0,12 a 0,16 g/100g) e o carbono, apresenta teores entre 1,60 a 2,83 g/100g. Os resultados de C e N, induzem a esses sedimentos, um razão C/N, da ordem de 11 a 24; o conteúdo da matéria orgânica, presentes nesses sedimentos variam entre 2,76 a 4,88 %, enquanto que o teor de clorofila (pigmentos total) são constantes (4,1 ug/g).

TABELA 5. ANALISE QUIMICA DOS ELEMENTOS DA FRAÇÃO ORGÂNICA (C, N, C/N, MATERIA ORGÂNICA, N/P E PIGMENTO TOTAL) NOS SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO NEGRO.

LOCAL DE COLETA	F R A Ç Ã O O R G Ã N I C A					
	C	N	C/N	M.O.	N/P	Pig.Total
	-- g/100g --			%		-- ug/g --
12 Caurés	1,60	0,14	11	2,76	-	4,1
13 Curiaú	2,83	0,12	24	4,88	-	4,1
14 Peixe-Boi	2,81	0,16	18	4,84	2,67	4,1
15 Unini	2,78	0,13	21	4,80	-	4,1

4.2. SEDIMENTO DOS LAGOS DO RIO BRANCO

São considerados lagos de várzeas, do ecossistema do rio Branco, devido a movimentação de subida e descida do nível do rio (Figura 10):

4.2.1. ANALISE FISICA E FISICO - QUIMICA

4.2.1.1. ANALISE GRANULOMETRICA

A granulometria dos sedimentos dos lagos localizados na bacia do rio Branco são do tipo Areia fina argilosa, com um conteúdo de 6,0 % de argila coloidal ($< 0,001$ mm); 13,0 % de argila; 10,0 % de silte; 76,0 % de areia fina e 1,0 % de areia média.

4.2.1.2. pH

A concentração hidrogeniônica dos sedimentos desses lagos (Tabela 6), mostra teores de pH entre 5,1 a 6,0. Esses resultados indicam que os sedimentos dos lagos do rio Branco constituem um meio de leve acidificação.

4.2.2. ANALISE QUIMICA

4.2.2.1. COMPLEXO SORTIVO

Os resultados dos elementos trocáveis, estão mostrados na Tabela 6. Notam-se variações, principalmente nos teores de cálcio (1,9 a 2,1 e.mg/100 g). Quanto aos teores de magnésio (0,2 a 0,3 e.mg/100 g); sódio (0,5 a 0,7 e.mg/100 g) e potássio (0,4 a 0,8 e.mg/100 g), não sofrem muita variação. Apresentam soma de base entre 3,3 a 3,6 e.mg/100 g e o Alumínio variando entre 0,9 a 2,3 e.mg/100 g.

TABELA 6. ANALISE QUIMICA DOS ELEMENTOS TROCAVEIS NOS SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO BRANCO.

LOCAL DE COLETA		COMPLEXO				SORTIVO		
o		++	++	+	+		+++	
n	Nome do lago	Ca	Mg	Na	K	S	Al	pH
		e.mg/100 g						
1	Curubau	1,9	0,3	0,7	0,4	3,3	2,3	5,1
2	Maguari	2,1	0,2	0,5	0,8	3,6	0,9	6,0

4.2.2.2. ANALISE QUIMICA TOTAL

Os sedimentos dos lagos que pertencem a bacia do rio Branco (Tabela 7) apresentam um teor de sódio cuja concentração é pouco variável (0,29 a 0,31 g/100 g) e um teor de potássio (0,20 a 1,00 g/100 g), indicando maior variação. Os teores de alumínio total presentes nesses sedimentos estão em concentrações que variam entre 3,56 a 7,06 g/100 g. Nota-se ainda, a presença do ferro, com teores entre 0,37 a 1,66 g/100 g, quanto ao fósforo e ao manganês, a análise química evidência a total ausência do primeiro e um baixo teor do segundo elemento, cuja concentração é da ordem de 0,04 a 0,08 g/100 g.

TABELA 7. ANALISE QUIMICA DOS ELEMENTOS TOTAIS NOS SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO BRANCO.

LOCAL DE COLETA		E L E M E N T O S T O T A I S					
n ^o	Nome do lago	Al	P	Na	K	Mn	Fe
		g/100 g					
1	Curubau	3,56	0	0,31	0,20	0,08	0,37
2	Maguari	7,06	0	0,29	1,00	0,04	1,66

4.2.2.3. FRAÇÃO ORGÂNICA

Os resultados analíticos dos sedimentos dos lagos que pertencem à bacia do rio Branco (Tabela 8), apresentam teores de nitrogênio da ordem de 0,14 a 0,21 g/100 g, que juntamente com os resultados obtidos para o carbono (1,66 a 2,91 g/100 g), produzem uma razão C/N entre 12 a 14 enquanto que a matéria orgânica apresenta uma percentagem da ordem de 2,86 a 5,01. Quanto a clorofila (pigmentos totais) presentes nesses sedimentos, variam entre 6,8 a 21,8 ug/g.

TABELA 8. ANÁLISE QUÍMICA DOS ELEMENTOS DA FRAÇÃO ORGÂNICA (C, N, C/N, MATERIA ORGÂNICA, N/P E PIGMENTO TOTAL) NOS SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO BRANCO.

LOCAL DE COLETA		F R A Ç Ã O O R G Ã N I C A				
n	Nome do lago	C	N	C/N	M.O.	N/P Pig.Total
		g/100g			%	ug/g
1	Curubau	2,91	0,21	14	5,01	- 6,8
2	Maguari	1,66	0,14	12	2,86	- 21,8

4.3. SEDIMENTO DOS LAGOS DO RIO NEGRO INFLUENCIADO PELO RIO BRANCO

São lagos de várzeas pertencentes à bacia do rio Negro que sofrem influência do rio Branco, como também devido a movimentação da subida e descida do nível de água do rio Negro (Figuras 11):

4.3.1. ANALISE FISICA E FISICO-QUIMICA

4.3.1.1. ANALISE GRANULOMETRICA

A granulometria dos sedimentos desses lagos, mostram que os lagos que se situam próximo da foz do rio Branco possuem sedimentos constituídos de Areia fina argilosa, contendo 19 % de argila coloidal ($< 0,001$ mm); 25,0 % de argila; 22 % de silte; 53 % de areia fina.

Os sedimentos dos lagos que estão localizados mais a montante da foz do rio Branco, apresentam um textura do tipo Argila silte arenosa, com 31,7 % de argila coloidal ($< 0,001$ mm); 45 % de argila; 31 % de silte; 22,0 % de areia fina e 2,0 % de areia média.

4.3.1.2. pH

Os sedimentos dos lagos pertencentes ao

rio Negro e que não sofrem influência do rio Branco, apresentam um meio moderadamente acidificado e, em alguns casos, esses sedimentos estão perto da neutralidade. Os teores de pH, para esses sedimentos, variam entre 5,1 a 6,8 (Tabela 9).

4.3.2. ANALISE QUÍMICA

4.3.2.1. COMPLEXO SORTIVO

Os elementos trocáveis do complexo sortivo dos sedimentos dos lagos que constituem esse ecossistema (Tabela 9). Mostram teores de cálcio entre (0,5 a 4,8 e.mg/100 g); magnésio (1,8 a 6,5 e.mg/100 g); sódio (0,7 a 1,4 e.mg/ 100 g); potássio (0,5 a 1,5 e.mg/100 g) e alumínio (0,4 a 4,1 e.mg/100 g). Essas determinações do complexo sortivo fornecem a esses sedimentos, uma soma de base com variações entre 5,9 a 10,1 e.mg/100 g.

TABELA 9. ANALISE QUIMICA DOS ELEMENTOS TROCAVEIS NOS
SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO NEGRO QUE SOFREM
INFLUENCIA DO RIO BRANCO.

LOCAL DE COLETA		C O M P L E X O				S O R T I V O		
n	Nome do lago	Ca	Mg	Na	K	S	Al	pH
e.mg/100 g								
3	Purupuru	1,9	2,7	1,3	0,7	6,7	0,4	6,8
4	Calango	1,7	2,5	1,0	1,5	5,9	0,9	5,8
5	Curidiqui	1,2	5,3	1,2	0,9	9,2	0,8	5,8
6	Baipendi	0,5	6,5	1,1	0,6	9,0	1,4	5,3
7	Tauatu	4,0	1,8	1,4	1,0	7,8	1,2	5,1
8	Cauixi	4,8	1,8	1,2	1,5	8,8	1,3	5,2
9	Terra Preta	1,1	6,5	1,0	0,6	10,1	3,1	5,5
10	Ariau	0,7	5,7	0,8	0,5	7,8	4,1	5,1
11	Anavilhana	0,9	6,1	0,7	0,7	7,7	3,3	5,2

4.3.2.2. ANALISE QUIMICA TOTAL

Os lagos pertencentes a este ecossistema da bacia do rio Negro e que são fortemente influenciados

pelo rio Branco (Tabela 10), causando modificações físico-químicas. Esses sedimentos apresentam teores de alumínio entre 3,40 a 9,32 g/100 g. Os resultados analíticos do fósforo indicam uma evidência desse elemento em um maior número de lagos estudados, porém sua concentração é baixa (0 a 0,03 g/100 g).

Quanto ao manganês, a mesma evidência é observada nesses sedimentos, porém em concentrações baixas (0 a 0,06 g/100 g). São mostrados também, que o sódio (0,34 a 0,55 g/100 g) e o potássio (0,97 a 2,95 g/100 g), não sofrem variações entre um lago e outro, entretanto para o ferro, os resultados apresentam-se mais variáveis (0,58 a 2,92 g/ 100 g).

TABELA 10. ANÁLISE QUÍMICA DOS ELEMENTOS TOTAIS NOS SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO NEGRO INFLUENCIADOS PELO RIO BRANCO.

LOCAL DE COLETA		E L E M E N T O S T O T A I S					
no	Nome do lago	Al	P	Na	K	Mn	Fe
		g/100 g					
3	Purupuru	9,32	0	0,33	2,32	0,06	2,92
4	Calango	4,45	0,01	0,40	1,25	0	0,90
5	Curidiqui	7,17	0	0,40	1,08	0,03	0,97
6	Baipendi	3,40	0	0,40	1,22	0,04	0,58
7	Tauatu	4,60	0,01	0,55	1,36	0	1,18
8	Cauixi	6,39	0,03	0,40	2,95	0	1,49
9	Terra Preta	4,55	0,01	0,40	2,05	0	2,17
10	Ariau	4,55	0,01	0,34	0,97	0	0,97
11	Anavulhana	6,49	0,03	0,36	1,47	0	1,87

4.3.2.3. FRAÇÃO ORGÂNICA

Os resultados analíticos dos elementos que compõem a fração orgânica dos sedimentos de fundo dos lagos do rio Negro, que sofrem influência do rio Branco,

estão relacionados na Tabela 11. Esses sedimentos apresentam teores de nitrogênio entre 0,11 a 0,16 g/100 g e carbono de 1,44 a 2,93 g/100 g. A razão C/N varia entre 12 a 26, enquanto que a matéria orgânica não apresenta muita variação (2,41 a 5,05 %).

TABELA 11. ANALISE QUIMICA DA FRAÇÃO ORGANICA DOS (C, N, C/N, MATERIA ORGANICA, N/P E PIGMENTO TOTAL) SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO NEGRO QUE SOFREM INFLUENCIA DO RIO BRANCO.

LOCAL DE COLETA		F R A Ç Ã O O R G Ã N I C A					
n	Nome do lago	C	N	C/N	M.O.	N/P	Pig.Total
		g/100g			%		ug/g
3	Purupuru	1,44	0,12	12	2,41	-	9,6
4	Calango	2,47	0,16	15	4,26	16,00	8,2
5	Curidiqui	2,83	0,14	20	4,88	-	8,2
6	Baipendi	2,83	0,11	26	4,88	-	8,2
7	Tauatu	2,83	0,14	20	4,88	14,00	8,2
8	Cauixi	2,93	0,13	23	5,05	4,33	27,3
9	Terra Preta	2,41	0,12	20	4,15	12,00	16,4
10	Ariau	2,85	0,15	19	4,91	15,00	30,0
11	Anavilhana	2,30	0,12	19	3,97	4,00	12,3

4.4. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO SOLIMÕES/AMAZONAS

São lagos típicos de várzeas do ecossistema Solimões/Amzonas, sofrendo influência desse rio, que traz material em suspensão, durante a época cheia, cujo material é um dos principais fornecedores de nutrientes. Esses lagos possuem extensos tapetes de capim flutuantes (Gramineas do genero *Paspalum*) e outras macroidrófitas (*Victoria*, *Azolla*, *Eichornia*, *Sauvinia*, *Pistia*) que são características de água branca. Na Figuras 12 e 13, observam-se as localizações desses lagos.

4.4.1. ANALISE FISICA E FISICO-QUIMICA.

4.4.1.1. ANALISE GRANULOMETRICA

O rio Solimões/Amazonas contribui fortemente para a formação dos sedimentos dos lagos de várzeas que constituem esse ecossistema. A granulometria desses sedimentos é do tipo Argila arenosa siltosa. Pelas características físicas, observa-se teores de argila coloidal ($<0,001$ mm) da ordem de 16,0 %; argila 41,0 %; silte 21,0 %; areia fina 35,0 % e areia media 3,0 %.

4.4.1.2. pH

Os sedimentos dos lagos do rio Solimões/ Amazonas, por estarem em uma região geológica mais recente, apresentam um meio levemente acidificado, em alguns casos, próximo da neutralidade, com variações de pH entre 6,0 a 6,6 (Tabela 12).

4.4.2. ANALISE QUÍMICA

5.4.2.1. COMPLEXO SORTIVO

Na Tabela 12 são observados os resultados das análises químicas dos elementos trocáveis nos sedimentos desses lagos, verificando-se variações nas concentrações do cálcio (5,2 a 15,6 e.mg/100 g); magnésio (1,2 a 7,7 e.mg/100 g); sódio (1,0 a 1.4 e.mg/100 g), potássio (0,6 a 0,9 e.mg/100 g) e alumínio (0 a 0,9 e.mg/100 g). Esses valores proporcionam aos sedimentos de fundo dos lagos que constituem o ecossistema do rio Solimões/Amazonas, uma soma de base, que apresentam variações entre 9,1 a 22,7 e.mg/100 g.

TABELA 12. ANALISE QUIMICA DOS ELEMENTOS TROCAVEIS NOS
SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO SOLIMÕES/AMAZONAS.

