



Universidade Federal do Pará
Centro de Geociências
Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**“SEDIMENTAÇÃO RECENTE E CONDIÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DAS
ÁGUAS DO LAGO NOVO - CABO NORTE-AP”**

TESE APRESENTADA POR

WAGNER PINHEIRO COSTA

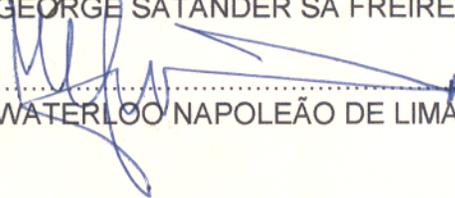
Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em
Ciências na Área de GEOLOGIA.

Data de Aprovação : 06.06.1997

Comitê de Tese:


.....
MAÂMAR EL-ROBRINI (Orientador)


.....
GEORGE SATANDER SÁ FREIRE


.....
WATERLOO NAPOLEÃO DE LIMA

BELÉM

"Nesta vida nós temos um só corpo, um só coração e uma só alma, nas alegrias e nas dificuldades"

Dedico este trabalho a velha Rosa, minha amada Luciana e meus filhos Vitor Hugo e João Haziél.

A G R A D E C I M E N T O S

Seria extremamente utópico pensar que por mais simples que seja um trabalho de pesquisa, o mesmo represente o produto de uma só pessoa, portanto, aqui presto meus sinceros agradecimentos a todos que ajudaram nesta dissertação.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESP/UFGA) e ao Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (CPGG) pelo custeio de grande parte dos trabalhos de campo.

Ao Instituto de Estudos e Pesquisas do Amapá (IEPA) pelo apoio nos trabalhos de campo, em especial ao Dr. Antônio Carlos Farias, Dr. Benedito Rabelo e Dra. Ana Célia, pela acolhida.

À Coordenadoria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Pará (CEMA) pela concessão de equipamentos e mão de obra qualificada para as etapas de campo, com destaque ao amigo Luís Soares, especialista nos trabalhos em ambientes costeiros; à Química Silvana e ao Geólogo Sóter, pela colaboração nos trabalhos de campo.

Ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA/AP) pelo apoio logístico em Tartarugalzinho, na pessoa do Dr. Leozildo Benjamin.

Aos Departamentos de Geologia e Geoquímica, do Centro de Geociências (CG/UFGA) pela utilização de seus laboratórios.

Ao Programa de Pesquisa e Ensino em Ciências do Mar (PROMAR) pela utilização de seus equipamentos e estrutura física.

Ao Prof. Dr. Maâmar El-Robrini, pela valiosa orientação ao longo deste trabalho.

Aos Profs. Drs. Waterloo Napoleão de Lima e George Satander Sá Freire pela participação na Banca Examinadora desta dissertação, com valiosas contribuições prestadas.

Aos geólogos Marcelo H. Borges Leão, Ana Valéria G. dos Reis e Cléa Araújo, aos Mscs. Amilcar Carvalho Mendes, Francisco Berredo e a doutoranda Odete Fátima M. da Silveira pelas discussões científicas, amizade e apoio durante os altos e baixos deste trabalho.

A Msc. Valdenira Ferreira dos Santos pela valiosa amizade e ajuda, sem a qual este trabalho não seria finalizado em tempo hábil.

Aos amigos promarianos (Mário, Paulo, Pedro, Márcio, Lúcia, Jorge Augusto, Admilson, Helenice e todos os bolsistas de IC), bem como aqueles já citados anteriormente, pela dedicação, união, amizade e trabalho.

Aos funcionários do Centro de Geociências que contribuíram no andamento do trabalho, em especial aos Srs. Esteves, Afonso, Walmeire e Lopes e às secretárias do CPGG Gladys e Nilza.

Ao pescador Dionísio (Gavião) pela sua sabedoria e conhecimento da área estudada.

A minha Velha Rosa (mãe) pelos sábios conselhos e ensinamentos.

A minha amada Luciana e aos meus filhos Vitor Hugo e João Haziél, motivo de minha perseverança e razão.

A Deus e a Virgem de Nazaré, amigos inseparáveis em todas as horas.

S U M Á R I O

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vi
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1 - INTRODUÇÃO	5
1.1 - APRESENTAÇÃO	5
1.2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO A ÁREA ESTUDADA	6
1.3 - ESTUDOS ANTERIORES NA REGIÃO	8
2 - ATIVIDADES E METODOLOGIA	10
2.1 - ETAPA PRÉ-CAMPO	10
2.2 - ETAPA DE CAMPO	10
2.3 - ETAPA PÓS-CAMPO	15
2.3.1 - Análise Textural dos Sedimentos de Fundo	15
2.3.2 - Tratamento da fração argilosa para difração de raios-x	16
2.3.3 - Confecção de lâminas para difração de raios-x	16
2.3.4 - Análise Qualitativa dos argilo-minerais	17
2.3.5 - Análise semi-quantitativa dos argilo-minerais	18
2.3.6 - Quantificação dos sedimentos em suspensão	18
2.3.7 - Parâmetros físico-químicos	19
3 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS REGIONAIS	20
3.1 - CLIMA	20
3.2 - VEGETAÇÃO	21
3.3 - RELEVO	22
3.3.1 - Colinas do Amapá	22
3.3.2 - Planície Flúvio-Marinha Macapá-Oiapoque	23
3.4 - SOLOS	23
3.5 - GEOLOGIA	24
3.5.1 - Terrenos antigos	24
3.5.2 - Terrenos terciários	25
3.5.1 - Terrenos recentes	27
4 - GEOMORFOLOGIA/GEOLOGIA LOCAL	28
4.1 - GEOMORFOLOGIA	28
4.1.1 - Relevo Colinoso	28
4.1.2 - Planície de Inundação	30
4.2 - GEOLOGIA LOCAL	31
5 - MORFOLOGIA DE FUNDO	34
6 - ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS DO LAGO NOVO	38
6.1 - TEMPERATURA	38
6.2 - pH	39
6.3 - CONDUTIVIDADE ELÉTRICA - CE	40

6.4 - SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS - STD	43
6.5 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DO LAGO NOVO	44
6.6 - DISCUSSÃO	45
7 - QUANTIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO	49
8 - ANÁLISE TEXTURAL DOS SEDIMENTOS DE FUNDO	50
8.1 - CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO	50
8.1.1 - Sedimentos Clásticos	50
8.1.2 - Sedimentos Orgânicos	50
8.2 - DISTRIBUIÇÃO FACIOLÓGICA DOS SEDIMENTOS	51
8.3 - ANÁLISE QUALITATIVA DAS ARGILAS	54
8.4 - ANÁLISE SEMI-QUANTITATIVA	58
8.5 - DISCUSSÃO	60
9 - INTEGRAÇÃO DOS DADOS	62
10 - CONCLUSÕES.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da área e acesso	7
Figura 2.1 - Mapa de amostragem no período de estiagem.....	11
Figura 2.2 - Mapa de amostragem no período chuvoso.....	12
Figura 2.3 - Amostragem de sedimentos com draga.....	14
Figura 2.4 - Amostragem de água com uma garrafa.....	14
Figura 3.1 - Precipitação média anual do Estado do Amapá....	20
Figura 3.2 - Temperatura média anual do Estado do Amapá.....	21
Figura 3.3 - Arcabouço geológico do Estado do Amapá.....	25
Figura 3.4 - Compartimentação geológica do Estado do Amapá..	26
Figura 4.1 - Vista panorâmica das margens do Lago Novo.....	28
Figura 4.2 - Vista panorâmica do relevo colinoso	29
Figura 4.3 - Planície de inundação nas margens do Lago Novo.	30
Figura 4.4 - Unidades geológicas na região do Lago Novo.....	32
Figura 4.5 - Afloramento-testemunho da Formação Barreiras...	33
Figura 5.1 - Mapa batimétrico do Lago Novo.....	35
Figura 5.2 - Perfis esquemáticos da morfologia do Lago Novo.	36
Figura 6.1 - Distribuição do pH nas águas no período seco...	41
Figura 6.2 - Distribuição do pH nas águas no período chuvoso	42
Figura 6.3 - Distribuição da CE no período de estiagem	47
Figura 6.4 - Distribuição da CE no período chuvoso	48
Figura 8.1 - Diagrama da distribuição textural	51
Figura 8.2 - Distribuição faciológica dos sedimentos.....	53
Figura 8.3 -Difratogramas dos grupos de argilo-minerais	55
Figura 8.4 - Amostras analisadas para argilo-minerais	57
Figura 8.5 - Zoneamento das paragênese de argilo-minerais...	59

TABELAS

Tabela 6.1 - Comparação dos valores de temperatura	39
Tabela 6.2 - Comparação dos valores de pH.....	43
Tabela 6.3 - Comparação dos valores de CE	44

Tabela 6.4 - Classificação das águas dos lagos amazônicos...	45
Tabela 6.5 - Parâmetros físico-químicos medidos no lago.....	45
Tabela 7.1 - Quantificação dos sedimentos em suspensão.....	49
Tabela 8.1 - Grupos de argilo-minerais das amostras	56
Tabela 8.2 - Percentual dos grupos de argilo-minerais.....	58
Tabela 8.3 - Percentuais de argilo-minerais	61

R E S U M O

O estudo do Lago Novo, considerado o maior e de grande potencial econômico para o Estado do Amapá, surgiu da necessidade de informações científicas sobre a região, principalmente no sistema lacustrino. Com essa finalidade foi realizado esta pesquisa de cunho sedimentológico e geoquímico.

Este lago está situado na porção mais interna da Planície Costeira do Estado do Amapá, na região do Cabo Norte. Encontra-se instalado em sedimentos do Grupo Barreiras e sedimentos recentes, distando 20 Km de rochas cristalinas do Escudo Guianense e possuindo uma área aproximada de 104 Km².

As águas desse lago apresentam uma variação sazonal bastante significativa tanto na temperatura (29,9 °C, no período chuvoso e 34,1 °C, no período de estiagem) quanto no pH (5,65, no período chuvoso e 7,95, no período de estiagem). Os baixos valores de condutividade elétrica, inferiores a 40 µS/cm, descartam uma possível influência do estuário do Rio Araguari, enquanto que as análises de sólidos totais dissolvidos (STD) e sedimentos em suspensão indicam pequena quantidade de íons e sedimentos em suspensão nas águas do lago.

Os sedimentos de fundo do lago apresentam-se distribuídos em 5 classes granulométricas: areia, areia-siltosa, silte-arenoso, silte e silte-argiloso. O estudo da distribuição faciológica desses sedimentos mostrou que os sedimentos do fácies areno-siltoso e silte-arenoso ocupam cerca de 47% da área do lago; os do fácies siltoso, 44%; os do fácies arenoso, 6% e os do fácies silte-argiloso, 3% da área do lago.

As análises qualitativas definiram a ocorrência de 4 grupos de argilo-minerais: caulinita, esmectita, illita e clorita.