LOCAL DE COLETA		C O M P L E X O				S O R T I V O	
o		++	++	+	+	+++	
n	Nome do lago	Ca	Mg	Na	K	S	Al pH
e.mg/100 g							
16	Paciência	10,8	5,9	1,4	0,6	18,7	0,1 6,6
17	Jaraqui	6,8	4,4	1,0	0,8	12,8	0 6,3
18	Manaquiri	10,0	4,0	1,2	0,7	16,0	0,8 6,1
19	Muratu	11,6	2,3	1,1	0,7	15,7	0 6,2
20	Jutai	15,6	3,6	1,1	0,7	21,0	0,9 6,0
21	Formiga	15,6	5,3	1,2	0,6	22,7	0,7 6,4
22	Castanho	9,6	2,8	1,0	0,6	14,0	0,9 6,1
23	Reis	9,3	1,2	1,2	0,7	12,4	0 6,5
24	Tarumanduba	5,2	2,0	1,3	0,6	9,1	0,9 6,1
25	Macaco	7,2	2,7	1,4	0,8	12,1	0,3 6,5
26	Arroz	11,6	4,9	1,3	0,7	18,5	0,9 6,4
27	Jagaretinga	6,8	3,9	1,4	0,8	12,9	0 6,4
28	Passarinho	6,0	7,7	1,4	0,9	16,0	0,3 6,5
29	Capitari	6,4	1,3	1,2	0,8	9,7	0,3 6,1

4.4.2.2. ANALISE QUÍMICA TOTAL

Os resultados analíticos dos elementos totais dos sedimentos dos lagos que pertencem ao rio Solimões/Amazonas estão contidos na Tabela 13. Esses sedimentos apresentam teores de alumínio entre 2,54 a 9,00 g/100 g. Observa-se que o fósforo (0,01 a 0,03 g/100 g) e o manganês (0,01 a 0,37 g/ 100 g) estão presentes em todos os sedimentos desses lagos, porém em concentrações relativamente baixas, principalmente o fósforo.

Quanto ao sódio (0,48 a 1,73 g/100 g) e o potássio (0,80 a 13,73 g/100 g), verifica-se que não existe uma variação muito forte para o primeiro, enquanto que para o segundo (potássio), essa variação é muito mais apreciável. O ferro presente nesses sedimentos mostra teores entre 2,27 a 8,46 g /100 g, em que é constatável também, uma variação bem nítida entre esses sedimentos.

TABELA 13. ANALISE QUIMICA DOS ELEMENTOS TOTAIS NOS
SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO SOLIMÕES/AMAZONAS.

LOCAL DE COLETA		E L E M E N T O S T O T A I S					
n ^o	Nome do lago	Al	P	Na	K	Mn	Fe
----- g/100 g -----							
16	Paciência	4,25	0,02	1,73	13,73	0,13	8,46
17	Jaraqui	6,57	0,02	1,35	9,92	0,01	7,33
18	Manaquiri	9,00	0,02	1,58	12,38	0,01	7,97
19	Muratu	2,54	0,01	1,53	10,21	0,09	2,56
20	Jutai	4,56	0,01	0,98	9,92	0,20	2,34
21	Formiga	5,18	0,02	0,49	2,96	0,05	2,46
22	Castanho	5,13	0,01	1,42	10,83	0,04	2,76
23	Reis	5,08	0,01	0,63	6,18	0,37	2,27
24	Tarumanduba	5,50	0,03	0,74	7,71	0,01	4,23
25	Macaco	5,34	0,02	0,71	0,80	0,05	7,96
26	Arroz	8,61	0,02	0,62	5,62	0,03	7,31
27	Jacaretinga	7,02	0,03	0,76	5,28	0,07	2,98
28	Passarinho	4,30	0,01	0,73	4,28	0,13	2,50
29	Capitari	3,61	0,01	0,74	6,49	0,08	2,50

4.4.2.3. FRAÇÃO ORGÂNICA

Os resultados analíticos da fração orgânica, para os sedimentos dos lagos do rio Solimões/ Amazonas, podem ser observados na Tabela 14.

Esses resultados indicam teores de nitrogênio entre 0,3 a 1,00 g/100 g e carbono com variações de 0,7 a 2,46 g/100 g. Com isso, esses sedimentos apresentam uma variação na razão C/N entre 14 a 27 e uma percentagem de matéria orgânica entre 1,21 a 3,05. Quanto aos teores de pigmento total (clorofila), esses sedimentos mostram teores que variam de 1,4 a 15,0 ug/g.

TABELA 14. ANALISE QUIMICA DOS ELEMENTOS DA FRAÇÃO ORGANICA (C, N, C/N, MATERIA ORGANICA, N/P E PIGMENTO TOTAL), NOS SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO SOLIMÕES/AMAZONAS.

LOCAL DE COLETA		F R A Ç ã O O R G ã N I C A					
n	Nome do lago	C	N	C/N	M.O.	N/P	Pig.Total
		- g/100g -			%		- ug/g -
16	Paciência	0,87	0,06	15	1,50	6,00	1,4
17	Jaraqui	0,85	0,04	21	1,47	2,00	5,5
18	Manaquiri	0,80	0,03	27	1,38	1,50	4,1
19	Muratu	0,76	0,03	25	1,34	3,00	9,6
20	Jutai	1,77	0,09	20	3,05	9,00	9,6
21	Formiga	2,46	0,09	27	4,24	4,50	15,0
22	Castanho	0,83	0,06	14	1,43	6,00	4,1
23	Reis	1,41	0,10	14	2,43	10,00	12,3
24	Tarumanduba	1,25	0,06	21	2,16	2,00	15,0
25	Macaco	1,28	0,07	18	2,21	3,60	15,0
26	Arroz	1,61	0,06	27	2,78	4,00	2,7
27	Jagaretinga	1,10	0,04	28	1,89	2,00	2,7
28	Passarinho	1,35	0,04	34	2,33	4,00	8,2
29	Capitari	0,70	0,05	14	1,21	5,00	6,8

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. SEDIMENTO DOS LAGOS DO RIO NEGRO

5.1.1. COMPLEXO SORTIVO

Os maiores valores de cálcio foram verificados nos lagos do Curiaú (rio Curiaú) e do Peixe-Boi (rio Cuieiras) (1,5 e.mg/100 g). Para o magnésio, as maiores concentrações ocorreram, também, no lago do Curiaú (4,4 e.mg/ 100 g) e Unini (rio Unini) cuja concentração é 2,4 e.mg/100 g. Embora esses teores de magnésio sejam considerados elevados dentro dos critérios de fertilidade do solo, mas, para a região Amazônica, mostram a baixa capacidade de tamponação desses sedimentos, devido aos baixos teores de cálcio e altas concentrações de alumínio (Tabela 3).

O lago do Curiaú, localizado no rio Curiaú, apresenta um pH 5,1 (Tabela 3), que associado com a alta concentração de magnésio e a presença de macrófitas aquáticas (*Sauvinia*), mostram uma

peculiaridade (anomalia) para esse sedimentos dos lagos de água preta, cujas águas são mais ácidas (SANTOS et alii, 1984).

Esses fatos observados nos sedimentos do lago do Curiaú, são de difícil explicação, pois podem refletir uma possível influência "externa", ou seja entrada de sedimentos e águas, provenientes de desmatamento e queimadas, que possivelmente ocorrem nas regiões das cabeceiras dos rio Jauperi, Alalaú, Camanaú e Curiaú

Na Tabela 3, contém os resultados analíticos do complexo sortivo para os sedimentos dos lagos do rio Negro indicando a presença do cálcio e magnésio. Esses lagos, constituídos de água mostram concentrações de sais minerais são consideradas baixas (SIOLI, 1950 e 1965a e b; BRINKMANN & SANTOS, 1973; SANTOS et alii, 1981 e SANTOS et alii, 1984).

A presença desses dois elementos, principalmente nos sedimentos de fundo de lagos do rio Negro, evidenciam que são, possivelmente, oriundos das precipitações e da decomposição da matéria orgânica, que por sua vez, podem ser carregados para o lago e precipitados na forma de pectatos.

6.1.2 ELEMENTOS TOTAIS

Na Tabela 4, estão distribuídas as concentrações dos elementos totais que foram determinados nos sedimentos dos lagos do ecossistema do rio Negro. O alumínio, presente nos sedimentos desses lagos, tem sua maior concentração no lago do Peixe-Boi, no rio Cuieiras (7,22 g/100 g) enquanto que a menor, ocorreu no lago do Caurés, no rio Caurés (2,46 g/100 g).

É possível, que esses lagos, cujos sedimentos apresentam um meio de acidez elevada (pH 4,1 a 4,6 Tabela 3), corrobore com a liberação do alumínio na forma trocável, uma vez que os sedimentos desses lagos são constituídos de matéria orgânica em decomposição, silte e areia fina, assim, seria possível a solubilização da sílica e do alumínio. O alumínio é perdido pelo sistema aquático devido as altas concentrações observadas nas águas do rio Negro (SANTOS et alii, 1984). Quanto à sílica, uma parte também é perdida pelo sistema aquático e a outra, possivelmente seja utilizada por animais esponginários conhecidos como "caixi".

Esses animais esponginários monaxônidas da família dos espongilídeos, de água doce, cujo contato produz forte comichão, por causa dos espículos que provocam

irritação da pele. Crescem nas várzeas alagadiças ou igapós e se acumulam nas raízes das árvores. São também conhecidos como "esponja-d'água-doce, cabixi, caui, ou ainda cauxi" (FERREIRA, 1975).

Na época da cheia, esses pequenos animais "espoja", agregam-se nas raízes e galhos das árvores, que, com o início da época da seca, sofrem processo de cristalização, que ao secar-se, tornam-se, a primeira vista, parecido a uma "casa de cupim", sendo contituído inteiramente de sílica. SANTOS et alii (1984), informam que as águas pretas do rio Negro apresentam altos teores de sílica. Esses fatos devem ser perscrutados futuramente, afim de se mostrar a verdadeira função desse cauxi.

Sendo os solos da bacia do rio Negro, classificados como Latossolo Amarelos, onde são encontrados desde os de textura muito pesada até os Hidromórficos (IPEAAOC, 1971). Na bacia do rio Solimões/Amazonas, os solos mais representativos, na área investigada, são os de várzeas, ou seja, aquele cuja formação deve-se à deposição dos sedimentos carregados por esse rio, e, dão formação às florestas de várzeas. Esses solos estão mais próximos da neutralidade se comparados com os solos do rio Negro, em cujas margens aparecem as florestas de igapó, onde a água sofre processos de estagnação, favorecendo a

decomposição da matéria orgânica depositada no fundo desses lagos.

Tal fato, possivelmente dificulte a precipitação e a fixação do fósforo e do manganês nesses sedimentos, uma vez que poderá ser facilmente assimilados pela vegetação dos lagos. Na bacia do rio Negro, somente o lago do Peixe-Boi, no rio Cuieiras, é que apresentou a concentração de fósforo da ordem de 0,06 g/100 g e o lago do Curiaú, no rio Curiaú, apresentou uma pequena quantidade de manganês, na ordem de 0,03 g/100 g. Com isso, constata-se a inexistência tanto do fósforo como do manganês, no ecossistema do rio Negro.

Entretanto, essas condições parecem favorecer aos conteúdos de nitrogênio e carbono nos sedimentos desses lagos, que têm sua entrada provenientes das precipitações pluviométricas na superfície dos lagos; pela lavagem da floresta e seu carreamento via lixiviação e decomposição da matéria orgânica.

Esses sedimentos apresentam uma concentração de nitrogênio bastante apreciável, sendo que o maior teor foi verificado no lago do Peixe-Boi, no rio Cuieiras (0,16 g/100 g) e a menor concentração, ocorreu no lago do Curiaú, no rio Curiaú (0,12 g /100 g), enquanto que para o carbono, destacam-se os lagos do Curiaú, no rio

Curiaú (2,83 g/100 g); do Peixe-Boi, no rio Culeiras (2,81 g/100 g) e o lago Unini, no rio Unini (2,78 g/100 g) e a menor concentração, foi verificada no lago do Caurés, no rio Caurés (1,60 g/100 g).

A razão C/N (Tabela 5) é maior para os lagos do Curiaú (rio Curiaú) de 24 e no Unini, (rio Unini) é de 21 e menores, nos lagos do Peixe-Boi, (rio Culeiras) de 18 e Caurés, (rio Caurés) essa razão é de 11. O conteúdo de matéria orgânica nos sedimentos desses lagos são equivalentes aos do rio Negro que está sobre a influência do rio Branco. Destacando-se os lagos do Curuaú (4,88 %); Peixe-Boi (4,84 %) e Unini (4,80 %), observando-se que o menor conteúdo de matéria orgânica, verifica-se no lago Caurés (2,76 %).

Ficou evidenciado a quase inexistência do fósforo, magnésio e cálcio (Tabela 3 e 4) nos sedimentos dos lagos de água preta, no caso os do ecossistema do rio Negro. Esses elementos são mais circulantes na bacia do rio Negro, devido as características químicas de suas águas "pretas", do que nos ambientes de água "branca", como é o caso do rio Amazonas (Tabelas 12 e 13). Na Tabela 15, mostram-se os conteúdos de P; K; Mg; Ca e Na, nas águas do rio Negro e nas folhagens bem como o fator de concentração para esse ecossistema.

TABELA 15. CONTEUDO DE P, K, Mg, Ca e Na (g/mg) NAS FOLHAGENS DAS FLORESTAS INUNDAVEIS DE IGAPÓ E NAS AGUAS DO RIO NEGRO E O FATOR DE CONCENTRAÇÃO (KLINGE et alii, 1989).

ELEMEN.	IGAPÓ DO RIO NEGRO		
	Água do Rio Negro	Folhagem Praia Grande	Fator de Concentração
	-3		
	10 g/mg	g/mg	
P	0.025	0.618	24720
K	0.33	6.325	19167
Mg	0.11	1.218	11073
Ca	0.21	2.506	11933
Na	0.38	0.249	655

Comprovadamente, o fator de concentração do P, Mg e Ca no ecossistema do rio Negro, é muito maior que o observado para a bacia do rio Solimões/Amazonas (Tabela 17). Isto evidencia que esses elementos, devido a sua ausência (SANTOS et alii, 1984), são rapidamente absorvidos pela vegetação e que sua presença nos sedimentos do fundo dos lagos, deve-se a uma possível reação com a matéria orgânica, formando compostos organometálicos.

■ sódio apresenta-se em quantidades menores que as do potássio. Somente no lago do Curiaú e no lago do Unini (rio Unini), mostram uma concentração mais elevada de sódio (0,45 g/100 g). Para os demais lagos, as concentrações nos sedimentos, são praticamente idênticas.

Para o potássio, dos valores observados, as maiores concentrações ocorreram no lago do Caurés, no rio Caurés de 0,87 g/100 g e a menor, observa-se no lago do Curiaú, no rio Curiaú de 0,26 g/100 g (Tabela 4).

5.2. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO NEGRO INFLUENCIADOS PELO RIO BRANCO

5.2.1. COMPLEXO SORTIVO

Os valores de cálcio e magnésio mostram uma concentração um pouco maior daquela que foi observada na bacia do rio Negro (Tabela 3), indicando, que esses elementos são bastantes móveis (BRINKMANN & SANTOS, 1973), mas podem, também, ocorrer uma possível precipitação na forma de pectatos, induzida pelo pH dos sedimentos, uma vez que esse pH está próximo da neutralidade, como observados nos lagos do Purupuru e Anavilhanas (Tabela 9).

Os maiores teores de cálcio foram encontrados nos sedimentos dos lagos do Cauixi (4,8 e.mg/100 g) e Tauatu (4,0 e.mg/100 g) e os menores, ocorreram nos lagos do Ariau (0,7 e.mg/100 g) e Baipendi (0,5 e.mg/100 g). Já para o magnésio, destacam-se os lagos do Baipendi e Terra Preta (6,5 e.mg/100 g); Anavilhana (6,1 e.mg/100 g); Ariau (5,7 e.mg/100 g) e Curidiqui (5,3 e.mg/100 g), enquanto que as menores concentrações, verificaram-se nos lagos do Tauatu e Cauixi com 1,8 e.mg/100 g (Tabela 9).

Sendo esses dois cátions praticamente ausentes nas águas dos afluentes do rio Negro (SANTOS et alii, 1984), justifica-se sua presença, devido à precipitação juntamente com a matéria orgânica, formando pectatos, uma vez que os lagos que apresentam as maiores concentrações de matéria orgânica (Tabela 11), são aqueles em que o cálcio e o magnésio, estão presentes em quantidades mais elevadas, como o caso dos lagos do Cauixi (5,05 % de M.O.); Tauatu e Baipendi (4,88 % de M.O.) e Ariau (4,91 % de M.O.).

Tais lagos, pertencentes à bacia rio Negro e que são fortemente influenciados pelo rio Branco, apresentam modificações físico-químicas e químicas, tanto nas águas (SANTOS et alii, 1984) como nos sedimentos

(Tabela 10), mostram um pH cuja acidez é menos acentuada e em alguns casos, próximo da neutralidade, como é o caso do lago do Purupuru que apresenta um pH = 6,8 (Tabela 9).

Análise de solo realizado em alguns locais da bacia do rio Negro, demonstraram uma pequena concentração de cálcio e magnésio (menor que 0,5 e.mg/100 g), evidenciando a sua quase inexistência nos solos dessa bacia, como foi o caso dos solos do rio Demini e do rio Araca e do local denominado Seringueiro, no rio Negro. Desses solos, os da localidades Seringueiro no rio Negro e do rio Araca, apresentaram teores de alumínio trocável, na ordem de 1,5 e 0,7 e.mg/100 g, respectivamente.

Esses resultados evidenciam que a falta de cálcio e do magnésio como também a presença do alumínio, nos solos da bacia do rio Negro, não são fatores limitantes ou inibidores para o crescimento e sustentação da floresta Amazônica, uma vez que o cálcio e o magnésio, sendo considerados elementos em constante circulação nesta região, são facilmente absorvidos pela vegetação, enquanto que o alumínio, possivelmente, não se encontre em níveis tóxicos para a floresta Amazônica ou ainda, essa floresta esteja adaptada a tais condições.

Análise de sedimentos na confluência do

rio Negro com o rio Branco como também a montante deste, apresentam baixas concentrações de cálcio e presença considerável de magnésio (Tabela 16).

TABELA 16. ANÁLISE QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DOS SEDIMENTOS DO RIO NEGRO; RIO BRANCO E CONFLUÊNCIA DO RIO NEGRO COM O RIO BRANCO

S E D I M E N T O S D O S R I O S			
DETERMINAÇÃO	NEGRO	BRANCO	NEGRO/BRANCO
FÍSICO-QUÍMICA			
pH	4,7	5,3	5,5
ELEMENTOS TROÇAVEIS			
Ca e.mg/100g	0,4	1,8	0,6
Mg e.mg/100g	1,62	4,46	5,26
Al e.mg/100g	2,0	0,2	0,4
ELEMENTOS TOTAIS			
Al g/100g	1,15	0,68	1,43
P g/100g	0,01	0,03	0,01
Na g/100g	0,56	0,93	0,24
K g/100g	0,83	1,33	2,34
Mn g/100g	0,02	0,09	0,03
Fe g/100g	0,58	1,66	1,73

Continuação da Tabela 16.

FRAÇÃO ORGÂNICA

N	g/100g	0,07	0,07	0,07
C	g/100g	0,98	1,00	2,10
M.O.	%	1,69	1,72	3,62
C/N		14	14	30

5.2.2. ELEMENTOS TOTAIS

Pode ser observado com auxílio da Tabela 10 a presença do alumínio total, com teores oscilando entre 3,40 a 9,32 g/100 g, bem como a presença do sódio total e do potássio total na ordem de 0,34 a 0,55 g/100 g e 0,97 a 2,95 g/100 g respectivamente. Nota-se também, a presença do nitrogênio (0,11 a 0,15 g/100 g) e do ferro total (0,58 a 2,92 g/100 g). Quanto ao fósforo total e manganês total, estes estão presentes, em um maior número de lagos, principalmente o fósforo, com teores entre 0 a 0,03 g/100 g e o manganês entre 0 a 0,06 g/100 g. Observa-se também, uma percentagem de matéria orgânica mais acentuada, como também uma razão C/N em níveis apreciáveis (Tabela 11).

Esses elementos, sendo constituintes dos minerais de argila, e, por conseguinte, fazendo parte de sua rede cristalina, era de se esperar uma maior ou menor quantidade desses elementos. Observa-se também, que a presença dos elementos P; Mn; N e C, que dependendo das condições Hidroquímicas das águas que dão formação a esses lagos, e sua presença é de fundamental importância para a região Amazônica, principalmente o fósforo, devido a sua carência nos solos dessa região, enquanto que o ferro, estará presente nos processos de oxi-redução que ocorre nos lagos.

Os teores de ferro, para o ecossistema do rio Negro (Tabela 4), mostram valores menores aos verificados para os sedimentos dos lagos do rio Solimões/ Amazonas (Tabela 13), evidenciando, que as substâncias húmicas, nesse ecossistema, apresentam baixa capacidade de formarem complexos com o ferro, como observado por JUNK & FURK (1980). Entretanto, SANTOS et alii, (1984), sugerem que a formação de substâncias metal-orgânicas na forma de complexos, somente ocorra em águas com melhores condições físico-químicas, com pH neutro e com maiores concentrações de sais dissolvidos ou complexados, e não para as águas do rio Negro, que apresentam-se pobres em nutrientes minerais.

Porém, a faixa do rio Negro que sofre influência do rio Branco (Tabelas 9 e 10), a hidroquímica apresenta melhores condições que as do rio Negro (Tabelas 3 e 4), e o pH próximo da neutralidade e com melhores conteúdo de nutrientes minerais. Essas condições parecem favorecer a formação de um complexo de ferro com a matéria orgânica, como é constatável para os sedimentos dos lagos do Purupuru; Cauixi e Anavilhanas (Tabela 11), devido o elevado teor de ferro nesses sedimentos.

Na bacia do rio Negro (Tabela 4), nota-se a ausência do fósforo nos sedimentos desses lagos. Entretanto, o aparecimento do fósforo nos sedimentos dos lagos do rio Negro que sofrem influências do rio Branco (Tabela 10), seria possível, devido ao sedimento caulinitico do rio Branco, terem uma melhor afinidade pelo fósforo (LEENHEER & SANTOS, 1980), ou seja, esses sedimentos ao entrarem na bacia do rio Negro, cujos sedimentos são cauliniticos (IRION, 1984), fixariam o íon H_2PO_4 em substituição a oxidrila, semelhante às substituições do silício e os átomos de oxigênio, onde agrupariam quatro oxigênio ao redor do fósforo.

Contudo, essa substituição iônica não é muito favorável, devido as condições de pH mostrarem uma

leve acidificação, possivelmente, prejudicando as substituições. Entretanto, poderá sofrer uma ação favorável, devido ao conteúdo da matéria orgânica contida nas águas dos rios de Negro (SANTOS et alii, 1984).

Esse conteúdo de fósforo mostra a sua quase inexistência nos solos e sedimentos, evidenciando a facilidade de assimilação pela vegetação. Sua presença nesses sedimentos, devem-se a essa possível substituição, como também pela entrada através das precipitações pluviométricas, e, no caso específico dos lagos desse ecossistema, pela presença de capim flutuante (*Salvinia*), que sofre o processo de decomposição, uma vez que os lagos da bacia do rio Negro não apresentam esse tipo de vegetação.

3.2.3. INFLUENCIAS DO RIO BRANCO SOBRE O RIO NEGRO

Os lagos localizados nessa faixa do rio Negro, são aqueles que sofrem influências hidrogeoquímicas das águas e sedimentos do rio Branco, cujos sedimentos caulíníticos em suspensão são floculados pela água preta e ácida do rio Negro, dando origem ao arquipélago das Anavilhanas (LEENHEER & SANTOS, 1980).

SANTOS et alii (1984), dão maiores destaques para os rios Branco e Jauperi; primeiro pela sua possível formação do arquipélago das Anavilhanas, sendo que atualmente, esses rios estão fertilizando áreas inundáveis da margem esquerda do baixo rio Negro, devido aos fatores erosivos, provocados pelo desmatamento intensivo que vêm ocorrendo em suas bacias.

Esses sedimentos apresentam características químicas diferentes (Tabelas 9; 10 e 11), daqueles do ecossistema do rio Negro propriamente dito (Tabelas 3; 4 e 5), ou seja, aqueles cujas águas são pretas e não são influenciadas pelo rio Branco, como também as constituições físicas são diferentes (Figuras 14, 15 e 16). Os mesmos apresentam-se menos ácidos, sendo que os lagos que estão com os maiores valores de pH, são os lagos do Purupuru (pH=6,8), Calango e Curidiqui (pH=5,8) e os menores, foram observados nos lagos do Tauatu e Ariau (pH=5,1).

FIGURA 14. Teores de Argila, Silte, Areia Fina e Areia Média nos Sedimentos do Rio Branco.

FIGURA 15. Teores de Argila, Silte, Areia Fina e Areia Média nos Sedimentos do Rio Negro.

FIGURA 16. Teores de Argila, Silte, Areia Fina e Areia Média nos Sedimentos do Rio Negro sobre Influência do rio Branco.

Estudo realizado nessa faixa do rio Negro por LEENHER & SANTOS (1980), mostram que os sedimentos finos, provenientes do rio Branco, floculavam a uma distância de 100 km da foz e que nessa época não existia nas áreas inundáveis (várzeas) e lagos do rio Negro, quaisquer indício de formação de macrófitas aquáticas, fato destacado por JUNK (1970).

SANTOS et alii (1984), mostraram que entre 1979 a 1980, no período em que o rio subia de nível, formações de pequena quantidade macrófitas em um canal que dá acesso do Paraná da Floresta ao rio Jauaperi, como também em um local denominado de Tauatu, já pertencente ao arquipélago das Anavilhanas.

Esses autores, constataram também, em 1981, que em lugares onde não existem corredeiras e nos lagos das ilhas, partindo do Paraná da Floresta até próximo ao Estreito (Baia do Buiucu), extensos tapetes flutuantes de capim-arroz (*Oryza perennis*), e, em menores quantidades, a canarana (*Echinochloa polystachya*) e salvínia (*Salvinia auriculata*). Mostraram ainda, que nas áreas inundáveis desse trecho de rio, a existência de cultivos de milho, arroz mandioca, macacheira, mamão entre outras.

Relatam ainda, que do ano de 1974 a 1980

houve um aumento, até certo ponto, considerado substancial de sais minerais nessas águas; bem como o aparecimento de macrófita aquáticas, sugerindo que essa fertilização deve-se em parte, pelas águas e sedimentos dos do rio Branco como também de um desmatamento indiscriminado, seguido de queimadas em escala crescente, na região das bacias do rio Branco e Jauaperi.

Este fato, também foi constatado no mês de agosto de 1982, quando da realização das coletas dos sedimentos nos lagos que se situam nessa faixa do rio Negro. Notou-se quantidades significantes de macrófitas aquáticas, como também uma quantidade de sedimento em suspensão nas águas do rio Branco, principalmente durante chuva recente, tornando as águas do rio Negro um pouco turbidas.

Considerando-se os ecossistema do rio Branco, rio Negro e rio Negro sobre influência do rio Branco como um todo, para que possamos avaliar as modificações causadas pelo rio Branco ao rio Negro. Relacionou-se, de uma maneira percentual, os teores de Argila coloidal, Argila e Silte obtidos para esses sedimentos (Figuras 17, 18 e 19). Constata-se, que existe uma alteração nos constituintes físicos no sedimento do rio Negro, logo após a junção deste, como o rio Branco,

cujas modificações, são perceptíveis nos sedimentos dos lagos do rio Negro sobre influência do rio Branco.

Nessa relação, observa-se que a argila coloidal ($<0,001$ mm), para os sedimentos do rio Negro sobre influência do rio Branco, apresentam-se em 72 % alteradas (FIGURA 17). Já os teores de argila, indicam que a parte influenciada do rio Negro, apresenta-se 58 % alterada (FIGURA 18). Para o silte, os resultados mostram que essa faixa do rio Negro, apresenta-se com 37 % alterada (FIGURA 19).

FIGURA 17. Relação Percentual de Argila Coloidal, nos Sedimentos do Rio Negro, Rio Branco e Rio Negro sobre Influência de rio Branco.

FIGURA 18. Relação Percentual de Argila, nos Sedimentos do Rio Negro, Rio Branco e Rio Negro sobre Influência do Rio Branco.

FIGURA 19. Relação Percentual de Silte, nos Sedimentos do Rio Negro, Rio Branco e Rio Negro sobre Influência do rio Branco.

Isto, reflete, nitidamente, nos sedimentos dos lagos que se localizam na faixa do rio Negro sobre influência do rio Branco, o que, comprova a fertilização que está ocorrendo tanto nas águas como nos sedimentos desse lagos, devido aos teores dos elementos químicos que foram detectados nesses sedimentos (Tabelas 9 e 10), se comparados com os resultados obtidos para os sedimentos dos lagos da margem direita do rio Negro, sem influência do rio Branco (Tabelas 3 e 4).

Os resultados obtidos para esses sedimentos (Tabela 16), corroboram também para essa evidência, pois mostram que os sedimentos dos lagos do rio Negro, cuja faixa da margem esquerda, sofrem também influência do rio Branco, estão nitidamente alteradas.

Outra constatação, de que está ocorrendo modificações físico-químicas como também físicas e químicas, é a composição mineralógica desses sedimentos (Figura 20).

Essa Figura contém os difratogramas de raios-X dos sedimentos do rio Negro (A), mostrando uma composição mineralógica, de caulinita, quartzo e evidências de mineral 2:1, possivelmente a goetita.