As análises semi-quantitativas permitiram estabelecer os valores médios relativos à abundância dos argilo-minerais nos

sedimentos do lago: caulinita/clorita com 72,6%; esmectita 14% e ilita 13,4%.

De acordo com a razão entre os argilo-minerais encontrados ocorrem 4 zonas com paragêneses distintas: I) razão caulinita/esmectita de 1,3/1 e caulinita/ilita de 5/1; II) razão caulinita/esmectita de 10/1 e caulinita/ilita de 5/1; III) razão caulinita/esmectita de 3,3/1 e caulinita/ilita de 6/1; IV) razão caulinita/esmectita de 26,4/1 e caulinita/ilita de 8,2/1.

Os resultados desta pesquisa indicam que os elementos que compõem o sistema do Lago Novo são produtos da ação de agentes intempéricos atuando sobre rochas e sedimentos adjacentes, sob influência direta da rede de drenagem, geomorfologia e mudanças climáticas sazonais.

ABSTRACT

The Novo Lake is considered the biggest and most important lake of amapá coast plain and it has a enormous economic potential from Amapá State. So that, it is necessary to get scientific data about lacustrine system of lake region. Based on this context, it was realized this sedimentological and geochemical work.

The lake is 20 km from embasament rocks (Guianense Shield). It's located on inner amapá coast plain, exactly on North Cape region, and over Barreiras Group and holocenic sediments, occupying a superficial area of 104 km².

The water lake shows a significative sazonal change on temperature (29,9⁰C wet season and 34,1⁰C dry season) and pH (5,65 wet season and 7,95 dry season). The values of eletric condutivity (< 40μS/cm) show that the influence of Araguari Estuary is not significative. On the other side, analysis of total dissolved solid (TDS) and suspended sediments in the water.

Botton sediments are distributed in five (05) granulometric classes: sand, silty sand, sandy silt and muddy silt. The faciologic distribution shows that silty sand and sandy silt facies occupy 47% of total superficial area of lake; silty facie, 44%; sandy facie, 6% and muddy silt facie 03%.

Qualitative analysis of argilous minerals definided the occurrence of from groups: kaolinite, smectite, ilite, chlorite.

Semi-quantitative analysis show the abundance of argilous minerals in lake sediments: kaolinite/chlorite 72,6%, smectite 14% and ilite 13,4%.

Based on peaks areas of argilous minerals, it was possible define four (04) distintive paragenesis zones: I) kaolinite/smectite 1,3/1 and kaolinite/ilite 5/1; II) kaolinite/smectite 10/1 and

kaolinite/illite 5/1; III) kaolinite/smectite 3,3/1 and kaolinite/illite 6/1; IV) kaolinite/smectite 26,4/1 and kaolinite/illite 8,2/1.

The results of this work are indicative that Novo Lake System is produced by action of weathered agents over adjacent rocks and sediments, influenced by drainage basin, geomorphologic aspects and seasonal climatic changes.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO

A planície costeira do Estado do Amapá ainda representa uma incógnita do ponto de vista científico, principalmente pela variedade de ecossistemas presentes e pelas dificuldades de acesso às áreas. O reduzido número de trabalhos publicados até o presente evidenciam basicamente o comportamento da linha de costa amapaense, no que tange sua mineralogia, sedimentação e estratigrafia. Assim, surge também a necessidade de se conhecer com detalhe a porção mais interna da planície costeira do Estado do Amapá, onde destacam-se inúmeros lagos. Para tanto, foi realizado um trabalho de cunho sedimentológico e geoquímico na área acima mencionada.

Os lagos amazônicos, também pouco documentados, são abordados em algumas obras científicas, como por exemplo: RIBEIRO (1978), tratou dos fatores ecológicos, produção primária e fitoplâncton em lagos da Amazônia Central; VITAL (1988), estudou o geossistema do Lago Arari (Ilha do Marajó-PA); RIBEIRO (1992), avaliou a qualidade das águas dos lagos Bolonha e Água Preta, situados nos arredores de Belém; TURCO et al. (1993), estudou as condições de sedimentação quaternária e limnologia do Lago da Serra Sul de Carajás; e EVANGELISTA (1993), realizou estudos limnoquímicos do Reservatório de Tucuruí(PA).

A região do Cabo Norte, no Estado do Amapá, apresenta a faixa costeira de maior expressão, com uma largura de aproximadamente 80 Km, onde estão situados os lagos mais importantes como os lados Duas Bocas, Novo, Comprido e Mutuco (Figura 1.1), os quais possuem grande potencial econômico para o ecoturismo e pesca.

Trabalhos do Programa de Estudos e Pesquisas dos Vales Amazônicos (PROVAM, 1990a) mostram que alguns desses lagos, situados mais próximos à costa, sofrem influência das grandes

marés de sizígia. SILVEIRA (no prelo) constatou a presença de sal em testemunhos realizados nos lagos Duas Bocas e Novo. Essa situação confere a esses lagos características bastante peculiares em relação aos lagos estudados em outras regiões da Amazônia.

Originalmente, a presente dissertação de mestrado teve como objetivo estudar o Lago Mutuco, por se encontrar mais próximo ao estuário do Rio Araguari, mas pelo fato do mesmo estar numa área de reserva ambiental, não seria possível coletar amostras sem autorização prévia do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA), o que acarretaria em um atraso nos trabalhos de campo e inviabilizaria esta pesquisa. Assim, optou-se por estudar o Lago Novo, que representa o maior lago da região do Cabo Norte.

O objetivo principal deste trabalho consistiu no levantamento de informações geológicas e geoquímicas do lago, em estações climáticas distintas, para caracterização das condições físico-químicas sazonais do lago e dos sedimentos de fundo.

A integração dos dados de campo (medições de temperatura, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, levantamento da profundidade do lago, coleta de sedimentos de fundo e amostras de água) e os resultados das análises laboratoriais, adicionadas a outras informações bibliográficas, permitiu compreender: a sedimentação e geoquímica do Lago Novo, o comportamento da fração pelítica, e avaliar uma possível influência das marés do estuário do Rio Araguari.

1.2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO A ÁREA ESTUDADA

A área estudada é conhecida como "Região dos Lagos", e está localizada a aproximadamente 150 Km ao norte de Macapá, entre os rios Flechal e Araguari, estando inserida na folha NA.22-A (Cabo Norte).

O Lago Novo situa-se a 30 Km do estuário do Rio Araguari, é o maior lago da planície costeira interna, e abrange uma área de 104 Km², sendo delimitado pelas seguintes coordenadas geográficas: paralelos 01° 22'30" N e 01° 32'00" N e meridianos 50° 33'45" WGr. e 50° 45'00" WGr.(Figura 1.1).

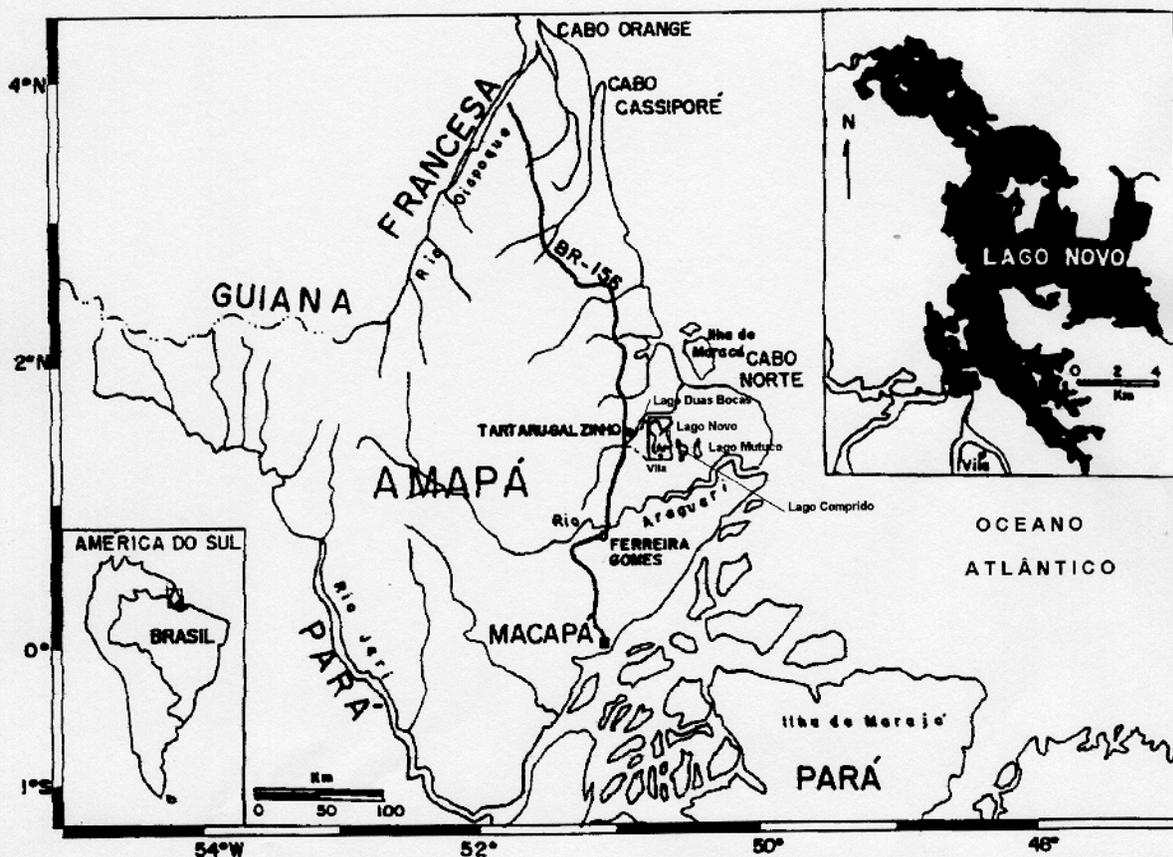


Figura 1.1 - Localização geográfica e acesso ao Lago Novo. Fonte: BRASIL (1974).

O acesso à área é feito por via terrestre até a cidade de Tartarugalzinho, através da rodovia BR-156, num percurso total de 233 Km. Para se chegar até o Lago Novo existem duas alternativas de acesso: a primeira, utilizada no período de estiagem (1ª

campanha), é por via terrestre, através de um ramal da BR-156, situado a 16 Km ao sul da cidade de Tartarugalzinho, que liga a BR-156 à comunidade do Lago Novo, num percurso aproximado de 32 Km; a segunda, empregada no período chuvoso (2ª campanha), cujo trajeto é via fluvial, em pequena lancha, partindo-se da cidade de Tartarugalzinho pelo rio homônimo até alcançar o Lago Duas Bocas, o qual é conectado com o Lago Novo através de pequenos canais.

1.3 - ESTUDOS ANTERIORES NA REGIÃO

Os trabalhos que contribuíram para o entendimento regional, referente a fisiografia e a geologia da região são: BORGES (1938) que descreveu as formas das margens, enseadas e os vários canais que ocorrem nos lagos Duas Bocas e Novo; GUERRA (1954) que admitiu que os lagos dessa região resultam de antigas depressões ou lagunas, que foram barradas por "flexas litorâneas de vasa".