FIGURA 20. Difratograma de raios-X. (A) Sedimentos do Rio Negro; (B) Sedimentos do Rio Branco e (C) Sedimentos do Rio Negro sobre Influência do Rio Branco.

No espectro (B) do sedimento do rio Branco, é facilmente identificável, uma mineralogia constituída de montemorilonita, mica, caulinita, quartzo, feldspato e evidências de outros minerais 2:1, possivelmente a goetita.

Por outro lado, o espectro de refração do rio-X para o sedimento do rio Negro sobre influência do rio Branco (C), mostra que esses sedimentos estão em parte alterados, em comparação ao do rio Negro (A), indicando a existência além da caulinita e do quartzo, da mica e feldspato e outros minerais 2:1, entre esses, possivelmente, esteja presente, a goetita.

5.3. SEDIMENTOS DOS LAGOS DO RIO SOLIMÕES

5.3.1. COMPLEXO SORTIVO

As águas desse ecossistema, provenientes de região geologicamente mais recente, contribuem com sedimentos andinos, ricos em minerais alcalinos que ao depositarem esses sedimentos, tornam os solos de várzeas que circundam esses lagos, mais férteis.

Os valores de pH para os sedimentos desses lagos (Tabela 12), mostram uma leve acidificação,

aproximando-se da neutralidade, como é o caso do lago da Paciência (pH=6,6).

Esses lagos formados por águas ricas em sólidos em suspensão, em cuja composição química da água estão presentes elementos em quantidades apreciáveis para a região Amazônica (GIBBS, 1967), são lagos que na época da cheia, estão constantemente ligados com o rio Solimões/ Amazonas, cujas águas alagam a planície de inundação e por conseguinte, ocorre a deposição dos sólidos em suspensão tanto no leito dos lagos, como nas várzeas alagáveis.

O cálcio e o magnésio presentes nesses sedimentos, são provenientes das partículas em suspensão nas águas, bem como do material vegetal que se depositam no fundo do lago e que farão parte da remineralização e entradas provenientes da lixiviação erosiva dos solos que circundam o lago.

Os maiores teores de cálcio foram observados para os sedimentos dos lagos do Jutai e Formiga (15,6 e.mg/100 g), seguido dos lagos do Muratu e Arroz (11,6 e.mg/100 g). Para o magnésio, a maior concentração observada, ocorreu no lago do Passarinho (7,7 e.mg/100 g), seguidos dos lagos da Paciência (5,9 e.mg/100 g); Formiga (5,3 e.mg/100 g) e Arroz (4,9 e.mg/100 g).

IRION et alii (1983), determinaram quantidades apreciáveis de cálcio e magnésio total no sedimento do rio Solimões/Amazonas, na ordem de 8.900 ppm de Ca e 11.700 ppm de Mg. Isso, vem corroborar com a teoria de que esses elementos não são encontrados disponíveis, mais sim, em circulação, podendo ser absorvidos pela vegetação (BRINKMANN & SANTOS 1973),

O alumínio está presente em quantidades menores do que foi observado para os outros sedimentos dos lagos em estudo. Entretanto, as maiores concentrações verificaram-se nos lagos do Jutai, Castanho e Arroz (0,9 e.mg/100 g) seguido dos lagos do Manaquiri (0,8 e.mg/100 g) e Formiga com 0,7 e.mg/100 g (Tabela 12). seguido do lago do Castanho de 2,9 e.mg/100 g e do Jutai de 2,0 e.mg/100 g (Tabela 12).

5.3.2. ELEMENTOS TOTAIS

É notável a presença de sódio e potássio total (Tabela 13), onde as maiores concentrações de sódio, verifica-se nos lagos da Paciência (1,73 g/100 g) e Manaquiri (1,58 g/100 g) seguido do lago do Muratu (1,53 g/100 g). Para o potássio total, os lagos do Macaco (0,80 g/100 g); Formiga (2,96 g/100 g) e Passarinho (4,98 g/100 g), foram os que apresentaram as menores concentrações.

Enquanto que, os demais lagos, contêm teores acima de 5,00 g/100 g de T.F.S.A., sendo que o lago da Paciência foi o que apresentou a maior concentração de 13,73 g/100 g (Tabela 13).

O alumínio total está em quantidades relativamente elevadas, como é o caso do lago do Manaquiri e Arroz, cuja concentração é da ordem de 9,00 g/100 e 8,61 g/100 g respectivamente (Tabela 13).

A presença desse elemento nos sedimentos dos lagos, também são provenientes dos minerais de argilas desses sólidos em suspensão que são carregados e depositados nesses lagos, como os já existentes nesses ecossistemas. Observa-se uma concentração bastante apreciável no teor de alumínio total, sendo que as maiores concentrações foram encontradas nos lago do Manaquiri (9,00 g/100 g), seguidos dos lagos do Arroz (8,61 g/100 g); Jacaretinga (7,02 g/100 g) e do Jaraqui (6,57 g/100 g) e a menor, verificou-se no lago do Muratu (2,54 g/100 g).

Esses elementos, sendo constituintes dos minerais de argilas e por conseguinte, fazendo parte da rede cristalina desses minerais, era de esperar que tal ocorresse, devido esses sedimentos serem carregados da região andina. Observa-se também, que esses sedimentos

apresentam ainda, os elementos P; Fe; N e C, que estão em maior ou menor quantidade, dependendo das condições hidrogeoquímicas do lago e são de importância fundamental, principalmente o fósforo, devido a sua carência nessa região, enquanto que o ferro, participará dos processos de oxi-redução que ocorrem nos lagos.

É possível que nesses sedimentos mesmo com alto teor de argila (Figura 21), não ocorram as substituições do Al por outros elementos, como é o caso do Si e o Mg ou seja, essas substituições iônicas (isomórficas) não ocorrem, ou esses sedimentos (argilas) ainda não tiveram tempo necessário para que essas substituições a fossem processadas; uma vez, que as deposições do material em suspensão ocorrem a cada seis meses. Isto ocorre durante a época das enchentes, quando as águas do rio Solimões/Amazonas inundam as terras de várzeas e conseqüentemente ocorrem um aumento do volume de água no lago. Segundo IRION et alii (1983), os sedimentos do rio Solimões/Amazonas, são constituídos de montemorilonita, illita e caulinita.

FIGURA 21. Teores de Argila, Silte, Areia Fina e Areia Média nos Sedimentos do Rio Solimões/Amazonas.

Análise de raio-X realizada nesses sedimentos (Figura 22), mostram-se idênticas à constituição observada por IRION *et alii* (1983). Entretanto, evidencia-se uma diferença na composição mineralógica desses sedimentos, dentre os lagos que estão situados na ilha do Careiro (B) e os sedimentos dos lagos da região do Janauaca (A).

O sódio e o potássio, constatável nos sedimentos desses lagos, também, constituem o mineral de argila depositado por sedimentação no fundo dos lagos, provenientes dos contra fortes andinos e das terras caídas, provocadas pela erosão desse rio, nas terras altas. Outra porção provém dos solos circunvizinhos do lago, devido à lixiviação que ocorre nos campos de várzeas, intensamente utilizados, na atividade agropecuária.

As maiores concentrações de sódio foram observadas no lago da Paciência (1,73 g/100 g), seguido dos lagos do Manaquiri (1,58 g/100 g); Muratu (1,53 g/100 g); Castanho (1,42 g/100 g) e Jaraqui (1,35 g/100 g) e a menor foi verificada no lago do Formiga (0,49 g/100 g).

FIGURA 22. Difratoograma de Raios-X. Sedimento dos Lagos do rio Solimões/Amazonas. (A) Região do Janaúacá e (B) Região do Careiro.

Para o potássio total, os lagos que apresentaram os maiores teores, foram os lagos da Paciência (13,73 g/100 g); Manaquiri (12,38 g/100 g); Castanho (10,83 g/100 g) e do Muratu (10,21 g/100 g) e a menor concentração, encontrou-se no lago do Macaco (0,80 g/100 g)

Essas elevadas concentrações de potássio, que ocorrem nos lagos da Paciência, Muratu, Manaquiri, Castanho, Jaraqui e Jutai devem-se ao conteúdo de sólidos em suspensão nas águas do rio Solimões/Amazonas.

IRION et alii (1983), estudando esses sedimentos, obtiveram valores de 2.800 ppm de Na e 18.600 ppm de K. E que os teores de sódio e potássio nos sedimentos dos lagos desse ecossistema, são em sua maior parte, provenientes dos sedimentos em suspensão existentes nesse rio.

Convém salientar, que grande parte das terras que circundam esses lagos, são utilizados nas atividades agropecuárias, principalmente na época da seca. Com isso, seria possível também, uma maior contribuição de sódio e potássio, para os sedimentos dos lagos dessa região em decorrência dessas atividades.

O fósforo total encontrado nos lagos do ecossistema do rio Solimões/Amazonas (Tabela 13), têm sua fonte principal, devido ao transporte de compostos orgânicos e inorgânicos pela água de precipitação e pela inundações provocadas por esse rio; decomposição dos vegetais, principalmente capim flutuante, animais e microorganismos.

Os maiores valores encontrados nesses sedimentos, foram observados nos lagos do Tarumanduba (0,03 g/100 g); enquanto os lagos do Jacaretinga; Macaco; Manaquiri e Jaraqui, apresentaram 0,02 g/100 g e o lago que apresentou a menor concentração, foi o lago da Paciência com 0,01 g/100 g.

Entretanto, é possível, uma reciclagem quanto ao teor de fósforo nos sedimentos desses lagos, principalmente pelas atividades biológicas, uma vez que esses lagos na época da seca, ocorre a resuspensão dos sedimentos, tanto provocada pela ação eólica; como pelos peixes, o que pode possivelmente, permitir a estocagem de fósforo nos sedimentos (LOPES et alii, 1983).

Para os rios de água branca (Solimões/Amazonas), existe um paralelismo entre o rio e os lagos que são influenciados por esse rio, como mostrado por SCHNIDT (1972b), para o fósforo e o ferro.

SANTOS (1980), constata uma concentração muito baixa de fósforo nas águas dos lagos desse ecossistema, tanto na época cheia como na época seca, indicando que sua presença viabiliza a produção de fito e zooplâncton.

Entretanto, a capacidade dos sólidos em suspensão das águas brancas, de liberar ou absorver certas quantidades de fósforo (GESSNER, 1960), depende das condições ecológicas. A viabilidade desse elemento para a produção primária é de importância fundamental, quanto a sua concentração nesses sedimentos.

Esse fósforo pode ser adsorvido por $\text{Fe}(\text{OH})_3$, onde os íons fosfatos ficariam mais facilmente trocáveis, do que quando o fósforo se apresentar na forma de FePO_4 . Segundo SANTOS (1980), não existe até o presente, algas capazes de obterem fósforo de outra maneira que não seja, adsorvido ao $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Sugere ainda, que o fósforo presente nas águas dos lagos, é motivado pela vazante e turbulência da água do fundo do lago, causando uma intensa resuspensão do sedimento. Sendo que o fósforo e o ferro encontram-se em um círculo fechado de combinações nos sedimentos dos lagos de várzeas desse ecossistema, provenientes de depósitos de sólidos suspensos, que são carregados pelo rio Solimões/Amazonas.

O ferro e o manganês total também se acham presentes nos sedimentos dos lagos de várzeas pertencentes ao ecossistema do rio Solimões/Amazonas. Devido as suas peculiaridades químicas, existe uma relação entre esses elementos, principalmente nas águas dos lagos de várzeas (LOPES et alii, 1983). Sendo o ferro um elemento que está presente nas águas do rio Solimões/Amazonas em concentrações variando de 1,10 a 4,10 mg/l (SCHMIDT, 1972b), logo era de se esperar, que os sedimentos desses lagos com forte influência desse rio, tivessem concentrações relativamente elevadas.

As maiores concentrações de ferro total foram verificadas nos lagos da Paciência (8,50 g/100 g); do Manaquiri (7,97 g/ 100 g); do Macaco (7,96 g/100 g); do Jaraqui (7,33 g/100 g) e do Arroz (7,31 g/100 g) e a menor foi observada no lago do Reis (2,30 g/100 g).

Já o manganês, suas maiores concentrações foram observadas nos lagos do Reis (0,40 g/100 g); do Jutai (0,20 g/100 g); da Paciência (0,13 g/100 g), enquanto que as menores foram encontradas nos lagos de Manaquiri; do Jaraqui e Tarumanduba (0,01 g/100 g).

IRION et alii (1983), observaram concentrações elevadas de ferro e manganês, nos sedimentos

dos rios Solimões/Amazonas, na ordem de 54.400 ppm de Fe e 804 ppm de Mn. Como o ecossistema desse rio é uma fonte predominantemente de elementos nutritivos para os lagos de várzeas, onde evidencia-se um forte processo de oxirredução, ou com possíveis assimilação pela vegetação tanto aquática como terrestre, que circunda esses lagos.

Na Tabela 17, mostram-se os teores de P, K, Mg, Ca e Na (g/kg) nas folhas das florestas inundáveis de várzeas e nas águas do rio Solimões/Amazonas.

Pode ser observado que essas vegetações, apresentam maiores conteúdos de cálcio e potássio seguidos de magnésio e fósforo, porém, indicando um fator de concentração maior para os dois últimos elementos. Indicando que a presença desses elementos no ecossistema, principalmente o fósforo, magnésio e cálcio estão sempre baixos, devido a sua rápida absorção pela vegetação dos lagos.

TABELA 17. CONTEUDO DE P, K, Mg, Ca e Na NA FOLHAGENS DAS FLORESTAS DE INUNDAÇÃO E NAS AGUAS DO RIO SOLIMÕES E O FATOR DE CONCENTRAÇÃO (KLINGE et alii, 1983).

VARZEA DO RIO SOLIMÕES/AMAZONAS					
E L E M	Agua de		Folhagem	Fator de	
	Rio			Concentração	
	Solimões	Marchantaria	Irاندوبا	Marchantaria	Irاندوبا
	-3				
	10	g/kg	g/kg	g/kg	
P	0.105		1.755	0.871	16714 8295
K	0.9		13.183	8.609	14684 9566
Mg	1.1		3.982	4.029	3620 3663
Ca	7.2		19.141	16.314	2653 2266
Na	2.3		0.195	0.085	85 37

O nitrogênio total encontrado nos sedimentos dos lagos perscrutados do rio Solimões/Amazonas (Tabela 14), tem sua entrada nesses lagos, através da precipitação sobre a superfície de fixação; material

orgânico alóctone, incluindo água de infiltração; material orgânico autóctone, proveniente de decomposição de vegetais e animais. Entretanto, a principal fonte de nitrogênio nesses lagos são os provenientes da decomposição da vegetação aquática (JUNK, 1980 e SANTOS, 1980).