BRASIL (1974) (Projeto RADAM) fez o levantamento dos recursos naturais da Folha NA/NB.22-Macapá, em escala 1:1.000.000, onde destacaram-se os trabalhos de: geologia de LIMA et al. (1974), geomorfologia de BOAVENTURA & NARITA (1974), solos e vegetação de LEITE et al. (1974) e uso potencial da terra.

O Programa de Estudos e Pesquisas dos Vales Amazônicos (PROVAM) em 1990, realizou um trabalho de cunho regional intitulado o "Programa Integrado do Vale do Araguari onde destacaram-se os trabalhos de geologia, geomorfologia e recursos pesqueiros.

De cunho estratigráfico destacam-se os trabalhos de BEZERRA et al. (1990) e LIMA et al. (1991) que organizaram a coluna estratigráfica atual do Estado do Amapá desde o Pré-Cambriano até o Terciário.

Dos trabalhos relacionados a mineralogia, sedimentologia e estratigrafia dos sedimentos da Planície Costeira do Estado do Amapá, destacam-se: FARIA Jr. et al. (1990 e 1993), KHOURY (1994), LEÃO (1994), MENDES (1994), SANTOS (1994), ALLISON et al. (1995), COSTA (1996).

De cunho geoambiental destaca-se o "Projeto Sensoriamento Remoto de Manguezais" (SERMA), de HERZ (1991), o qual delimitou a faixa de ocorrência dos manguezais na Costa do Estado do Amapá, em escala 1:250.000.

De caráter oceanográfico destaca-se o projeto "A Multidisciplinary Amazon Shelf Sediment Study" (AMASSEDS), realizado através do Convênio de Cooperação Bilateral Brasil/Estados Unidos, desenvolvido dentro do Programa de Pesquisas de Ensino em Ciências do Mar (PROMAR/UFGA), no período de 1989 a 1994, abrangendo tanto a planície costeira do Estado do Amapá quanto a plataforma continental adjacente.

2 - ATIVIDADES E METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado em três etapas distintas, quando foram executadas basicamente atividades inerentes à pesquisa bibliográfica, coleta de dados e tratamentos laboratoriais, bem como interpretação e integração dos resultados e informações.

2.1 - ETAPA PRÉ-CAMPO

Constou basicamente de levantamento de trabalhos realizados no Estado do Amapá, em particular na Planície Costeira do Amapá, capazes de contribuir de alguma forma para esta dissertação, além de pesquisa de trabalhos realizados em ambientes lacustres de outras regiões.

Nesta etapa foi realizada ainda, a elaboração de base cartográfica, em escala de 1:100.000, que permitiu a plotagem dos dados de campo (perfis, pontos de amostragem, etc...). A base cartográfica foi confeccionada a partir da ampliação da carta planimétrica NA.22-A, de escala de 1/250.000 (BRASIL, 1974 - Projeto RADAM).

2.2 - ETAPA DE CAMPO

Nesta etapa foram realizadas duas campanhas, para obtenção dos resultados de acordo com o ciclo sazonal: a primeira, em outubro/1995, representou o período de estiagem e a segunda, em fevereiro/1996, durante o período mais chuvoso (ver capítulo 3, item 3.1). Essas campanhas contaram com o apoio da Coordenadoria Estadual de Meio Ambiente (CEMA-AP) e do Instituto de Estudo e Pesquisa no Amapá (IEPA), que forneceram veículos para deslocamento em campo dos equipamentos (veículos terrestres e um barco de alumínio equipado com um motor de popa).

Na primeira campanha foram realizados 45 pontos de amostragem (Figura 2.1), enquanto que, na segunda, foram

amostrados 18 pontos (Figura 2.2), porém somente na primeira campanha, coletou-se sedimentos de fundo.

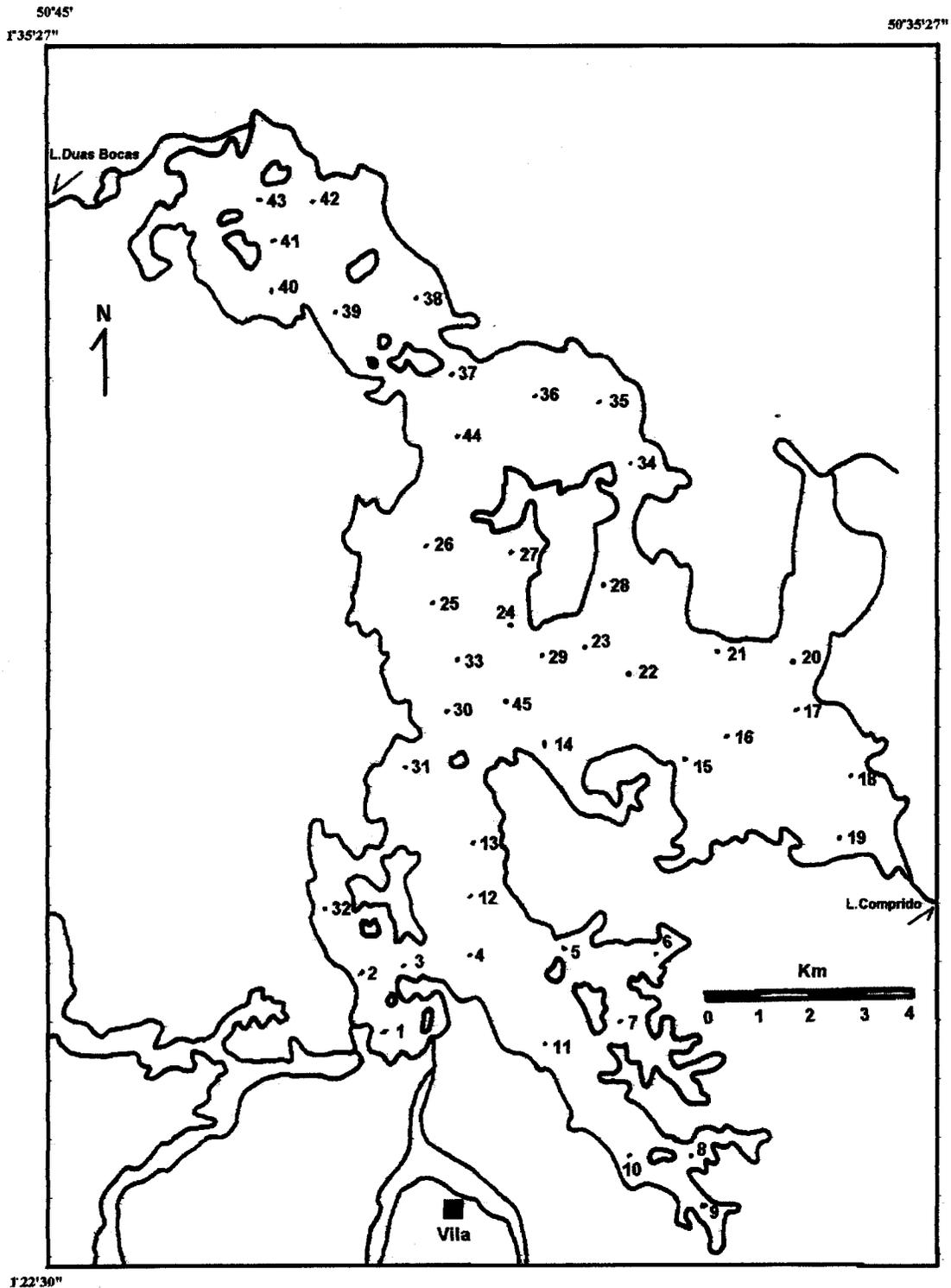


Figura 2.1 - Mapa de amostragem no Lago Novo mostrando os pontos de coleta realizada no período de estiagem (Outubro/95).

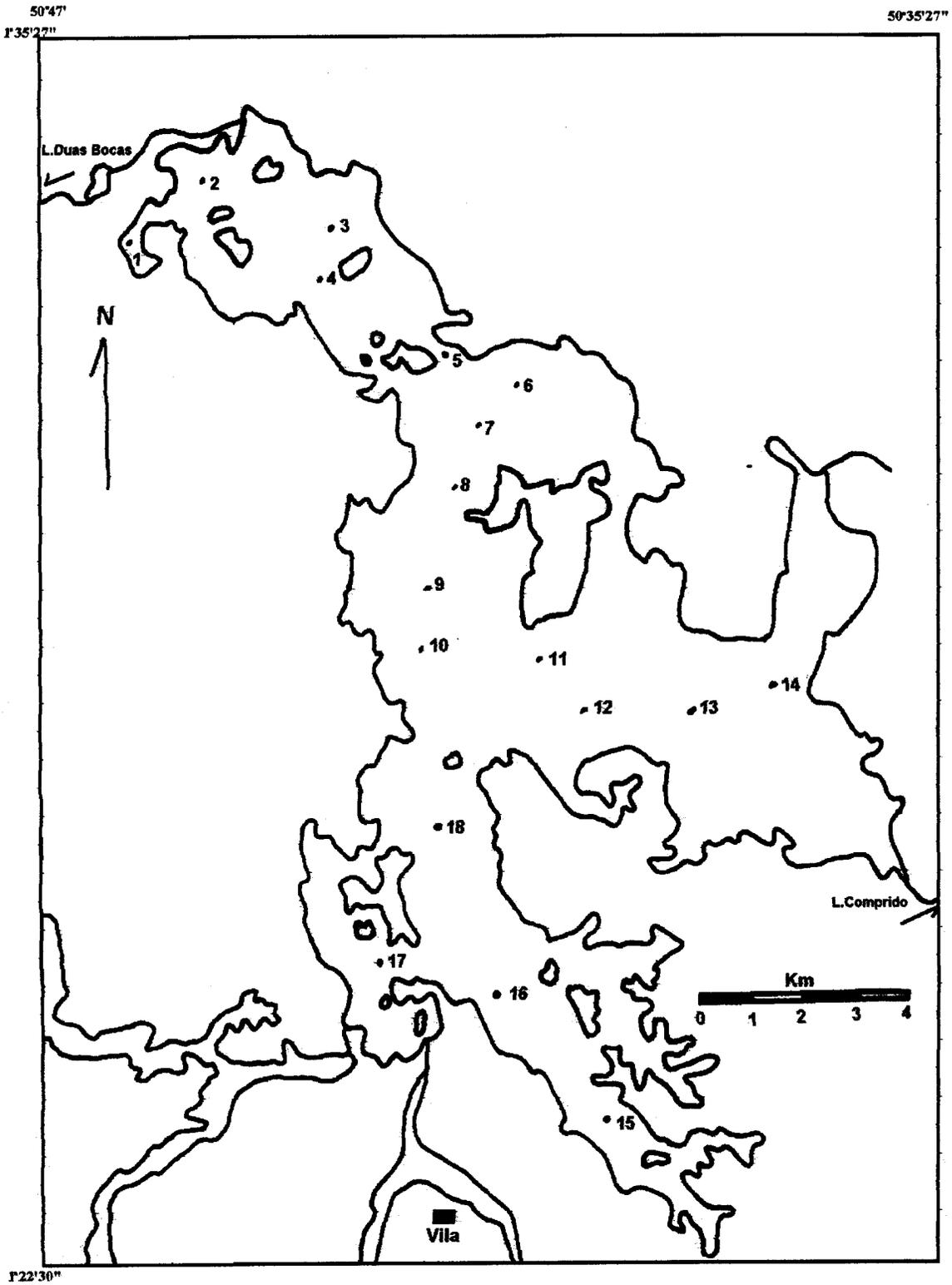


Figura 2.2 - Mapa de amostragem no Lago Novo mostrando os pontos de coleta realizada no período chuvoso.