As concentrações de nitrogênio, mais elevadas foram observadas nos lagos do Reis (0,10 g/100 g); do Jutai e do Formiga (0,09 g/100 g) e as menores, verificaram-se nos lagos do Manaquiri e Muratu (0,03 g/100 g). Em tais concentrações, incluem-se o Nitrogênio Orgânico, proveniente da decomposição de produtos tais como: proteínas, aminoácidos, ureia e ácido metilamínico como também, estão inseridos os nitratos e nitritos.

Contudo, esses lagos podem perder quantidades de nitrogênio através de ligações direta com o rio; pela difusão dos compostos voláteis na superfície do lago e pela denitrificação (LOPES et alii, 1983).

Os lagos estudados, apresentam também uma concentração de carbono, da ordem de 2,46 g/100 g, para o lago do Formiga, que foi considerada maior e a menor, ocorreu no lago do Capitari (0,70 g/100 g), dando

uma razão C/N de 27 e 14 respectivamente, conseqüentemente, o teor da matéria orgânica para o lago do Formiga foi de 4,24 % e para o lago do Capitari de 1,21 % (Tabela 14).

5.4. INTERPRETAÇÕES DA ANÁLISE DO CONJUNTO DOS LAGOS ESTUDADOS

5.4.1. COMPLEXO SORTIVO

O complexo sortivo dos sedimentos dos lagos perscrutados da bacia Amazônica (rio Amazonas e Negro), é bastante distintos e divergentes quanto à composição físico-química e química (Tabelas 3, 4, 12 e 13), mostrando uma acidez acentuada para os sedimentos dos lagos do rio Negro (Tabela 3) isto, se não levarmos em consideração as concentrações dos sedimentos que pertencem a esse ecossistema e que sofrem influência do Branco (Tabela 10); que por sua vez, mostram uma concentração hidrogeniônica (pH) se aproximando da neutralidade, o mesmo acontecendo com os sedimentos dos lagos que pertencem ao rio Solimões/Amazonas (Tabela 12).

A parte investigada do rio Negro, principalmente, aqual não sofre influência do rio Branco (Tabela 3), mostra a pobreza do material de origem em

cátions, dando provas de que as condições de pedogênese favorecem a remoção de cátions, onde se destaca o grau de intemperismo do solo. VAN RAIJ (1983), destaca que, quanto mais intemperizado for o solo, maior a tendência que o mesmo tem para perder sua bases trocáveis.

Perscrutando-se os sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas, observa-se, uma condição adversa ao do rio Negro, onde as concentrações hidrogeniônicas, mostram a quase neutralidade dos sedimentos, confirmando assim, sua maior quantidade de bases trocáveis existente no complexo sortivo. MARTINELLI (1986), sugere que tanto esses sedimentos, como os adjacentes aos lagos, bem como os sedimentos do rio Solimões/Amazonas, podem suportar uma agricultura à níveis ideais dos sais básicos.

Nas áreas investigadas (Tabelas 3; 6; 9 e 12), mostram que os cátions trocáveis (Ca; Mg; Na e K), aparecem em maiores quantidades, nos sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas (Tabela 12) e nos sedimentos dos lagos do ecossistema do rio Negro que sofrem influência do rio Branco (Tabela 9).

A concentração desses elementos trocáveis nos sedimentos dos lagos, tem uma tendência de apresentar uma concentração de cálcio menor nos lagos do rio Negro;

seguindo em ordem crescente nos lagos do rio Branco; dos lagos do rio Negro influenciados pelo rio Branco e dos lagos do rio Solimões/Amazonas.

Para o magnésio, existe uma pequena inversão, onde os sedimentos dos lagos do rio Negro apresentam uma concentração maior que às que foram verificadas nos sedimentos dos lagos do rio Branco. Por outro lado, os sedimentos dos lagos do rio Negro influenciados pelo rio Branco, apresentam uma concentração maior que às observadas para o rio Negro, e, os maiores teores, foram encontrados nos sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas.

No caso do sódio, existe uma tendência a igualdade entre os sedimentos dos lagos do rio Negro com os do rio Branco, e estes, apresentam uma concentração maior que às do rio Negro influenciado pelo rio Branco, notando-se também, uma igualdade para com os sedimentos dos lagos que pertencem ao rio Solimões/Amazonas. Para o potássio, os ecossistemas estudados mostram que não há uma variação nítida, uma vez que apresentam concentrações similares.

Como as várzeas e mesmo os sedimentos dos fundos dos lagos do ecossistema do rio Solimões/Amazonas

são formados por deposição de sedimentos transportados por esse rio, a composição química e mineralógica deriva dos horizontes de intemperismo que ocorrem na bacia do rio Solimões/Amazonas (IRION, 1984b).

Tais evidências, podem, possivelmente, ser aplicadas ao rio Negro, que pela composição química de suas águas (SANTOS et alii, 1984), refletem nos sedimentos do fundo dos lagos, a pobreza em cátions trocáveis. Porém, para os sedimentos dos lagos do rio Negro influenciado pelo rio Branco, dá-se de um modo diferente, onde o rio Negro ao receber as águas e sedimentos que são carreados pelo rio Branco, sofre uma alteração na composição química de suas águas (SANTOS et alii, 1984), como nos sedimentos dos lagos, que são enriquecidos com bases trocáveis provenientes das descargas do rio Branco.

Essas seqüências e as diferentes concentrações observadas nos ecossistemas estudados são coerentes, uma vez que STALLARTD & EDMOND (1983), sugerem que as grandes bacias dos rios que formam a bacia Amazônica, encerram substratos geológicos bastantes distintos e que dessa forma a quantidade e qualidade do material transportado por esses tributários, que são depositados nas várzeas, serão também distintos.

Também as concentrações de cátions básicos trocáveis da fração argila do material em suspensão no rio Solimões/Amazonas, realizada por IRION (1976), mostram essa tendência (Tabela 18) e justificam as concentrações encontradas para os sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas.

TABELA 18. CATIONS BASICOS TROCAVEIS DA FRAÇÃO ARGILA DO MATERIAL EM SUSPENSÃO DO RIO SOLIMÕES/AMAZONAS (IRION, 1976).

LOCAL	ELEMENTOS TROCAVEIS			
	Ca	Mg	K	Na
	meq / 100 g			
Andes	92.0	14.0	18.5	30.0
Sub-Andes	80.0	8.6	10.0	13.0
Alto Solimões	64.0	8.6	10.0	13.0
Médio Solimões	60.0	8.6	10.0	14.0
Baixo Amazonas	45.0	8.6	9.0	13.0

As concentrações dos elementos trocáveis do complexo sortivo dos sedimentos dos lagos dos ecossistemas Amazônicos estão relacionados com as concentrações desses mesmos cátions tanto na forma total como solúvel, que se apresenta tanto nos sedimentos em suspensão, como nos que fazem parte da composição química das águas do rio que dão formação a esses lagos.

A razão entre o cálcio e a soma de base, mostram valores mais elevados para o rio Solimões/ Amazonas, seguindo em ordem decrescente, o rio Branco; rio Negro influenciado pelo rio Branco e o rio Negro. Por outro lado, a razão entre o magnésio e a soma de base, tem seu maior valor para os sedimentos dos lagos do rio Negro influenciado pelo rio Branco, seguindo em ordem decrescente, o rio Negro; rio Solimões e rio Branco (Tabela 19).

Tais condições relacionadas com a razão Ca/Mg seguem, praticamente, a mesma tendência e com valores significantes, uma vez que mostram a contribuição do rio Branco sobre o rio Negro.

THOMPSON & TROEH (1978); MALAVOLTA (1976) e VAN RAIJ (1983), atribuem que o potássio ocorre no solo principalmente em duas formas; como íon monovalente na

solução do solo e ou adsorvido a minerais de argila, fazendo parte da estrutura de minerais como mica e feldspato. Da quantidade total de K que se encontra no solo, 99 % fazem parte da estrutura de alguns minerais e 1 % se encontra na forma trocável. Esta forma, através de equilíbrio dinâmico, passa para a solução do solo e é rapidamente absorvido pelas plantas. Entretanto, se comparado ao cálcio e ao magnésio, o potássio é fracamente adsorvido pela argila, passando assim, facilmente à solução do solo, onde haverá a absorção pelas plantas, ou podem ser lixiviado.

Das bases trocáveis, geralmente o potássio é o terceiro, e está abaixo do cálcio e do magnésio. Segundo THOMPSON & TROEH (1978), o potássio geralmente encontra-se entre 1 a 3 % do total das bases.

Com base em tais explicações, justifica-se que, muito embora não haja uma variação excessiva entre os sedimentos dos lagos perscrutados, observa-se porém, que o rio Branco, contém as maiores concentrações de potássio como também, as maiores razões K/Na.

Tratando-se de lagos cujas características geológicas são diferentes, essas variações são consideradas normais, para os lagos amazônicos, principalmente pelo fato de estarem envolvidos dois sistemas ecológicos

bastantes distintos, sendo um do rio Solimões/Amazonas e o outro, do rio Negro.

Para os lagos perscrutados do rio Solimões existe uma vegetação aquática em grande escala, que domina praticamente todo o lago, devido à fertilidade das águas e dos sedimentos (SANTOS, 1980 e JUNK, 1980). Quanto aos lagos do rio Negro, observa-se uma pobreza nesses tipo de vegetação, como também sais minerais (SANTOS et alii (1984).

Com isso, nos sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas, o potássio é rapidamente absorvido pela plantas, enquanto que nos sedimentos dos lagos do rio Negro fica fracamente adsorvido nas argilas desses sedimentos, principalmente para os lagos que sofrem influência do rio Branco.

Essas razões dos elementos trocáveis, que existem no complexo sortivo dos sedimentos dos lagos (Tabela 19), tem significância, por mostrarem que esses sedimentos, divergem entre si e principalmente entre regiões, ou mesmo dentro de uma mesma região, como é o caso dos lagos do rio Negro, em que os sedimentos dos lagos são diferentes quimicamente, devido à faixa da margem esquerda do rio Negro, sofrer influência do rio Branco, dando melhores condições hidrogeoquímicas.

TABELA 19. RAZOES Ca/Mg; K/Na; Ca/S; Mg/S; Na/S e K/S NO COMPLEXO SORTIVOS DOS SEDIMENTOS DOS LAGOS ESTUDADOS.

LOCAL	COMPLEXO SORTIVO					
	Ca/Mg	K/Na	Ca/S	Mg/S	Na/S	K/S
RIO BRANCO						
1 Curubau	3,00	0,75	0,39	0,13	0,30	0,17
2 Maguari	10,50	1,60	0,60	0,06	0,16	0,25
RIO NEGRO INFLUENCIADO PELO RIO BRANCO						
3 Purupuru	0,70	0,54	0,28	0,40	0,19	0,10
4 Calango	0,68	1,50	0,29	0,42	0,17	0,25
5 Curidiqui	0,23	0,75	0,13	0,58	0,13	0,10
6 Baipendi	0,08	0,55	0,06	0,72	0,12	0,06
7 Tauatu	2,22	0,71	0,51	0,23	0,18	0,13
8 Cauixi	2,67	1,25	0,55	0,20	0,14	0,17
9 Terra Preta	0,17	0,60	0,11	0,64	0,10	0,06
10 Ariau	0,12	0,63	0,09	0,73	0,10	0,06
11 Anavilhanas	0,15	1,00	0,12	0,79	0,09	0,09
RIO NEGRO						
12 Caurés	3,25	1,17	0,54	0,17	0,25	0,29
13 Curiaú	0,34	0,23	0,19	0,56	0,16	0,04
14 Peixe Boi	1,25	0,80	0,43	0,34	0,14	0,11
15 Unini	0,21	1,33	0,13	0,62	0,15	0,21

Continuação da Tabela 19.

RIO SOLIMÕES/AMAZONAS

16 Paciência	1,83	0,43	0,58	0,32	0,07	0,03
17 Jaraqui	1,55	0,80	0,53	0,34	0,08	0,06
18 Manaquiri	2,50	0,58	0,63	0,25	0,08	0,04
19 Muratu	5,04	0,64	0,74	0,15	0,07	0,04
20 Jutai	4,33	0,64	0,74	0,17	0,05	0,03
21 Formiga	2,92	0,50	0,69	0,23	0,05	0,03
22 Castanho	3,43	0,60	0,69	0,20	0,07	0,04
23 Reis	7,75	0,58	0,75	0,10	0,10	0,06
24 Tarumanduba	2,60	0,46	0,57	0,22	0,14	0,07
25 Macaco	2,67	0,57	0,60	0,22	0,12	0,07
26 Arroz	2,37	0,54	0,63	0,26	0,07	0,04
27 Jacaretinga	1,74	0,57	0,53	0,30	0,11	0,06
28 Passarinho	0,78	0,64	0,38	0,48	0,09	0,06
29 Capitari	4,92	0,67	0,66	0,13	0,12	0,08

5.4.2. ELEMENTOS TOTAIS

5.4.2.1. NITROGENIO

VAN RAIJ (1983), sugere que a forma predominante de nitrogênio no solo é a forma orgânica, com cerca de 98 % do total e que os 2 % restantes, estão na

forma inorgânica (NH_4^+ e NO_3^-), sendo que as plantas absorvem exclusivamente as duas formas inorgânicas e que os processos de mineralização e imobilização são responsáveis pela conversão do N-Orgânico para N-Mineral e vice-versa.

Sendo o ciclo do nitrogênio bastante complexo em comparação com os cátions básicos, uma vez que esse elemento apresenta-se na forma gasosa e faz com que cicle através do solo, da biota e da atmosfera. Com isto, o nitrogênio, em alguns ecossistemas, torna-se limitante, fazendo com que seu processamento pela biota seja um tanto mais ativo em relação aos cátions básicos trocáveis. Isto identifica que a relação do nitrogênio com o substrato geológico é muito menos nítida em comparação ao cálcio; magnésio; potássio e sódio (MARTINELLI, 1986).

Os resultados de nitrogênio obtidos para os sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas (Tabela 14), mostram-se compatíveis com os obtidos por MARTINELLI (1986), para os sedimentos do rio Solimões/Amazonas. Por outro lado, VIEIRA (1975), ao estudar os Latossolos-Amarelos de terra-firme, verificou que a concentração de nitrogênio, variava entre 0,2 a 0,9 %, isto para um solo de textura média enquanto que um solo de textura argilosa essa concentração era da ordem de 0,05 a 0,07 %, e se tratando de um solo de textura muito argilosa essa variação de nitrogênio apresentava valores entre 0,06 a 0,31 %.

Se utilizarmos os critérios estabelecidos por GARGANTINI et alii (1970), podemos considerar os sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas, com baixos teores de nitrogênio, uma vez que segundo esse autor, um solo variando entre 0,075 a 0,125 %, são considerados com teores médios e os solos acima de 0,125 %, são considerados ricos em nitrogênio.