Inicialmente, foi feito um levantamento da profundidade dos fundos do lago que permitiu orientar os trabalhos de amostragem de sedimentos de fundo. A metodologia empregada consistiu em medidas pontuais em uma malha pré-estabelecida, determinando-se o valor da profundidade através de uma trena e um fio com peso.

A coleta de amostras de sedimentos de fundo, foi realizada em pontos preestabelecidos, através de um amostrador pontual do tipo "Van Veen"(Figura 2.3).

A coleta de água, para o estudo dos sedimentos em suspensão, foi realizada mediante o uso de uma garrafa do tipo "Van Dorn" (Figura 2.4). Foram coletados 2000 mL de água em cada ponto, em profundidades variando de 0,5m a 1,0 m, sendo-que 1000 mL foram acondicionados em garrafas plásticas devidamente etiquetadas e lacradas para análises laboratoriais posteriores e, o restante, foi utilizado para medir "in loco" os parâmetros físico-químicos (temperatura, condutividade, sólidos totais dissolvidos - STD e pH). A temperatura (°C), condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e sólidos totais dissolvidos-STD (mg/L), foram determinados através do equipamento Hach Conductivity/TDS meter, enquanto que o pH foi determinado por um aparelho da marca WTW, com precisão de 0,01. Tais parâmetros são importantes para caracterizar as águas de lagos, além de ter uma certa influência na sedimentação dos argilo-minerais.

O posicionamento das estações de amostragem foi feito através de um posicionador do tipo Global Positioning System (GPS) da marca Magellan (NAV 5000 PROTM).



Figura 2.3 - Amostragem de sedimentos de fundo com uma draga do tipo "Van Veen".



Figura 2.4 - Amostragem de água com uma garrafa do tipo "Van Dorn".

2.3 - ETAPA PÓS-CAMPO

Esta etapa correspondeu basicamente aos tratamentos laboratoriais das amostras de sedimentos de fundo e de suspensão, conforme as atividades descritas a seguir, bem como a análise dos parâmetros físico-químicos medidos durante as fases de campo e interpretação dos resultados para elaboração da dissertação.

2.3.1 - Análise Textural dos Sedimentos de Fundo

Os estudos texturais efetuados nas amostras sedimentológicas seguiram a classificação proposta por Sheppard apud SUGUIO (1973), o que possibilitou a determinação dos percentuais das frações de areia, silte e argila.

As amostras foram inicialmente quarteadas e secas em estufa a uma temperatura de 50° C. Em seguida, retirou-se 100 g de cada amostra que foi peneirada a úmido em peneira de 0,062 mm, para separação da fração areia da fração fina (silte e argila). O material retido na peneira (fração areia) foi levado à estufa para secagem a 50° C, enquanto que a fração fina foi separada (silte e argila) por processo de centrifugação a 1000 rpm durante 2 minutos, utilizando-se uma centrífuga da marca Heraeus Christy, modelo 4121. Nesta separação, a fração siltosa precipita-se, enquanto que a fração argilosa permanece em suspensão. O silte separado foi levado a estufa para secagem a 50° C e a fração argilosa levada novamente à centrífuga a 2500 rpm durante 10 minutos para concentração. Em seguida a argila foi seca em estufa a 50° C.

Após a secagem, as frações arenosa, siltosa e argilosa foram pesadas separadamente, para determinação do percentual relativo entre as mesmas, a fim de proceder a classificação segundo o diagrama triangular proposto por Shepard apud SUGUIO (1973).

2.3.2 - Tratamento da fração argilosa para difração de raios-x

Para identificação dos argilo-minerais, foi utilizada a fração argilosa separada na fase anterior, que recebeu tratamento químico para eliminação da matéria orgânica, buscando-se para tanto seguir o método proposto por Anderson apud GOMES (1988), descrito a seguir:

Em um tubo de centrífuga, colocou-se 10 g de amostra e 20 mL de solução de NaOCl (hipoclorito de sódio) com pH ajustado a 9,5. Em seguida, colocou-se o tubo em banho-maria com água fervente durante 10 minutos. Depois, o tubo foi retirado e o material centrifugado a 2000 rpm durante 10 minutos. O resíduo foi lavado com 50 mL de solução de Na_2CO_3 - NaHCO_3 a 2% e dispersado com um bastão de vidro ou em bacia de ultra-som.

Posteriormente, o material foi aquecido em banho-maria por 15 minutos e centrifugado a 2000 rpm durante 10 minutos. O material sobrenadante foi desprezado, enquanto que o precipitado foi lavado por mais 2 vezes, com a última centrifugação a 2500 rpm por 10 minutos, para concentrar o precipitado. Após esse procedimento o material concentrado foi lavado 3 vezes com água destilada.

2.3.3 - Confeção das lâminas para difração de raios-x

Para análise difratométrica foram preparadas duas lâminas através do método "pipet-on-glass-slide" proposto por THOREZ (1976), o qual consiste em colocar o material argiloso, sem matéria orgânica, em água destilada dentro de um balão de ensaio com capacidade de 10 mL. O balão foi agitado e em seguida com o auxílio de uma pipeta de 2 mL, retirou-se a argila em suspensão, que foi dispersada sobre uma lâmina de vidro.

As lâminas confeccionadas para difração de raios-x foram lidas em condições normais (N). Em seguida à leitura, foram impregnadas com etileno-glicol (EG) em um dessecador por 48 horas e posteriormente lidas no difratômetro. Por fim, a lâmina foi aquecida a 550° C durante 2 horas em mufla marca Heraeus Eletronic, modelo MR-170E e em seguida levada ao difratômetro.

As análises difratométricas foram realizadas em um difratômetro Phillips, modelo PW3710, tubo ânodo de Cu, gerador de tensão 45 KV, gerador de corrente 40 MA e velocidade de deslocamento do tubo a 2° -20/1 cm/min. Os difratogramas foram feitos entre os ângulos de 3° e 33°, faixa onde são encontradas as reflexões basais dos grupos de argilo-minerais.

2.3.4 - Análise Qualitativa dos argilo-minerais

A identificação dos argilo-minerais nos difratogramas foi feita por comparação das reflexões dos picos basais dos argilo-minerais, em condições normal, glicolada e aquecida (550° C/2 h), com os existentes nos fichários e informações presentes nos trabalhos de CARROL (1974), THOREZ (1976) e GOMES (1988).

Os argilo-minerais, que apresentam reflexão basal (001) entre 12-15 A°, em condições normais, e após o tratamento com etileno glicol, expandem seus picos para 17-18 A°, são considerados como pertencentes ao grupo da esmectita.

O grupo da caulinita foi caracterizado pelo desaparecimento completo das reflexões (001) 7 A°, (002) 3,5 A° e (003) 2,37 A°, após o aquecimento a 550° C/ 2h, os quais são estáveis nas condições normal e no etileno glicol.

O grupo da clorita foi identificado por possuir suas reflexões basais (001) 14 A°, (002) 7 A°, (003) 4,7 A°, (004) 3,5 A° e (005) 2,8 A°, estáveis em condições normal e no etileno

glicol, enquanto que, após o aquecimento, o pico de reflexão 001 é deslocado para 13,6-13,8 A° e o restante das reflexões desaparecem quase que inteiramente. Neste trabalho, em virtude da superposição dos picos da clorita com os picos da caulinita, dificultando a diferenciação entre os dois grupos de argilo-minerais, eles são abordados em conjunto.

O grupo da illita foi identificado a partir das reflexões basais (001) 10 A°, (002) 5 A° e (003) 3,33 A°, que não apresentam qualquer modificação nas condições normal e glicolada, porém sofrem pequenas mudanças após o aquecimento a 550° C/2 h.

2.3.5 - Análise semi-quantitativa dos argilo-minerais

Para determinação semi-quantitativa dos argilo-minerais, seguiu-se o princípio de dois métodos: método proposto por GOMES (1988) e método proposto por BISCAYE (1965).

No método de GOMES (1988), avalia-se os valores das áreas dos picos basais, dividindo-as por seus respectivos poderes refletivos. Os quocientes obtidos são depois convertidos em percentuais relativos, considerando a sua soma igual a 100.

O método proposto por BISCAYE (op cit.) considera o cálculo da área do pico basal de cada grupo de argilo-mineral, achando-se em seguida o resultado em percentual. Para um melhor entendimento, tais valores são correlacionados entre si.

2.3.6 - Quantificação dos Sedimentos em Suspensão

Para quantificação dos sedimentos de suspensão, filtrou-se 100 a 200 mL de cada amostra de água coletada, utilizando-se uma garrafa do tipo "Nalgen" e filtros "Millipore" com abertura de 45µ. O filtro foi pesado em balança de precisão, antes e após a

filtragem para determinar o valor em mg/L de material em suspensão nos lagos, conforme o método descrito por GIBBS (1967).

2.3.7 - Parâmetros físico-químicos

Os valores de condutividade e pH obtidos durante a etapa de campo foram representados em forma de variação lateral e de curvas de isovalores médios, respectivamente, segundo a metodologia de BROOKS & CECH (1979).

3 - ASPECTOS FISIOGRAFICOS REGIONAIS

3.1 - CLIMA

A região costeira do Estado do Amapá é caracterizada por uma precipitação pluviométrica média anual na região do Lago Novo é de 2.500 a 3.000 mm (Figura 3.1), sendo o trimestre mais chuvoso marcado pelos meses de março (300-600 mm), abril (300-500 mm) e maio (300-600 mm), enquanto o trimestre mais seco é representado pelos meses de setembro, outubro (20-50 mm) e novembro (50-100 mm) (SUDAM, 1984). Segundo NIMER (1991), a precipitação pluviométrica anual da região costeira no Estado do Amapá varia de 2.750 a 3.500 mm anuais.