Para os sedimentos dos lagos do rio Negro (Tabelas 5 e 11), os resultados obtidos para o nitrogênio, mostram que esses sedimentos são mais ricos que os encontrados nos lagos do rio Solimões/Amazonas. Observa-se também que os lagos pertencentes ao ecossistema do rio Negro (Tabela 5), contém teores de nitrogênio maiores que os verificados nos sedimentos dos lagos do rio Negro que sofrem influência do rio Branco (Tabela 11).

FORSBERG (1984), afirma que o nitrogênio é um elemento essencial e limitante em qualquer ecossistema, principalmente quando esse elemento é processado por uma biota bastante ativa como a Amazônia. Já MARTINELLI (1986), ao perscrutar, os sedimentos do rio Amazonas, afirma que a ligação do nitrogênio com o substrato geológico é bem menos evidente se comparado aos cátions trocáveis.

Em consequência da grande imobilidade e sua ciclagem complexa, torna-se difícil uma comparação do nitrogênio, nos ecossistemas estudados, principalmente, quando se tem situações, onde o sistema ecológico local, encontra-se bastante "alterado", devido as atividades agropecuárias, como ocorrem nos lagos do ecossistema do rio Solimões/Amazonas.

Nos sedimentos dos lagos de várzeas do rio Solimões/Amazonas, evidencia-se a existência de uma ciclagem de nitrogênio através de gramíneas e macrófitas aquáticas, onde o solo pode sofrer uma adição de nitrogênio devido a fixação atmosférica realizada pelas leguminosas que habitam as várzeas, como também os lagos que fazem parte do ecossistema desse rio (LOPES et alii, 1983; SANTOS, 1980; JUNK, 1980; RIBEIRO, 1983 e SMITH-MORRILL, 1987).

As concentrações de nitrogênio são mais elevadas para os sedimentos dos lagos do ecossistema do rio Branco, e na ordem decrescente, aparecem as verificadas nos sedimentos dos lagos do ecossistema do rio Negro, seguindo da rio Negro influenciado pelo rio Branco e as do rio Solimões/Amazonas.

Nos sedimentos dos lagos do rio Negro que

sofrem influência do rio Branco (Tabela 11); verifica-se um comportamento similar ao do rio Solimões/Amazonas, onde a fertilização dessas águas pelas do rio Branco mostram o aparecimento de macrófita aquática em alguns desses lagos e mesmo nas margens do rio Negro (SANTOS et alii, 1984), fazendo com que ocorra uma possível fixação desse nitrogênio, uma vez que essas macrófitas, podem absorver o nitrogênio que se encontra nas águas desses lagos. Um possível aumento nas concentrações dos sedimentos do fundo do lago são atribuídas à fixação biológica (N-atmosferico) tanto pelas gramíneas como pelas macrófitas que na época da seca, se decompõem. Entretanto, estudo nesse sentido, revelaria, uma fração muito importante, do ciclo do Nitrogênio nos ambientes aquáticos da Amazônia Central.

Esses teores de nitrogênio são justificáveis, pelo fato desses sedimentos apresentarem composição granulométrica, onde os sedimentos dos lagos do rio Negro sofrem influência do rio Branco. Contém as maiores percentagens de argila, principalmente de argila coloidal fração menor que 0,001 mm, onde o nitrogênio possivelmente, ficaria agregado. VIEIRA (1975), estabelece, que um solo com alto teor de argila, tende a apresentar maiores percentagens de nitrogênio.

5.4.2.2. FOSFORO

O fósforo, encontrado no solo, se caracteriza pela presença em três formas distintas: dissolvido na solução do solo; na forma lábil e uma outra não lábil (MALAVOLTA, 1976 e VAN RAIJ, 1983). Observaram também, que a concentração de fósforo na solução do solo é baixa, devido à solubilidade de seus compostos serem também, baixa. VAN RAIJ (1983), afirma que essas concentrações de fósforo, raramente atinge 0,1 ppm. Entretanto MALAVOLTA (1976), atribui que os teores de fósforo em solução, podem atingir até 20 ppm e que essa forma de fósforo é derivada do ácido ortofosfórico (H_3PO_4).

Nos sedimentos dos lagos perscrutados, as concentrações mais elevadas de fósforo-total, foram verificadas nos sedimentos dos lagos do rio Negro que sofrem influência do rio Branco, onde em alguns lagos, esse elemento inexiste (Lago do Purupuru; Curidiqui e Baipendi), entretanto, foi no lago do Cauixi e Anavilhanas (0,03 g/100 g), que se constatou a maior concentração. Nos sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas observou-se que todos os lagos apresentaram concentrações de fósforo-total, muito embora, alguns desses lagos, também, mostram teores muito baixo.

A razão N-total/P-total, para os solos minerais segundo McGRILL & CHRISTIE (1983) é de aproximadamente 6. MARTINELLI (1986), estudando os sedimentos do canal do rio Solimões/Amazonas, observou que essa razão é da ordem de 2,06. Para as águas dos lagos de várzeas da Amazônia, FORSBERG et alii (s.d.), sugere a mesma tendência encontrada por MARTINELLI (1986).

Nos sedimentos dos lagos estudados, observa-se, que muitos dos sedimentos, seguem essa tendência sugerida por MARTINELLI (1986) e FORSBERG et alii (s.d.), principalmente para sedimentos dos lagos perscrutados do rio Solimões/Amazonas. Entretanto, nesse ecossistema, existem lagos que ultrapassam em valores, a razão sugerida por McGRILL & CHRISTIE (1983), como é o caso dos lagos dos Reis e Jutai cuja razão N/P é 10,00 e 9,00 (Tabela 14). Essa razão N-total/P-total (Tabelas 5, 11 e 14), também é bem superior para os sedimentos dos lagos do rio Negro que sofrem influência do rio Branco, como observado para os lagos do Calango (16,00); Ariau (15,00); Tauatu (14,00) e Terra Preta (12,00).

Essa razão N/P, pode ser justificada, devido aos sedimentos do rio Negro que estão sobre influência do rio Branco mostrarem um maior conteúdo de argila como também uma fração importante de argila

coloidal, fração menor que 0,001 mm. Com isso, esses sedimentos apresentam uma maior superfície de contacto, facilitando a adsorção do nitrogênio e do fósforo.

Contudo, FORSBERG et alii (s.d), sugerem que a razão N/P é maior nos lagos, se comparados aos teores do rio Solimões/Amazonas, devido a sedimentação. Essas razões mais elevadas são de difíceis explicações, uma vez, que para os sedimentos do rio Negro que sofrem influência do rio Branco, podem identificar que os lagos desse ecossistema, são enriquecidos pela deposição que se verifica nesses lagos. Para os lagos do rio Solimões/Amazonas, estes, estão intimamente relacionados com a hidrogeoquímica desse rio. Porém, deve-se observar, que em muitos desses lagos, ocorrem atividades agropecária, e, este fator, deve ser objeto de estudo futuro, para que se possa chegar a uma melhor avaliação.

5.4.3. FRAÇÃO ORGÂNICA

Para o presente estudo, a fração orgânica, está constituída de nitrogênio, carbono e pigmento total. Com isso, pretende-se fazer uma comparação desses constituintes, nos ecossistemas estudados.

5.4.3.1. MATERIA ORGÂNICA

Nos ecossistemas do rio Negro (Tabelas 5 e 11), apresentam teores de carbono e nitrogênio, em concentrações mais elevadas que as dos sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas (Tabela 14), evidenciando um maior conteúdo de matéria orgânica, uma vez que os sedimentos do rio Solimões/Amazonas, devido ao seu tamanho, precipitam mais rapidamente que os colóides presentes nas águas do rio Negro, aumentando os processos de adsorção, e conseqüentemente, haverá um aumento do conteúdo de C e N, nesse ecossistema.

A entrada de carbono nos ecossistemas fluviais, depende do sistema da drenagem e deposição direta dos ecossistemas terrestres adjacentes e da fixação de carbono autóctone. Nesse processo de entrada, a matéria orgânica particular grossa é lixiviada e degradada a partículas mais finas e à carbono orgânico dissolvido, possivelmente, durante o seu trânsito rio abaixo (DARNELL, 1975). É possível que no ecossistema do rio Negro, devido ao seu maior conteúdo de carbono, ocorra uma contínua degradação desse carbono, onde grande parte do carbono dissolvido que permanece, são compostos refratários, constituídos de ácidos fúlvicos e húmicos.

RICHEY et alii (1980), fizeram uma extrapolação com base em estudos do rio Amazonas, onde estimaram de 4 g de C.m⁻³ na forma de carbono orgânico dissolvido; sendo que 5 % foram encontrados na forma orgânica particulada e 2 % nos sólidos suspensos. Até o momento, pouco se perscrutiu sobre lagos de água preta na região Amazônica, por isso, dados consernentes ao rio Negro, não são disponíveis, entretanto, BECK et alii (1974), mostraram que a carga de carbono de um rio sub tropical de água preta é muito maior que em outros tipos de água, devido a sua afinidade com o substrato que dão formação a esses tipos de água.

Estudos relacionando as perdas de carbono provenientes da floresta Amazônica, devem ser correlacionados com o tamanho de sua bacia hidrográfica, tanto no ecossistema do rio Solimões/Amazonas, como do rio Negro, uma vez que podem mostrar algumas implicações. Primeiro, poderá refletir a natureza refratária dos compostos orgânicos, especialmente o carbono orgânico particulado. Segundo, o carbono orgânico alóctone que possivelmente é oxidado nesses dois tipos de rios, poderão ser balanceado pela produção autóctone de carbono orgânico. Finalmente, o carbono orgânico particulado poderá ser degradado equivalentemente à compostos orgânicos refratários dissolvidos (DARNELL, 1975)..

Segundo SCHLESINGER & MELACK (1981), não existe indicação de uma correlação positiva entre a proporção de carbono orgânico dissolvido e o carbono orgânico particulado. Entretanto, RICHEY et alii (1980), sugere, que o transporte de carbono orgânico particulado em regiões Tropicais, como a Amazônia, deverá ser um fator muito importante.

Os valores mais elevados de carbono que se verificam nos sedimentos dos lagos do rio Negro em comparação com os do rio Solimões/Amazonas, podem ser explicados, como sugerem BECK et alii (1974), ou ainda, devido a uma maior quantidade de detrito de plantas, os quais parecem persistir por muito mais tempo nesse sistema aquático, onde podemos incluir os materiais estruturais de celulose e ligninas, como também detritos de animais como: dente; ossos; escamas; cristalino dos olhos e outros, que são as partes mais duráveis, que por sua vez, podem está inserido no material mole do fundo do lago (DARNELL, 1975).

Pelos resultados obtidos (Tabelas 5; 11; 14 e 20), é facilmente constatável, uma nítida diferença, quanto ao teor de carbono nos ecossistemas da Amazônia, sendo que o rio Negro tem um conteúdo maior que o do rio Branco, este, maior que o do rio Solimões/Amazonas. Se for

observado a subdivisão do ecossistema do rio Negro, teremos: um teor de carbono no ecossistema do rio Negro sobre influência pelo rio Branco, maior que o observado no rio Negro e este, maior que o verificado no rio Branco, ficando a menor concentração de carbono no ecossistema do rio Solimões/Amazonas.

Com isso, a distribuição do conteúdo de carbono nos ecossistemas Amazônicos, apresentam-se variáveis, entretanto, um cuidadoso estudo da exportação de carbono orgânico total proveniente das florestas tropicais, no caso específico, a Amazônia, poderá fornecer indicações quanto aos efeitos do desmatamento na bacia Amazônica.

5.4.3.2.PIGMENTO TOTAL

Uma possível explicação para o aparecimento de Pigmento Total (Clorofila), encontrada nos sedimentos do fundo dos lagos, seria, sua possível produção em sua maior parte nas águas superficiais e em escala menor, provenientes dos restos das células das plantas. Por outro lado, a decomposição de parte dessa clorofila seria provavelmente o resultado de um breve comensalismo, como sugere KOZMINSKI (1938).

Entretanto, com a baixa temperatura e baixo conteúdo de oxigênio que geralmente ocorre nas águas que estão mais profundas, ou seja, no fundo do lago, como observado por SANTOS (1980), essa taxa de decomposição pode ser maior. Na verdade, é possível, que ocorra um equilíbrio parcial entre a chegada do material de clorofila no fundo do lago e a decomposição. Estudos nesses sentidos, devem ser direcionados, para sua possível comprovação.

Nos lagos de água preta, ou seja aqueles pertencentes ao ecossistema do rio Negro (Tabela 5), mostram que todos os lagos apresentam o mesmo teor de clorofila (4,1 ug/g).

Já nos sedimentos dos lagos de água preta, pertencentes ao ecossistema do rio Negro que sofrem influências do rio Branco (Tabela 11), as concentrações de clorofila, variam de 8,20 a 30,0 ug/g.

A presença de clorofila nos sedimentos dos lagos localizados no ecossistema do rio Solimões/ Amazonas, fornece uma correlação positiva com o carbono, indicando que o aumento deste, causará um aumento na concentração da clorofila. Entretanto, essa clorofila, decresce com o aumento da concentração de magnésio nos sedimentos desses lagos, devido esse elemento fazer parte

do núcleo central da clorofila, e, sua degradação, aumentará o teor de magnésio nesses sedimentos.

É possível, que as altas taxas de pigmento total (clorofila), encontradas nos sedimentos dos lagos do ecossistema do rio Solimões/Amazonas (Tabela 14); nos sedimentos dos lagos do rio Negro que sofrem influência do rio Branco (Tabela 11) e nos sedimentos dos lagos do rio Branco (Tabela 8), a luz, seja um fator muito importante na ocorrência dessa clorofila, como também, na sua distribuição. Segundo RIBEIRO (1978), a clorofila existente nas águas dos lagos de várzeas do ecossistema do rio Solimões/Amazonas apresentam teores mais elevados que nas águas do ecossistema do rio Negro. Esta afirmativa, corrobora, com os teores encontrados para os sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas, como para os do rio Negro (Tabelas 5 e 14).

Nos sedimentos dos lagos perscrutado do rio Negro (Tabela 5), sendo lagos de água preta, a penetração da luz é prejudicada enquanto que nos lagos de água branca e clara, a penetração da luz pode chegar a alguns metros (RIBEIRO, 1983 e SMITH-MORRILL, 1987). Entretanto, em alguns lagos de água branca, ou seja, os do ecossistemas do rio Solimões/Amazonas (Tabela 14), são observados lagos, cujos sedimentos apresentam teores baixos

de clorofila, isto possivelmente, devido a alta taxa de material em suspensão, que dificulta a penetração da luz.

Investigações conserntes a taxa de fotossíntese em lagos da Amazônia, tanto os de água preta, branca e clara são necessários para que possamos conhecer a taxa máxima desse processo, entretanto, a luz solar, tem um papel extremamente decisivo. Outro desconhecimento nos lagos desses ecossistemas, é a exata profundidade onde esses processos podem correr, uma vez, que dependendo principalmente da transmissão da luz, que é variável nos diversos tipos de águas que ocorrem na Amazônia (SCHMIDT, 1973; RIBEIRO, 1980 e 1983 e SMITH-MORRILL, 1987).

Entretanto, pelos dados de pigmento total (clorofila) obtidos nos sedimentos dos lagos formados por esses tipos de água, indicam a possibilidade de ocorrer fotossínteses em regiões de baixa densidade de luz, como é o caso dos lagos do rio Negro e em alguns lagos de água branca (RIBEIRO, 1980 e 1983). Porém, os teores mais elevados que se observam nos sedimentos de água branca (TABELA, 14), devem-se principalmente, a uma consequência de melhores condições da penetração da luz na água desses lagos. Quanto aos teores verificados no ecossistema do rio Negro que sofrem influência do rio Branco (Tabela, 11), confirmam essa condição, como também, comprovam, a

fertilização das águas do rio Negro pelas águas do rio Branco.

Para que ocorra a presença de clorofila nos sedimentos do fundo dos lagos, esses lagos deverão apresentar algumas condições limnológicas, como o limite entre o trofogenico e o trofólico das águas e produção material orgânico e inorgânico que são carreados (KOZMINSKI, 1938). Entretanto, a falta desses trabalhos específicos em águas de lagos na região Amazônica, não foi possível uma melhor discussão no presente trabalho. Porém, não poderá deixar de ser realizado em estudos futuros.

A presença de clorofila fisiologicamente inativa, que possivelmente esteja presente nos lagos da Amazônia com temperaturas acima de 26 °C e profundidade entre 10 a 13 metros (SANTOS, 1980), como ocorrem nesta região, tem mais significância na simples determinação da clorofila. Essas determinações não podem dar medidas exatas nem de massa de fitoplâncton ou de intensidade de fotossíntese, quando ocorrer a uma certa profundidade do lago (KOZMINSKI, 1938).

Segundo RIBEIRO (1978), os lagos do ecossistema do rio Solimões/Amazonas são mais produtivos que os lagos do ecossistema do rio Negro. E, que a produção

de nanofitoplancton (fração menor de 50 μ) apresentam uma maior produção que o microfitoplancton (fração maior que 50 μ), nas águas dos lagos do ecossistema do rio Solimões/ Amazonas, enquanto que nas águas do rio Negro, a produção do microfitoplancton é maior que a produção do nanofitoplancton, sendo que essa produção tende diminuir com a profundidade.

6. CONCLUSÃO

Os resultados analíticos dos sedimentos dos lagos de várzeas que constituem os ecossistemas do rio Negro; rio Branco; rio Negro influenciado pelo rio Branco e rio Solimões/Amazonas, permitem estabelecer as seguintes conclusões:

1 - Os sedimentos da margem esquerda do rio Negro são fortemente influenciados pelos sedimentos e águas do rio Branco, sobretudo, na faixa que vai da foz do rio Branco até ao arquipélago das Anavilhanas. Essa faixa apresenta maiores valores de soma de base; de pH; de pigmento total e argila, em relação aos sedimentos do rio Negro, antes da confluência do rio Branco;

2 - O teor de cálcio trocável é menor nos sedimentos do rio Negro (0,5 a 1,5 e.mg/100g), seguindo em ordem crescente para os sedimentos dos lagos do rio Branco (1,9 a 2,1 e.mg/100g), rio Negro influenciado pelo rio Branco (0,5 a 4,8 e.mg/100g) e rio Solimões/Amazonas (5,2 a 15,6 e.mg/100g).

3 - As concentrações de magnésio trocável nos sedimentos dos lagos rio Negro (0,4 a 4,4 e.mg/100g), foram maiores que às observadas no rio Branco (0,2 a 0,3 e.mg/100g). Os sedimentos dos lagos do rio Negro influenciado pelo rio Branco (1,8 a 6,5 e.mg/100g), mostram-se superiores às do rio Negro e às dos sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas, (1,2 a 7,7 e.mg/100g);

4 - O sódio total apresentou concentrações maiores nos sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas (0,49 a 1,73 g/100g). Seguindo em ordem decrescente, nos sedimentos dos lagos do rio Negro influenciado pelo rio Branco (0,33 a 0,55 g/100g), nos lagos do rio Negro (0,26 a 0,45 g/100g) e nos lagos do rio Branco (0,29 a 0,31 g/100g);

5 - As concentrações de potássio total são maiores nos sedimentos dos lagos do rio Solimões/Amazonas (0,80 a 13,75 g/100g). Seguindo em ordem decrescente, nos sedimentos dos lagos do rio Negro influenciado pelo rio Branco (0,97 a 2,95 g/100g), nos lagos do rio Negro (0,26 a 0,87 g/100g) e do rio Branco (0,2 a 1,00 g/100g);

6 - O fósforo encontra-se sempre em baixas concentrações (0,003 g/100g). A presença do

fósforo em um maior número de lagos da bacia do rio Negro sobre influência do rio Branco. Isto deve-se provavelmente pela entrada dos sedimentos caulíníticos provenientes desse rio;

7 - Pela análise mineralógica, constata-se que os sedimentos do rio Negro sofrem modificações com a entrada dos sedimentos do rio Branco, resultando no aparecimento da mica e evidências de minerais 2:1. Por outro lado, os sedimentos dos lagos do rio Solimões/ Amazonas, não sofrem grandes alterações em sua composição mineralógica.

8 - Comparando-se os resultados analíticos obtidos para os sedimentos dos lagos dos dois ecossistemas do rio Negro, comprova-se a fertilização da faixa do rio Negro pela margem esquerda, atribuídos aos sedimentos e águas do rio Branco.

9 - As concentrações de nitrogênio são maiores para os sedimentos do rio Branco (0,14 a 0,21 g/100g) e em ordem decrescente, estão as observadas para o rio Negro (0,12 a 0,16 g/100g), do rio Negro influenciado pelo rio Branco (0,12 a 0,16 g/100g) e rio Solimões/ Amazonas (0,03 a 0,10 g/10g);

10 - Evidencia-se uma nítida diferença

quanto ao conteúdo de carbono nos sedimentos dos lagos amazônicos. Relacionando-se os quatros ecossistemas estudados, as maiores concentrações de carbono, estão nos sedimentos dos lagos do rio Negro influenciado pelo rio Branco (1,44 a 2,93 g/100g), seguindo em ordem decrescente, os sedimentos dos lagos do rio Branco (1,66 a 2,91 g/100g), do rio Negro (1,60 a 2,83 g/100g) e do rio Solimões/ Amazonas (0,70 a 2,46 g/100g);

11 - Os sedimentos dos lagos do rio Negro influenciado pelo rio Branco, apresentam teores de clorofila (8,2 a 30,0 ug/g), maiores que às do rio Negro (4,1 ug/g). As concentrações de clorofila nos sedimentos dos lagos do rio Solimões/ Amazonas (1,4 a 15,0 ug/g), são variáveis, porém em teores menores que às do rio Negro influenciado pelo rio Branco;

12 - A falta de estudos que indca os limites entre o trofogênico e o trofólito nas águas e a produção de matéria orgânica e inorgânica nos lagos da região Amazônica, não nos permite no momento, uma melhor explicação para o aparecimento da clorofila nos sedimentos do fundo dos lagos das regiões analisadas, porém, não poderá deixar de ser realizada em estudos futuros.

7. BIBLIOGRAFIA

BECK, K.L.; REUTER, J.H.; PERDUE, E.M. Organic and inorganic geochemistry of some coastal plain rivers of the southe astern United States. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38:341-364, 1974.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Levantamento de recursos naturais. Brasília, MME/DNPM, 1978, 623p. (Projeto radambrasil, 18).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Geografia do Brasil. Brasília, MME/DNPN, 1984, 501p.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Métodos e instruções de ensaios II. Análise granulométrica de solos. In:----- . Materiais para obras rodoviárias. Brasília, 1964. p.1 - 7. (DNER-ME, 51-64).

BRINGEL, S.R.B.; SANTOS, U. de M.; RIBEIRO, M.N.G.; BERGAMIN FILHO, H. Bacia do rio Parauari-Maues Açu. I. Aspectos químicos devidos às alterações hidrológicas da bacia. *Acta Amazonica*, Manaus, 14(1-

2):77 - 85, 1984.

BRINKMANN, W.L.F. & SANTOS, A. dos. Natural waters in Amazonia VI. Soluble calcium properties. *Acta Amazonia*, 3(3): 33 - 40, 1973.

CAPUTO, M.V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D.N.N. Litoestratigrafia da bacia do rio Amazonas. Belém, PETROBRAS/RENOR, 1971. (Relatório técnico interno, 641-A).

CARVALHO, C.M.D. de. O Rio Amazonas e sua bacia. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, 4(2):333-50, 1942.

DARNELL, R.M. Organic detritus in relation to the estuarine ecosystem. *American Association Advances Science. Estuaries*, 83:376-82, 1975.

DAVIS, P. The Amazon's rate of flow. *Natural History*, New York, 73:14-9, 1980.

DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. Análise química do solo; Metodologia. Viçosa, UFV, 1981. 17p. (Boletim de extensão).

ELSTER, H.J. Das limnologische seetypensystem, rückblick und ausblick. *Verhandllingen des Internationalen Vereins für Limnologie*, Stuttgart, 13:101-20, 1958.

- FERREIRA, A.B.H. Novo dicionário da língua portuguesa. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1975. 1516p.
- FITTKAU, E.J.; IRMLER, U.; JUNK, W.J.; REIS, F.; SCHMIDT, G.M. Productivity, Biomass and populations dynamics in Amazonian water bodies. In: GOLLEY, F.B. & MEDINE, E. eds. Tropical ecological systems trends in terrestrial and aquatic research. Berlin, Springer - Verlag, 1975. p. 289 - 312
- FURCH, K. Water Chemistry of the Amazon basin: The distribution of chemical elements among freshwater. In: Sioli, H., ed. The Amazon limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin. Dordrecht, W. Junk, 1984. p. 167 - 200.
- FORSBERG, B.R. Nutrients Processing in Amazon flood plain lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol. Stuttgart, 22:1294-1298, 1984.
- FORSBERG, B.R.; DEVOL, A.; MARTINELLI, L.A.; SANTOS, U.M. Factors controlling nutrient concentratins in Amazon floodplaine lakes (No prelo).
- GIBBS, J.R. The Geochemistry of the Amazon Basin. San Diego, 1965. 95 p. (PhD University of California).

GARCANTINI, H.; COELHO, F.A.S.; VERLENCIA, F.; SOARES, E.
Levantamento de fertilidade dos solos do Estado de São
Paulo. São, Secretaria de Agricultura, 1970.

GATES, R.R. A botanist in the Amazon valley; an account of
the flora and fauna in the land of floods.
London, Witherby. 1927. 203p.

GESSNER, F. Untersuchungen über phosphathaushalt des
Amazonas. Int. Rev. Ges. Hydrobiol., 45:339-45, 1960.

GOLTERMAN, H.L. Methods for chemical analysis of
freshwater. London, Blackwell, 1970. v.8, 166 p.
(International biological program).

GUIMARÃES, G. de A.; BASTOS, J.B.; LOPES, E. de C.
Métodos de análises física, química e instrumental de
solos. Belém, PEAN, 1970, 108 p. (Série: Química de
solos).

GUNTHER, K. A naturalist in Brazil. Boston, Mifflin, 1931,
339 p.

HUTCHINSON, G.E. & LOFFER, H. The thermal classification
of lakes. Proc. Not. Acad. Science Washington,
Washington 42:84 - 6, 1956.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. *Geografia do Brasil : a grande região Norte*. Rio de Janeiro, 1957. 422 p.

IPEAAOC. Solos do Distrito Agropecuário da SUFRAMA. *Série Solos*, Manaus, 1(1):13 - 99, 1971.

IRION, G. Mineralogisch-geochemische untersuchungen an der polifischen fraktion amazonischer oberdüden und sedimente. *Biographic*, Washington, 7:7 - 25, 1976.

IRION, G. Mineralogical and geochemical contribution to climatic history in cental Amazonia during quaternary time. *Tropical Ecology*, 1(2):76 - 85, 1982.

IRION, G.; ADIS, J.; JUNK, W.J.; WUNDERLICH, F. Sedimentological etudies of "Ilha de Manchantaria" in the Solimões/Amazonas river near Manaus. *Amazoniana*, Kiel, 8(1):1 - 18, 1983.

IRION, G. Sedimentation and sediments of Amazonia river and evolution of the Amazonian landscape since pliocene times. In: Sioli, H. ed. *The Amazon; Limnology and landscape ecology of a mighty tropical and its bacin*. Dordrecht, W. Junk, 1984. 763 p. (Monographias biological)

- IRION, G. Soil infertility in the Amazon rain forest. *Naturwissenschaften*, Berlin, 65:515 - 19, 1978.
- IRION, G. Clay minerals of Amazonian soils. In: Sioli, H. ed. *The Amazon limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin*. Dordrecht, W. Junk, 1984b, p.537 - 77.
- JACKSON, M.L. *Soil Chemical Analysis*. New Jersey, Prentice-Hall, 498p.
- JUNK, W.J. Invertigation on the ecology and production biology of the "floating meadows" (*Paspalo-eichinocholoentum*) on the midle Amazon I. The floating vegetation and its ecology. *Amazoniana*, Kiel, 2(4):449 - 495, 1970a
- JUNK, W. Investigations of the ecology and production biology of the "floating meadows" (*Paspalo-eichinoachoetum*) on the midde Amazon. Part II. The aquatic fauna in the Rood zone of floating vegetations. *Amazoniana*, Kiel, 4:9 - 102, 1970b.
- JUNK, W.J. Áreas imundáveis; Um desafio para a limnologia. *Acta Amazonica*, Manaus, 10(4):775 - 815, 1980.
- JUNK, W.J. & FURCK, K. Química da água, macrófita aquática de rios e igarapés da bacia Amazonica e

nas áreas adjacentes. *Acta Amazonica*, Manaus, 10(2):611 - 635, 1980.

JUNK, W.J. Ecology of the várzea floodplains of Amazon white-water river. In: Sioli, H. ed., *The Amazon limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht, W. Junk, 1984, p. 271 - 293.

KATSER, P.E. Geologie des centeren Amazonasgebietes; des Staates Pará in Brasilien. Leipzig, Mx. Weg, 1903, 298p.

KLAMMER, G. The relief of the extra Andian Amazon basin. In: Sioli, H. ed. *The Amazon limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht, W. Jung, 1984, p. 49 - 83.