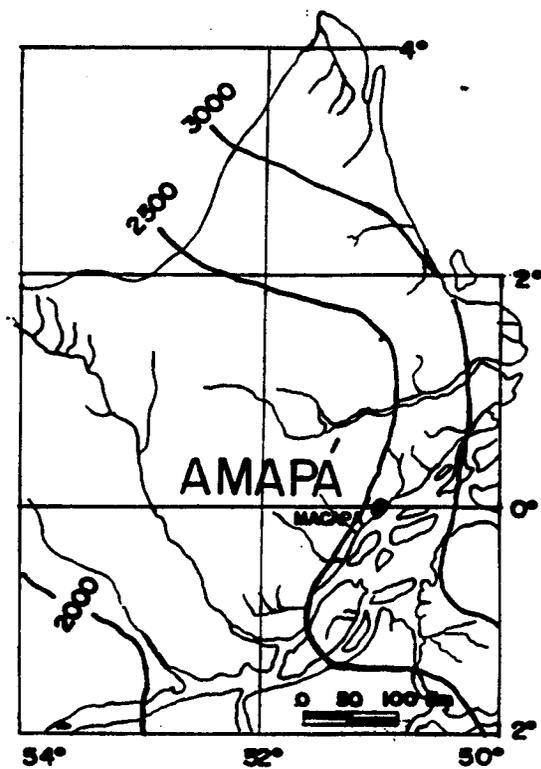


Figura 3.1 - Precipitação média anual no Estado do Amapá. Na região do Lago Novo a precipitação varia de 2.500 a 3.000 mm (SUDAM, op. cit.).

A temperatura média anual na região do Lago Novo varia entre 26° e 27° C (Figura 3.2), sendo a temperatura mínima média anual em torno de 21° a 23° C, enquanto a temperatura máxima média anual é de aproximadamente 31° C (SUDAM, 1984).

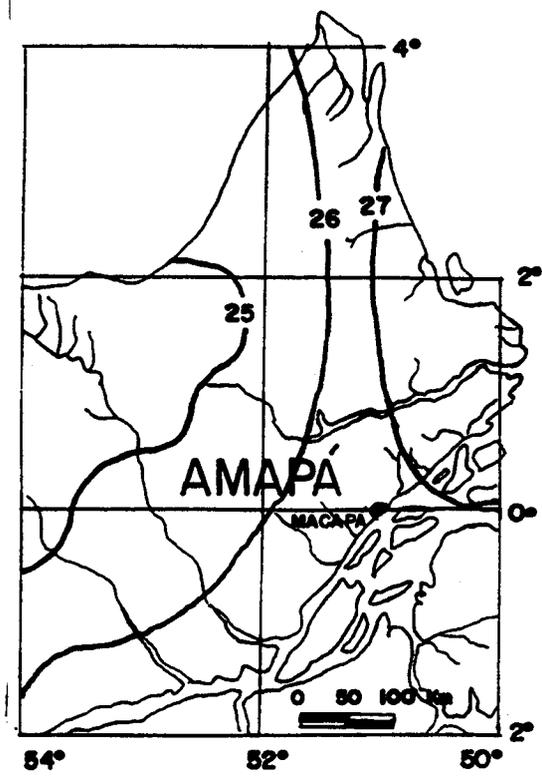


Figura 3.2 - Temperatura média anual no Estado do Amapá. Na região do Lago Novo a temperatura média está em torno de 27° C (SUDAM, op. cit.).

O clima do Estado do Amapá pode ser inserido na classificação de "Köppen" como Clima Tropical Úmido (Af) e Clima Tropical Úmido de Monção (SUDAM, op. cit.). Entretanto, para NIMER (op. cit.), o clima da região costeira amapaense pode ser classificado como Clima Equatorial Superúmido.

3.2 - VEGETAÇÃO

A área estudada enquadra-se, segundo LEITE et al. (1974) na região de ocorrência das Formações Pioneiras, que compreendem áreas quaternárias que vão desde a foz do Rio Oiapoque até o estuário amazônico, sendo representada basicamente pela sub-região de Campos da Planície do Amapá.

Essa cobertura vegetal é representada por gramíneas, ciperáceas e melastomáceas, variando localmente com as inundações (LEITE et al., 1974).

Nos locais mais baixos e alagados, a vegetação é de maior porte sendo composta de aninga (**Montrichardia** arborescentes Schortt), tiriricão (**Scleria** sp.), buriti (**Mauritia flexuosa** Mart.), piri (**Cyperus giganteus** Vahl) (LEITE et al., op. cit.). Segundo SALGADO & BRAZÃO (1990), a presença de palmeiras como buriti ou miriti (**Mauritia aureum**) e de açaí (**Euterpe** sp.), indicam uma transição das águas salobras para as águas doces.

Nos lagos são característicos ainda: mururés (**Echornia** sp., **Pistia** sp. e **Cadomba** sp.), na terra firme dominam melastomáceas. A parte mais elevada dos campos inundáveis é composta basicamente por gramíneas: caravanas (**Echinos** sp., **Panicum** spp.), capim-arroz (**Oryza perennis** Moench) e capim serra-perna (**Laercia** sp.) (LEITE et al., op. cit.).

3.3 - RELEVO

De acordo com as descrições feitas por BOAVENTURA & NARITA (1974) na folha do Estado do Amapá, a área estudada está inserida dentro de duas unidades morfoestruturais: Colinas do Amapá e Planície Flúvio-Marinha de Macapá-Oiapoque.

3.3.1 - Colinas do Amapá

Nas áreas próximas ao litoral, essa unidade apresenta cotas inferiores a 100 metros. Na folha do rio Araguari, predominam formas de colinas com vales encaixados e ravinamentos, apresentando colinas de topos aplainados revestidos por crostas ferruginosas (BOAVENTURA & NARITA, op. cit.). PROVAM (1990b), descreve como principais formas de relevo situadas às

proximidades dos lagos: superfícies pediplanadas e colinas com topos aplainados.

3.3.2 - Planície Flúvio-Marinha Macapá-Oiapoque

Ocupa a faixa de terrenos costeiros quaternários desde a cidade de Macapá até a foz do Rio Oiapoque. A região do baixo Araguari é onde se observa a maior largura desta planície, apresentando áreas de colmatagem, evidenciadas pela presença de numerosos paleocanais e lagos residuais (BOAVENTURA & NARITA, 1974). PROVAM (1990b) denominou essa área como planície flúvio-lacustre-marinha Macapá-Calçoene, estando a região dos lagos inserida dentro das formas de relevo da planície fluvial colmatada, representadas por áreas sujeitas a inundações pluviométricas e/ou influências das marés, com as cotas mais elevadas com valores próximos ao do nível do mar. Segundo GATTO (1991), o litoral amapaense é constituído por uma complexa sucessão de planícies flúvio-marinhas, que se diferenciam de acordo com a influência das águas do mar e dos rios, e de acordo com as condições dinâmicas da região.

3.4 - SOLOS

O solo da área estudada pode ser caracterizado, segundo Peres et al. e Bezerra et al. apud SANTOS (1994), como Solo Hidromórfico.

Caracterizam-se por apresentar horizonte superficial essencialmente orgânico ou horizonte A turfoso, sobrejacente a camadas minerais. Sua coloração é enegrecida, contrastando com camadas minerais subsuperficiais, de cores acinzentadas ou esbranquiçadas, mais raramente mosqueadas, brunadas ou amareladas; são solos formados em meios saturados de água, permanentemente ou durante longos períodos do ano.

A decomposição e humidificação da matéria orgânica nesses solos é muito lenta. Originam-se pela deposição de material orgânico e sedimentos holocênicos, constituindo solos típicos de áreas abaciadas e próximas aos drenos naturais.

3.5 - GEOLOGIA

BEZERRA et al. (1990) e LIMA et al. (1991) elaboraram o arcabouço geológico do Estado do Amapá (Figura 3.3) e ALLISON et al. (1995), compartimentou a geologia do referido estado em três tipos de unidades geológicas: terrenos antigos, terrenos terciários e terrenos recentes (Figura 3.4).

3.5.1 - Terrenos antigos

De acordo com LIMA et al. (op. cit.) no Eon Arqueano, foram identificados: o Complexo Guianense, Suite Intrusiva Ananaí-Tartarugal Grande e Granitóides. Segundo esses autores o Complexo Guianense constitui o embasamento.

Para o Proterozóico Inferior, LIMA et al. (op. cit.) descreveram rochas do Complexo Tumucumaque, rochas do Grupo Vila Nova, Suite Metamórfica Lourenço e Grupo Paramacá, enquanto o Proterozóico Médio caracteriza-se por rochas da Suite Intrusiva Mapuera/Suite Intrusiva Falsino, rochas básicas e alcalinas.

Para LIMA et al. (op. cit.), as rochas que marcam o Paleozóico estende-se do Ordoviciano Superior - Siluriano Médio (Grupo Trombetas), Devoniano Inferior-Médio (Grupo Urupadi) e Neo-Devoniano (Formação Curuá).

Durante o Permo-Triássico, segundo LIMA et al. (op. cit.), ocorreu um enxame de diques de rochas básicas toleíticas e para BEZERRA et al. (op. cit.), durante o Cretáceo ocorreu a deposição da Formação Alter do Chão.