KLINGE, H. Podzol soils: a source of blackwater river in Amazonian. In: *SIMPOSIO SOBRE A BIOTA AMAZONICA*, 3., Rio de Janeiro, 1967, Atas. CNPq, 1967, p. 117 - 126

KLINGE, H.; FURCK, K.; REVILLA, J. Foliar nutrient levels of native tree species from central Amazonia. I. Inundation forest. *Amazoniana*, Kiel, 9(1): 19 - 45, 1983.

- KUHLMANN, E. Vegetação. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Geografia do Brasil; a grande região Norte, Rio de Janeiro, 1957, p.59-90
- LANDIN, P.M.B.; BOSIO, N.J.; MEYER JUNIOR, E.A.; CASTRO, P.R.M. Heavy minerals from Amazon river bed: *Environmental Science*, 59(4):227, 1978.
- LE COINTE, P. Le bas amazone. *Annales de Geographie*, Paris, 12:54 - 6, 1903.
- LEINZ, V. & AMARAL, S.E. do A. Geologia Geral. 7. ed. São Paulo, Nacional, 1978, 397p.
- LEENHER, J.A. & SANTOS, U. de M. Considerações sobre os processos de sedimentação na água preta ácida do rio Negro (Amazonia Central). *Acta Amazonica*, Manaus, 10(2):343 - 55, 1980.
- LOPES, U.B.; SANTOS, U. de M.; RIBEIRO, M.N.G. Limnologia química do lago do Arroz (Ilha do Careiro), suas flutuações em função do meio hídrico do rio Amazonas. *Acta Amazonica*, Manaus, 13(2):227 - 53, 1983.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. São Paulo, Agronômica, 1976, 453 p.
- MARLIER, G. Ecological studies on some lakes of the Amazon valley. *Amazoniana*, Kiel, 1(2):91 - 115, 1967.

- MARTINELLI, L.A. Composição química e isotópica (¹³C) de sedimentos de várzeas e suas interações com alguns rios da bacia Amazônica. Piracicaba, 1986, 214 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP).
- McGRILL, W.B. & CHRISTIE, E.K. Biogeochemical aspects nutrients cycle interactions in soils and organisms. In: BOLIN, B. & COOK, R.B., eds., The major biogeochemical cycle and their interactions. Chichester, John Wiley, 1983, p. 271 - 96.
- MEADE, R.H.; NORDIN JUNIOR, C.F.; CURTIS, W.F. Sediment in rio Amazonas and some of principal tributaries during the high-water seasons of 1976 and 1977. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA, 3., 1979. Doc. final. São Paulo, ABHRH, 1979. v.2, p. 472 - 85.
- MEADE, R.H.; DUNNE, T.; RICHEY, J.E.; SANTOS, U.M.; SALATI, E. Storage and remobilization of suspended sediment in the lower Amazon river of Brazil. Science, Washington, 228:488 - 90, 1986.
- MELO, F.A.F. de; ARZOLLA, S.; KIEHL, J.C. Métodos de análise da terra e alguns ensaios de laboratório. Piracicaba, ESALQ/Dep. Solos e geologia, s.d. 28pp.
- MOURA, P. Geografia do baixo Amazonas. Rio de Janeiro,

M.A., 1951, (Boletim do Serv. Geografico e Mineralogico, 19).

NORDIN JUNIOR, C.F. ; MEADE, R.H.; CURTIS, W.F.; BOSIO, N.J.; LANDIN, P.M.B. Distribuição do sedimento do leito do rio Amazonas; nenhuma mudança apreciável rio abaixo. *Acta Amazonica*, Manaus, 11(4):769 -72, 1981.

OLIVEIRA, A.S. & LEONARDO, O.H. *Geologia do Brasil*, Rio de Janeiro, M.A., 1943, 425 p.

OLTMAN, R.E.; STENBERG, R.E.; AMES, F.C.; DAVIS, L.C. Amazon River Investigation, Reconnaissance Measurements of july 1963. *Geological Survey, Circular*, Washington, 486(3):1-15, 1964.

OLTMANN, R.E. Reconnaissance investigations of the discharge and water quality of the Amazon. In: *IMPOSIO SOBRE A BIOTA AMAZONICA*, 3., Rio de Janeiro, 1967. *Atas* Rio de Janeiro, CNPq, 1967. p.163 - 86.

PIRES, J.M. Noções sobre ecologia e fitogeografia da Amazonia. *Norte Agrônomo*, Belém, 3(3):37 - 54, 1957.

PIRES, J.M. Tipos de Vegetações que ocorrem na Amazonia (cerograph.). In: *SIMPOSIO SOBRE A BIOTA AMAZONICA*, 2. Bélem, 1966. *Atas*, Rio de Janeiro, CNPq, 1966, 17p.

- PIRES, J.M. Tipos de vegetação da Amazônia. Bol. do Museu Emilio Goeldi, Belém, 20:179 - 202, 1973.
- PUTZER, H. The geological evolution of the Amazon basin and its mineral resources. In: Sioli, H., ed. The Amazon limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin. Dordrecht, W. Junk, 1984. p. 15 - 45.
- RAI, H. & HILL, G. Classification of central Amazon lakes on the basis of their microbiological and physico-chemical characteristics. Hydrobiology, Sophia, 72:85 - 98, 1980.
- RAI, H. & HILL, G. Primary production in the aquatic ecosystem. In: SIOLI, H., ed., The Amazon limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin. Dordrecht, W. Junk, 1984. p. 311 - 36
- RANZANI, G. Recursos pedológicos da Amazônia. Acta Amazonica, Manaus, 9:(suplemento):23 -5, 1979.
- REGO, L.F. de M. Notas sobre a geografia do território do Acre e da bacia do Javari, Manaus, 1930. 44p.
- RIBEIRO, J.S.B. Fatores ecológicos, produção primária e fitoplâncton em cinco lagos da Amazonia central.

estudos preliminar. São Carlos, 1978. 143 p. (Mestrado-Univ. Federal de São Carlos).

RIBEIRO, J.S.B. Estudo sazonal de fatores ambientais, nutrientes e biomassa de fitoplâncton no lago Jacaretinga (Amazônia Central). São Carlos, 1983. 99 p. (Doutorado-Univ. Federal de São Carlos).

RICHEY, J.E.; BROCK, J.T.; NAIMAN, R.J.; WISSMAR, R.C.; STALLAND, R.F. Organic carbon: oxidation and transport in the Amazon river. *Science*, Washington, 207:1348 - 51, 1980.

RICHEY, J.E.; MAEDE, R.H.; SALATI, E.; DEVOL, A.H.; NORDIN, C.F.; SANTOS, U.M. Water discharge and suspended sediment concentration in the Amazon river 1982 - 1984. *Water Resource Research*. (No prelo).

RIZZINI, G.T. Delimitações, caracterização e relações da flora hileiana. In: SIMPOSIO SOBRE A BIOTA AMAZONICA, 3., Rio de Janeiro, 1967. *Atas*. Rio de Janeiro, CNPq, 1967. v.4, p. 13 -36.

RUTTNER, F. *Fundamentals of limnology*. Toronto, University of Toronto Press 1952. 242 p.

SAKAMOTO, T. *Trabalhos sedimentológicos geomorfológicos*

• pedogenéticos referentes à Amazônia. Belém, SPVEA, 1957. 120 p.

SANCHEZ, P.A.; BANDY, D.E.; VILLACHICA, J.H.; NICHOLAIDES, J.J. Amazon basin soils; management for continuous crop productions. *Science*, Washington, 216:821 - 827, 1982.

SANTOS, A. dos.; RIBEIRO, M.N.G.; RIBEIRO, J.S.B.; BRINGEL, S.R.B. Hidroquímica da Amazonia Central. III. Química da água da lavagem da floresta no ecossistema Campina Amazônica (stemflow). *Acta Amazonica*, Manaus, 11(2):335 - 346, 1981.

SANTOS, J.O.S. Considerações sobre a bacia cenozóica Solimões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. *Anais*. São Paulo, SBG, 1974. v. 3, p. 3-11

SANTOS, U de M. Aspectos limnológicos do lago grande do Jutai (Amazônia Central), face as alterações químicas do meio hídrico da região. *Acta Amazonica*, Manaus, 10(4): 797 - 822, 1980.

SANTOS U de M.; BRINGEL, S.R.B.; BERGAMIN FILHO, H.; RIBEIRO, M.N.G.; BANANEIRA, M. Rios da Bacia Amazonica I. Afluentes do rio Negro. *Acta Amazonica*, Manaus, 14(1-2): 222 -37, 1984.

SANTOS U de M.; BRINGEL, S.R.B.; RIBEIRO, M.N.G.; SILVA, M.N.O. da. Rios da Bacia Amazonica II. Os afluentes do rio Branco. *Acta Amazonica*, Manaus, 15(1-2): 147 - 56, 1985.

SCHLESINGER, W.H. & MELACK, J.M. Transport of organic carbon in the world's river. *Tellus*, 33:172 - 87, 1981.

SCHMIDT, G.W. Amounts of suspended solids and dissolved substances in the middle reaches of the Amazon over the course of one year (agust 1969 - july 1970). *Amazoniana*, Kiel, 3(2): 208 - 23, 1972a.

SCHMIDT, G.W. Chemical properties of some water in the tropical rain forest region of Central Amazonia along the Road Manaus - Caracarai. *Amazoniana*, Kiel, 3:199 - 207, 1972b.

SCHIMDT, G.W. Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonian water I. The limnology of a tropical floodplain lakes in Central Amazonia (lago do Castanho). *Amazoniana*, Kiel, 4(2):139 - 203, 1973a.

SCMIDT, G.W. Primary productions of phytoplankton in the three types of Amazonia waters. II. Primary productivity of phytoplankton in a tropical floodplains lake of a central Amazonia, lago do Castanho, Amazonas,

Brasil. Amazoniana, Kiel, 4(2): 379 - 404, 1973b.

SCHWOERBEL, J. Einfuhrung in die limnologie. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1971. 170p.

SCHUBART, U.O.R. Ecologia e utilização das florestas. In: Salati, E.; Schubart, H.O.R.; Junk, W.J.; Oliveira, A., eds. Amazonia desenvolvimento, integração e ecologia, São Paulo, Brasiliense, 1983 p. 101 -43.

SIOLI, H. Das wasser in Amazonasgebiet. Fortschr, 26:274 - 80, 1950.

SIOLI, H. Estudo preliminar das relações entre a geologia e a limnologia da zona Bragantina. Boletim Técnico Instituto Agronômico do Norte, Belém, 24:67 - 76, 1951.

SIOLI, H. O rio Arapiuns; estudo limnológicos de um corpo de água do terciário, plioceno das barreiras do Baixo Amazonas. Boletim Técnico Instituto Agronômico do Norte, Belém, 32:1 - 116, 1956a.

SIOLI, H. As águas do alto rio Negro. Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Norte. Belém, 32:117 -55, 1956b.

SIOLI, H. & KLINGE, H. Solos, tipos de vegetação e água na Amazônia. Boletim do Museu Emilio Goeldi, Belém, 1:27 - 41, 1962.

SIOLI, H. A Limnologia e a sua importância em pesquisas da Amazonia. *Amazoniana*, Kiel, 1(1):11 - 35, 1965.

SIOLI, H. The cururu region in brasilian Amazonia, a transition zone between hylea and cerrado. *Journal Botanical Society*, 46(4): 453 - 62, 1967.

SIOLI, H. Zur ökologie des amazons-gebiets. In: *Biogeography ecology in South America*. 1968a. v.2, pt. 1, p. 137 -70.

SIOLI, H. Hydrochemistry and geology in the brasilian region. *Amazoniana*, Kiel, 1(3):267 - 77, 1968b.

SIOL, H. Tropical river; the Amazon. In: WHITTON, B.A., ed. *River ecology*. Berkeley, U.C. Press, 1975a. p. 461 - 87.

SIOLI, H. Tropical river as expressions of their terrestrial environments. In: GOLLY, F.B. & MEDINA, E., eds. *Tropical ecological systems trends in terrestrial and aquatic research*. Berlin, Springer - Verlag, 1975b. p. 289 - 312

SIOLI, H. The Amazon and its main affluents. Hydrography, morphology of the river courses and river types. In: SIOLI, H. ed. *The Amazon limnology and landscape ecology*

of a might tropical river and its basin. Dordrecht, W. Junk, 1984. p.127 - 65.

SMITH-NORRILL, L. The exchance of carbon, nitrogen, and phosphorus between the sediments and water - column of an Amazon floodplain lake. Maryland, 1987. 208 p. (PhD -Univ. of Maryland).

SOARES, L de C. A região Norte do Brasil I. Boletim Geográfico, Rio de Janeiro, 5(58):1114 - 54, 1948a.

SOARES, L. de C. A região Norte do Brasil II. Boletim Geográfico, Rio de Janeiro, 6(60):1474 - 84, 1948b.

SOARES, L. de C. A vegetação, região Norte do Brasil. Boletim Geográfico, Rio de Janeiro, 6(60):1476 - 84, 1948c.

SOARES, L. de C. A origem da planície Amazônica. Boletim Geográfico, Rio de Janeiro, 10(105):998 - 1000, 1951.

SOARES, L. de C. Excursion guide book of the eighteenth international geographical congres, Rio de Jameiro, s. ed., 1956. 216p.

SOARES, L. de C. Hidrografia. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Geografia do Brasil: a grande região Norte. Rio de Janeiro, 1959. cap. 5; p.128 - 94.

SOMBROECK, W.G. Amazon soil. Reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Wageningen, Center for Agricult., 1966. 292 p.

SOMBROECK, W.G. Soils of the Amazon region. In: SIOLI, H., ed. The Amazon limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Dordrecht, W. Junk, 1984 p. 523 - 35.

SPRUCE, R. Notes of a botanist on the Amazon and Andes the years 1849 - 1864. London, Macmillan, 1908. 2 v.

STALLARD, R.F. & EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon 2. The influence of geology and Weathering Environment of the dissolved load. Journal Of Geophysical Research, Washington, 88:9671 - 88, 1983.

THOMPSON, L.M. & TROEH, F.H. Soils and soil fertility. 4a. ed. New York, McGraw-Hill, 1978. 495p.

ULE, E.H.S. Die pflanzenformationen des Amazonas-gebiets. Bot. Jahrb. Engler. 40:114 - 72, 1907.

VAN RAIJ, B. Avaliação da fertilidade do solo. 2a ed. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fósforo, 1983. 142p.

VELOSO, H.P. Os grandes climas do Brasil. II.

Considerações gerais sobre a vegetação da região Amazônica. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 60(3): 393 - 403, 1962.

VELOSO, H.P. Considerações gerais sobre a vegetação da região Amazônica. Boletim Geografico, Rio de Janeiro, 192:311- 18, 1966.

VIEIRA, L.S. Manual de ciência do solo. São Paulo. Agronoceros, 1975. 453p.