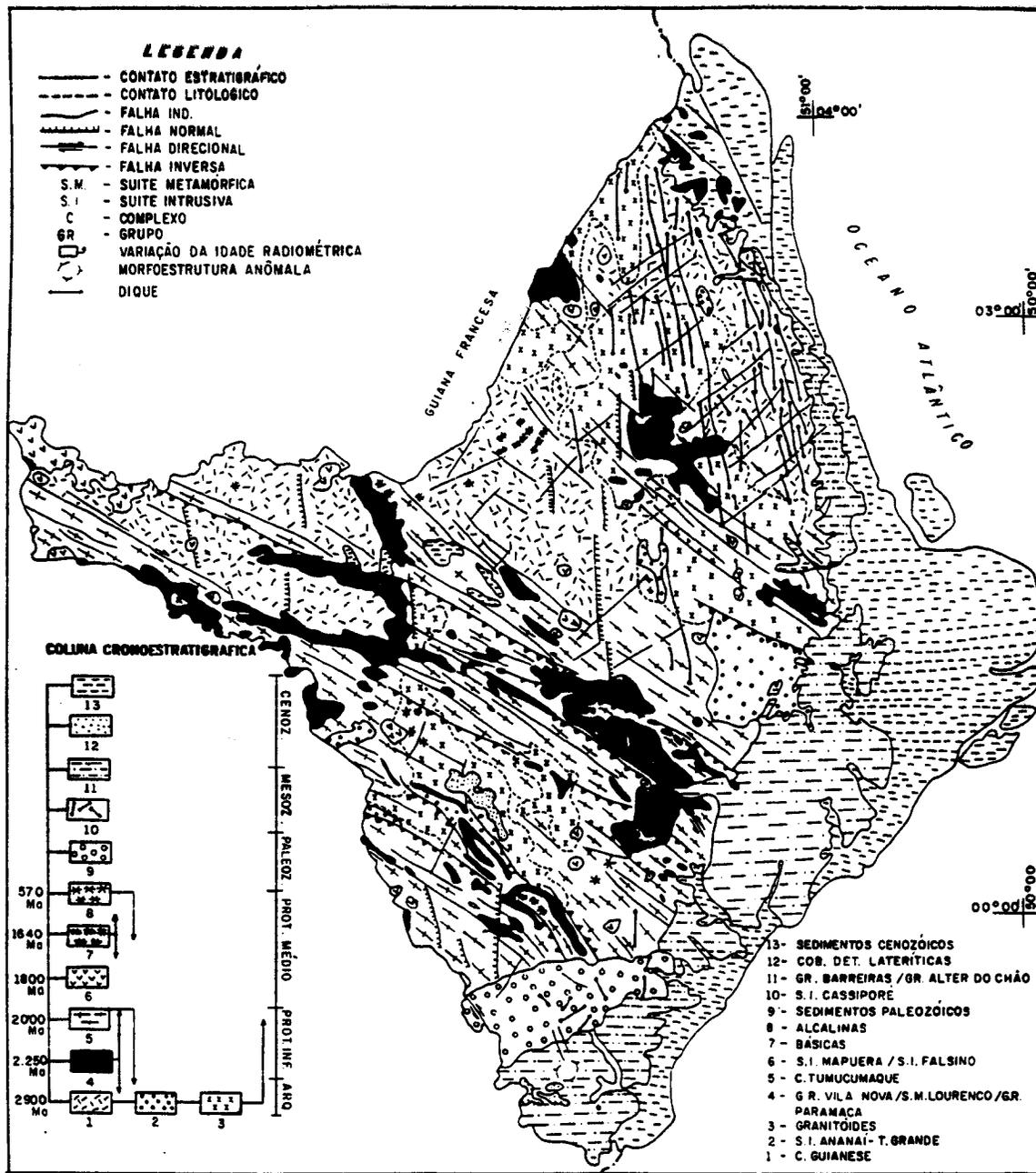


Figura 3.3 - Arcabouço geológico do Estado do Amapá segundo LIMA et al. (1991).

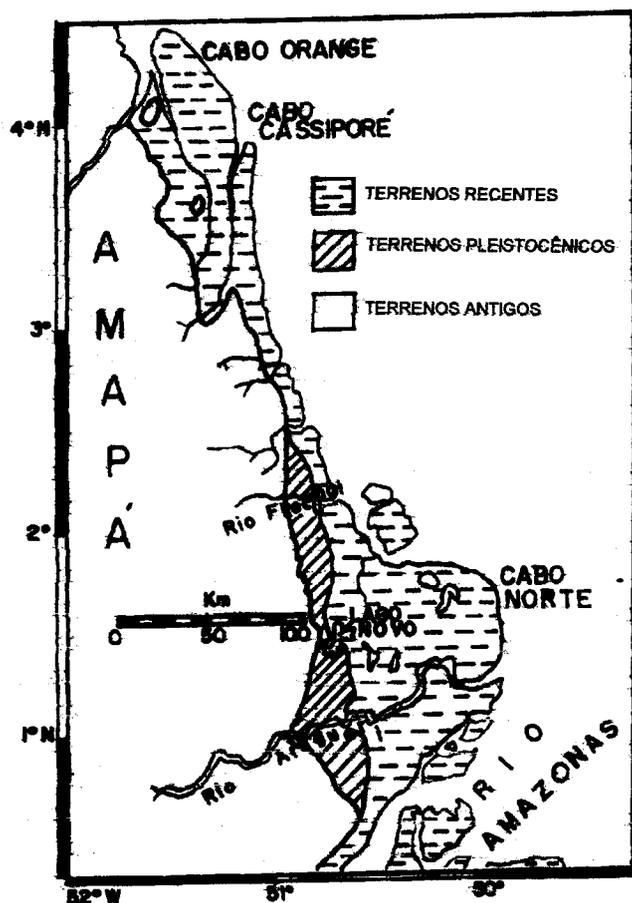


Figura 3.4 - Compartimentação geológica do Estado do Amapá. Fonte: ALLISON et al. (1995).

3.5.2 - Terrenos terciários

Segundo LIMA et al. (1991) a costa amapaense, no final do Terciário, recebeu a sedimentação continental do Grupo Barreiras constituído por sedimentos areno-argilosos, arenosos, argilo-siltosos e conglomeráticos, depositados em sistemas de leques aluviais e planícies flúvio-lacustres. Ainda segundo esses autores, as variações climáticas ocorridas no Terciário promoveu o retrabalhamento dos sedimentos desse Grupo Barreiras produzindo depósitos lateríticos.

3.5.3 - Terrenos recentes

Segundo LIMA et al. (1991), o clima úmido implantado durante o Holoceno proporcionou a organização da rede de drenagem atual nos vales e a formação das planícies de inundações dos rios ao longo da planície costeira amapaense, bem como a deposição de sedimentos aluviais de origem flúvio-lacustre (na foz do Rio Araguari) e flúvio-marinho (na foz do Rio Flechal).

SANTOS (1994) advoga que a foz do Rio Araguari, assim como todo o Cabo Norte, sofre influência das marés e da descarga sedimentar do Rio Amazonas, implicando na possibilidade de migração de sedimentos oriundos da plataforma continental interna.

Segundo COSTA (1996) a presença de sedimentos depositados em ambientes costeiros, a 40 Km da linha de costa atual, no estuário do Rio Araguari, sugere que a evolução da planície costeira e a do estuário do referido rio, está relacionada a oscilação da posição da linha de costa, condicionada por variações do nível relativo do mar.

Segundo FARIA Jr. et al. (1990) e NITTROUER et al. (1991), apesar da grande quantidade de sedimentos despejados pelo Rio Amazonas na plataforma do Estado do Amapá, a sua zona costeira é predominantemente erosiva.

MENDES (1994) e ALLISON et al. (1995) descrevem três tipos de cenários geológicos para a zona costeira do Estado do Amapá: a) zona de acreção lamosa, que ocorre desde o extremo norte do Estado do Amapá até 10 Km ao sul do Cabo Cassiporé; b) zona de deposição efêmera, referente a formação de praias arenosas próximas as desembocaduras dos principais rios que deságuam no Oceano Atlântico; e c) zona de erosão, localizada desde o Cabo Norte até 10 Km ao sul do Cabo Cassiporé, produzindo o recuo da linha de costa.

4 - GEOMORFOLOGIA/GEOLOGIA LOCAL

De acordo com o classificação proposta por PONÇANO et al. (1979), a região onde está inserida o Lago Novo é caracterizada por duas unidades de relevo que apresentam diferenças bastante discretas: Relevo Colinoso e Planície de Inundação (Aluvial).

4.1 - GEOMORFOLOGIA

4.1.1 - Relevo Colinoso

Esta unidade é enquadrada na unidade descrita por BOAVENTURA & NARITA (1974) como Relevo de Colinas do Amapá. Caracteriza-se por apresentar amplitude local inferior a 5m, com vertentes suaves, de perfis retilíneos e vales abertos. Ocorrem isoladas nas margens sul e sudoeste do Lago Novo (Figura 4.1). Esta unidade aparece também ao longo do ramal que liga a BR-156 a Vila do Lago Novo (Figura 4.2).



Figura 4.1 - Vista panorâmica da margem sul e sudoeste do Lago Novo. Observar a forma ondulada da colina, onde está instalada a casa (a direita da foto).



Figura 4.2 - Vista panorâmica do ramal que liga a BR-156 a Vila de Lago Novo. Observar ao fundo o relevo colinoso.

4.1.2 - Planície de Inundação

Esta unidade é correlacionável com a unidade descrita pelo PROVAM (1990b) como Planície Flúvio-Lacustre-Marinha Macapá-Calçoene. Caracteriza-se por terrenos baixos, planos, ao nível da oscilação sazonal das águas e sujeitos a inundações pluviométricas durante o período chuvoso. Ocupam a maior parte das margens do lago, ocorrendo desde a margem W até a margem SE (Figura 4.3).



Figura 4.3 - Planície de inundação às margens do Lago Novo.

4.2 - GEOLOGIA LOCAL

O Lago Novo é escavado em sedimentos do Grupo Barreiras e em sedimentos recentes, contudo, ocorrem rochas cristalinas a aproximadamente 10 Km do lago.

As rochas cristalinas ocorrem em regiões de possível influência no Lago Novo (Figura 4.4). São constituídas de granitóides, rochas da Suite Intrusiva Ananai-Tartarugal Grande, as quais são representadas por metaquartzitos ferríferos, piriclasitos, charnoquitos, charnoenderbitos, enderbitos e gnaisses; rochas do Grupo Vila Nova, representadas por metamórficas, metaultramáficas, metaácidas de origem vulcânica, xistos pelíticos, quartzitos e formação ferrífera; rochas da Suite Metamórfica Lourenço, constituídas por metapelitos, metacherts, formações ferríferas bandadas, kinzigitos e anfibolitos (LIMA et al., 1991).

O Grupo Barreiras aflora em áreas onde se observa o relevo colinoso, podendo ocorrer em formas isoladas nas margens e no centro do lago (Figura 4.5). É constituído por sedimentos sílticos-argilosos, apresentando seixos de concreções lateríticas de dimensões centimétricas. Caracteriza-se por mosqueamento típico.

Os sedimentos recentes ocorrem em áreas de relevo de planície de inundação e são constituídos por material síltico-argiloso, com intercalações arenosas. Estes sedimentos estão sobrepostos aos sedimentos do Grupo Barreiras.

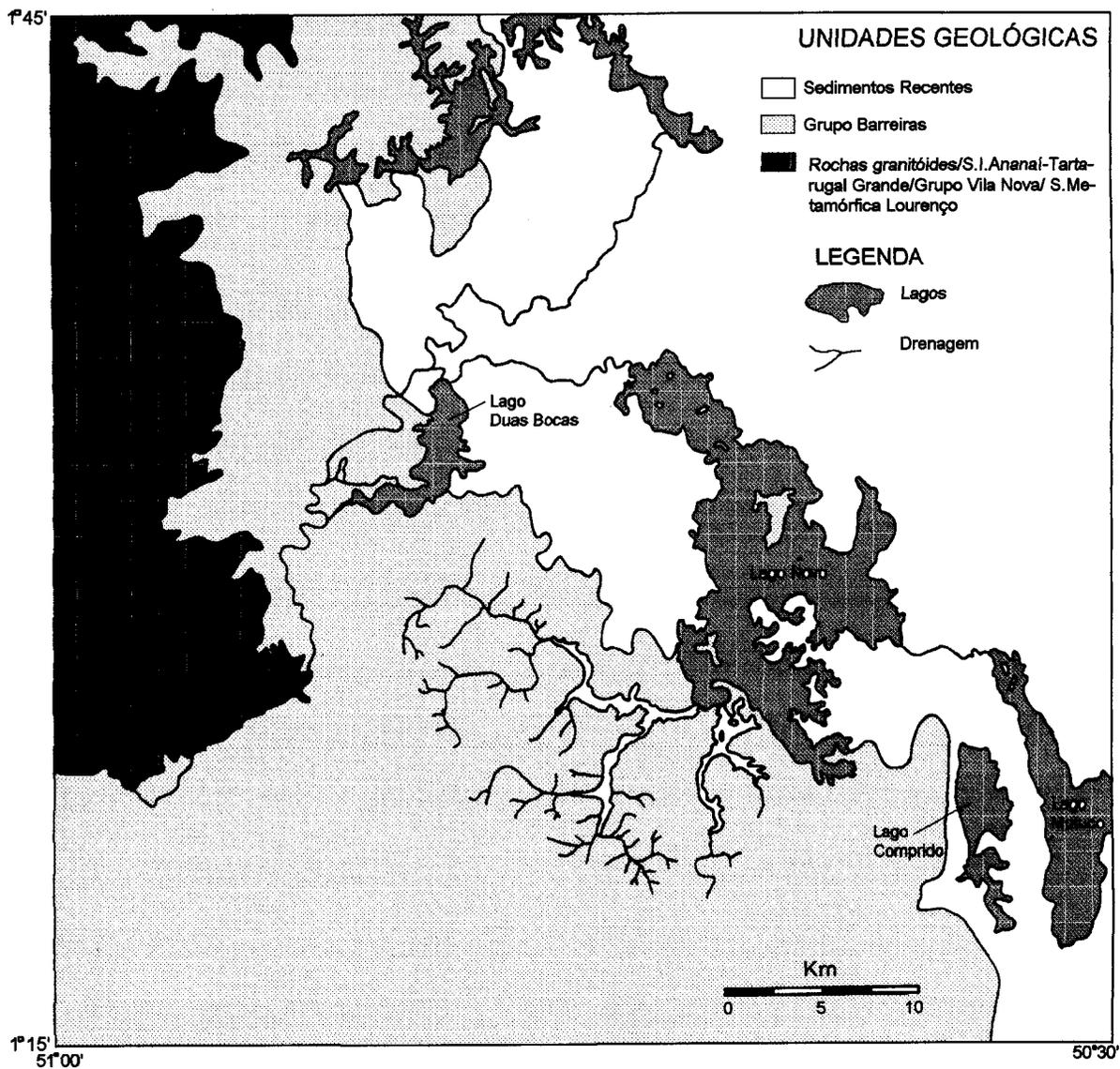


Figura 4.4 - Unidades geológicas na região do Lago Novo. Mapa elaborado a partir de compilação bibliográfica e interpretação de imagem de radar da Folha NA.22-Z-A, escala 1:250.000, de BRASIL (1974).



Figura 4.5 - Afloramento-testemunho da Formação Barreiras no centro do Lago Novo.

5 - MORFOLOGIA DE FUNDO

O Lago Novo é parte integrante da bacia hidrográfica do Rio Arari. Apresenta forma relativamente alongada segundo a direção NW-SE, a largura do lago nas extremidades é inferior a largura na parte central. Apresenta um comprimento total estimado em 24 Km e largura variando de 1-4 Km nas extremidades e de até 11 Km na parte central, com margens de forma irregular, conferindo um aspecto denteado, com inúmeras ilhas presentes.

Durante o período de estiagem, a profundidade mínima medida foi de 1,5 m e máxima de 3,4 m. Através das isóbatas traçadas, foi possível compartimentar o lago em 3 partes distintas (Figura 5.1):

- **Porção Norte** - é marcada por margens que apresentam declividade baixa, fundo relativamente plano e profundidade média de 2,40 m, representando as mais baixas em relação as outras partes (Figura 5.2a).

- **Porção Central** - é marcada por margens com declividade média, com fundo plano e com profundidade média de 2,55 m. Apresenta duas depressões distintas, estando a maior delas situada na parte oriental, a qual possui 3,5 Km de comprimento e profundidade média de 3,4 m (Figura 5.2b).

- **Porção Sul** - apresenta margem com declividade variando de média a alta, com profundidades máxima de 3,20 m e média de 3,04 m. O fundo é irregular e observa-se a presença marcante de um canal, com aproximadamente 8 Km de comprimento e até 3 Km de largura e cujo eixo tem a direção NW-SE (Figura 5.2c).

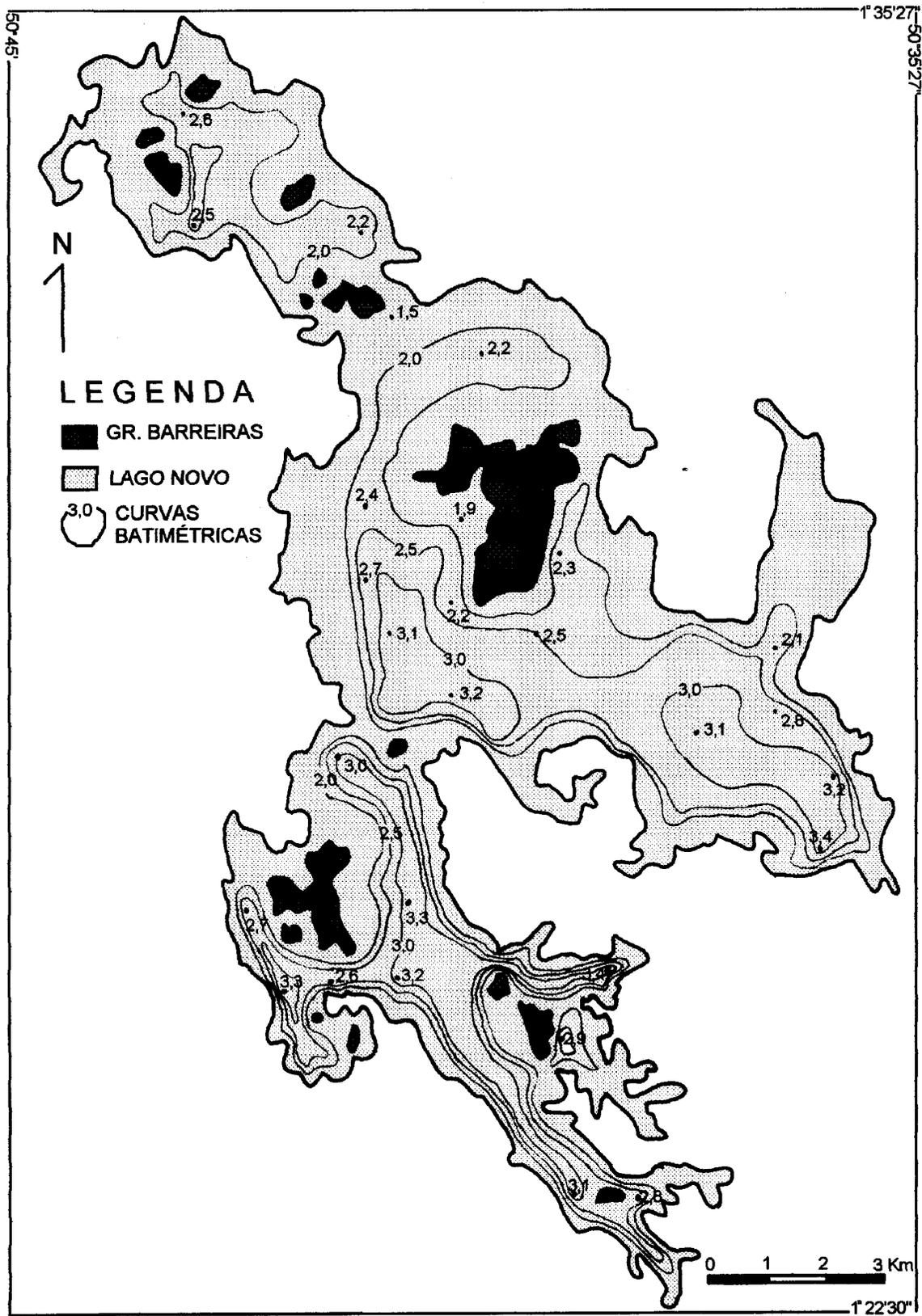


Figura 5.1 - Mapa batimétrico do Lago Novo durante o período de estiagem.

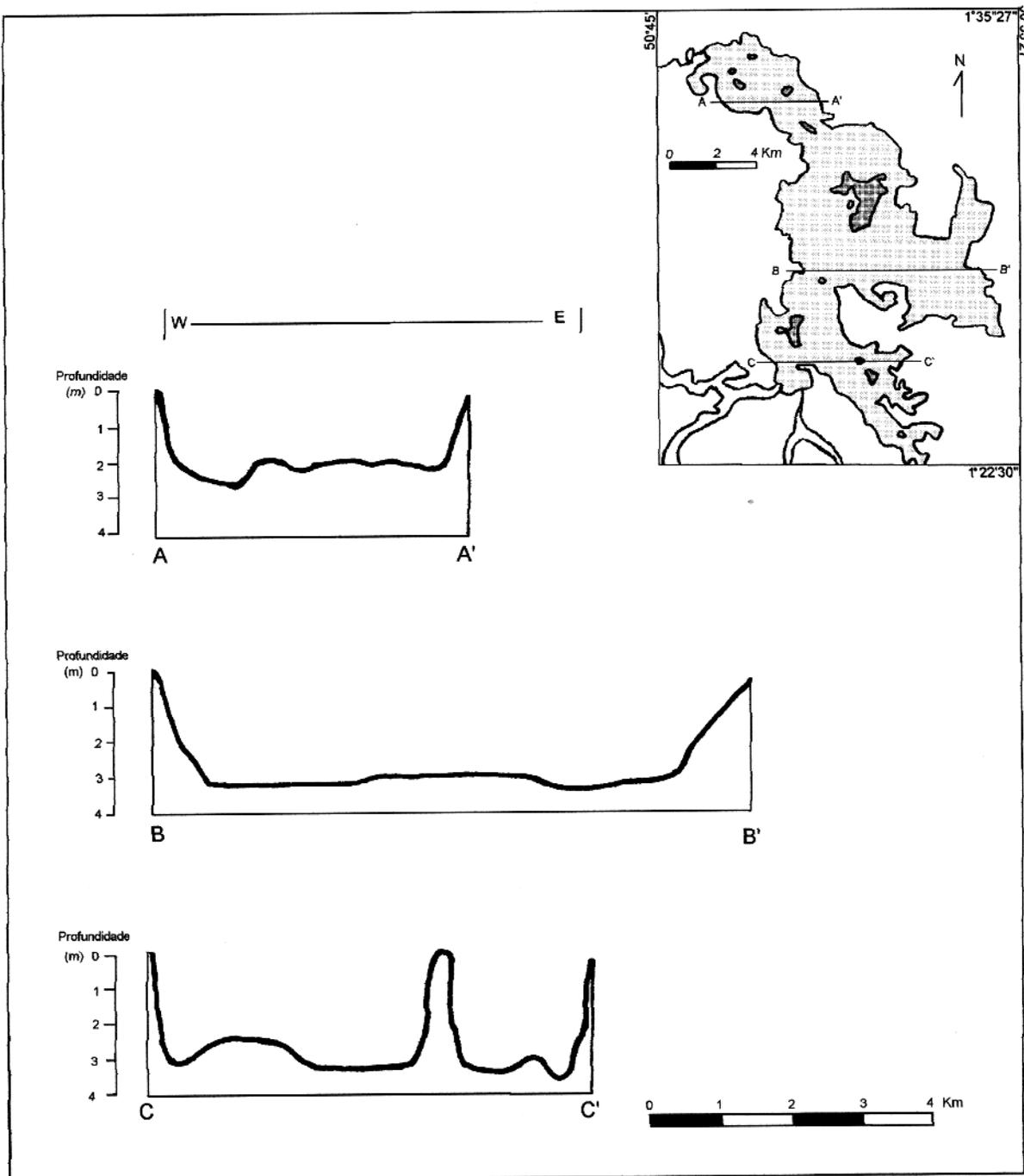


Figura 5.2 - Perfis esquemáticos da morfologia. A-A' - porção norte; B-B' - porção central e; C-C' - porção sul.

A partir da Figura 5.1 é possível definir a existência de dois canais: um canal principal e um canal secundário.

O canal principal ocorre na parte sul do lago com direção NW-SE, com profundidades superiores a 3m. Seu comprimento é de 10,5 Km e sua largura de 2 Km.

O canal secundário ocorre na parte central do lago, com direção aproximada E-W, e profundidades variando de 2,5 m até 3,0 m. Seu comprimento é de 8,5 Km e sua largura varia de 0,5 Km até 2,8 Km.

6 - ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS DO LAGO NOVO

Neste capítulo, são apresentados os dados referentes aos parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos), medidos "in loco" durante períodos climáticos distintos (períodos de estiagem e de chuva) e a quantificação de sedimentos em suspensão nas águas do Lago Novo.

Os resultados obtidos são comparados, para efeito de classificação das águas do Lago Novo, com os de outras pesquisas, realizadas em ambientes geológicos semelhantes, como: Lago Arari, situado na Ilha do Marajó, efetuada por VITAL (1988), lagos Bolonha e Água Preta, situados às proximidades da cidade de Belém, estudados por RIBEIRO (1992) e o Reservatório da Hidrelétrica de Tucuruí, localizado ao sul de Belém, pesquisado por EVANGELISTA (1993). Todos os lagos estão situados no Estado do Pará.

6.1 - TEMPERATURA

A temperatura é responsável pela determinação dos padrões que controlam as taxas de metabolismo e crescimento do fitoplâncton, o que representa a base de toda a cadeia ecológica (LERMAN, 1978). O aumento da temperatura é responsável diretamente pelo aumento da solubilidade dos sais, acelerando a velocidade das reações químicas e biogeoquímicas que se processam em um meio (SZIKSZAY, 1973; EVANGELISTA, op. cit.).

Durante o período de estiagem do Lago Novo, a temperatura máxima é de 37,7 °C, a mínima 30,1 °C e a média 34,1 °C. A variação diurna da temperatura apresentou valores em torno de 33,2 °C às 8 horas, elevando-se para 34,9 °C entre 12 e 14 horas e decaindo para 32,9 °C a partir das 17 horas. Entretanto, para o

período chuvoso, os valores medidos de máximo, mínimo e médio, respectivamente foram 29,9 °C, 27,4 °C e 29 °C, enquanto a variação diurna foi novamente pequena com valores inferiores à 28 °C antes das 12 horas e depois das 14 horas, com um leve acréscimo entre 12 e 14 horas.

Conforme pode-se observar na Tabela 6.1, os lagos Arari (VITAL, 1988), Bolonha e Água Preta (RIBEIRO, 1992) e Reservatório de Tucuruí (EVANGELISTA, 1993) apresentam variações sazonais pequenas em relação ao Lago Novo, que também, apresenta valores de temperatura mais elevados devido, talvez, sua localização geográfica (hemisfério norte), mais próximo a linha do Equador.

Tabela 6.1 - Comparação dos valores de temperatura, em °C , medidos no Lago Novo com valores medidos em outros lagos, em períodos climáticos distintos. Compilados a partir de VITAL (op. cit.), RIBEIRO (op. cit.) e EVANGELISTA (op. cit.).

LAGOS	ESTIAGEM			CHUVOSO		
	MÁX	MÍN	MÉD	MÁX	MÍN	MÉD
ARARI	29,5	26,3	27,9	28,9	25	27,7
BOLONHA E ÁGUA PRETA	-	-	30	-	-	30
RESERVATÓRIO DE TUCURUI	-	-	30	-	-	28,7
NOVO	37,7	30,1	34,1	29,9	27,4	29

6.2 - pH

O pH das águas representa as condições de acidez ou alcalinidade da mesma, expressando as concentrações de íons de hidrogênio (BRAZ, 1985; FENZL, 1988). O pH é um importante fator ecológico que controla a atividade respiratória de animais e plantas (PINHEIRO, 1987), sendo bastante importante na capacidade de adsorção das argilas (Livingstone apud RIBEIRO, op. cit.). Dois processos são fundamentais na variação do pH das águas: os

processos produtivos (fotossintéticos) que podem elevar o pH e os processos de decomposição da matéria orgânica e respiração dos organismos, que diminuem o pH (Schäffer apud EVANGELISTA, 1993).

No Lago Novo os valores de pH medidos durante o período de estiagem (Figura 6.1) foram: máximo de 7,95, mínimo de 6,30 e médio de 7,28, enquanto que no período chuvoso (Figura 6.2) os valores foram: máximo de 6,90, mínimo de 5,65 e médio de 6,15.

Pode-se observar na Tabela 6.2, que os valores de pH do Lago Novo representam águas mais alcalinos que as dos lagos Arari (VITAL, 1988), Bolonha e Água Preta (RIBEIRO, 1992) e Reservatório de Tucuruí (EVANGELISTA, op. cit.), e mesmo no período chuvoso as águas são pouco ácidas.

6.3 - CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE)

A condutividade reflete a quantidade de eletrólitos da água cuja concentração é controlada principalmente pelo tipo de rocha onde está implantada a bacia fluvial (Santos apud PINHEIRO, 1987). Em regiões tropicais, a condutividade está relacionada as características geoquímicas e condições climáticas locais (Esteves apud VITAL, op. cit.). A CE está diretamente relacionada com a salinidade, podendo caracterizar desta forma a influência de águas marinhas em estuários, lagoas, lagoas e lagos.

Para o período de estiagem, foram observados os seguintes valores de CE no Lago Arari: máximo de 100 $\mu\text{mho/cm}$ (94 $\mu\text{S/cm}$), mínimo de 82 $\mu\text{mho/cm}$ (77 $\mu\text{S/cm}$) e médio de 90 $\mu\text{mho/cm}$ (84 $\mu\text{S/cm}$), enquanto o Reservatório de Tucuruí apresentou valores inferiores, em torno de 50 $\mu\text{S/cm}$, os lagos Bolonha e Água Preta apresentaram valores maiores: máximo de 243 $\mu\text{mho/cm}$ (228,4 $\mu\text{S/cm}$) e mínimo de 150 $\mu\text{mho/cm}$ (141 $\mu\text{S/cm}$), influenciados por águas salobras do estuário Guajarino.

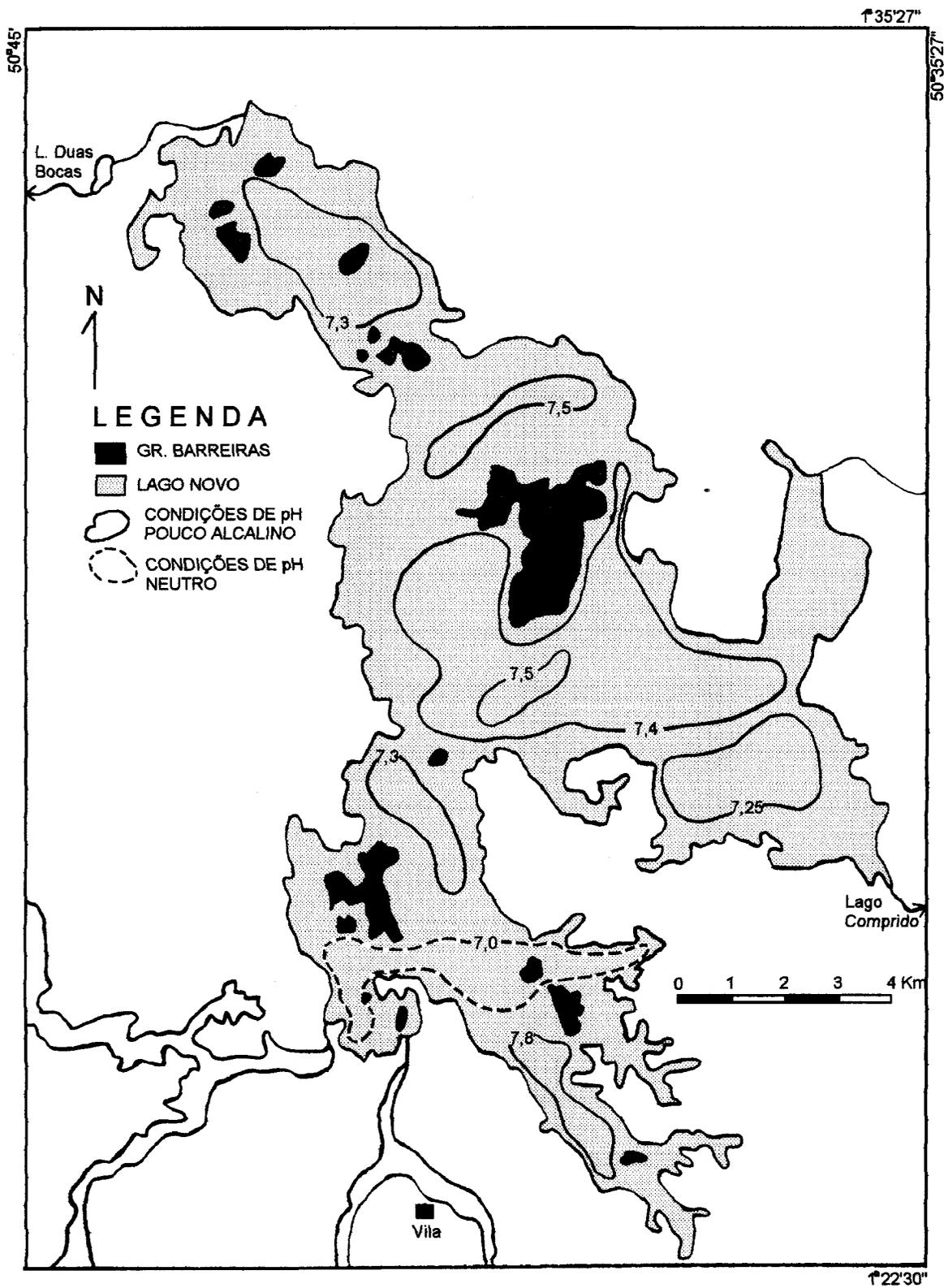


Figura 6.1 - Mapa mostrando a distribuição de pH através de curvas de isovalores médios. Período de estiagem.

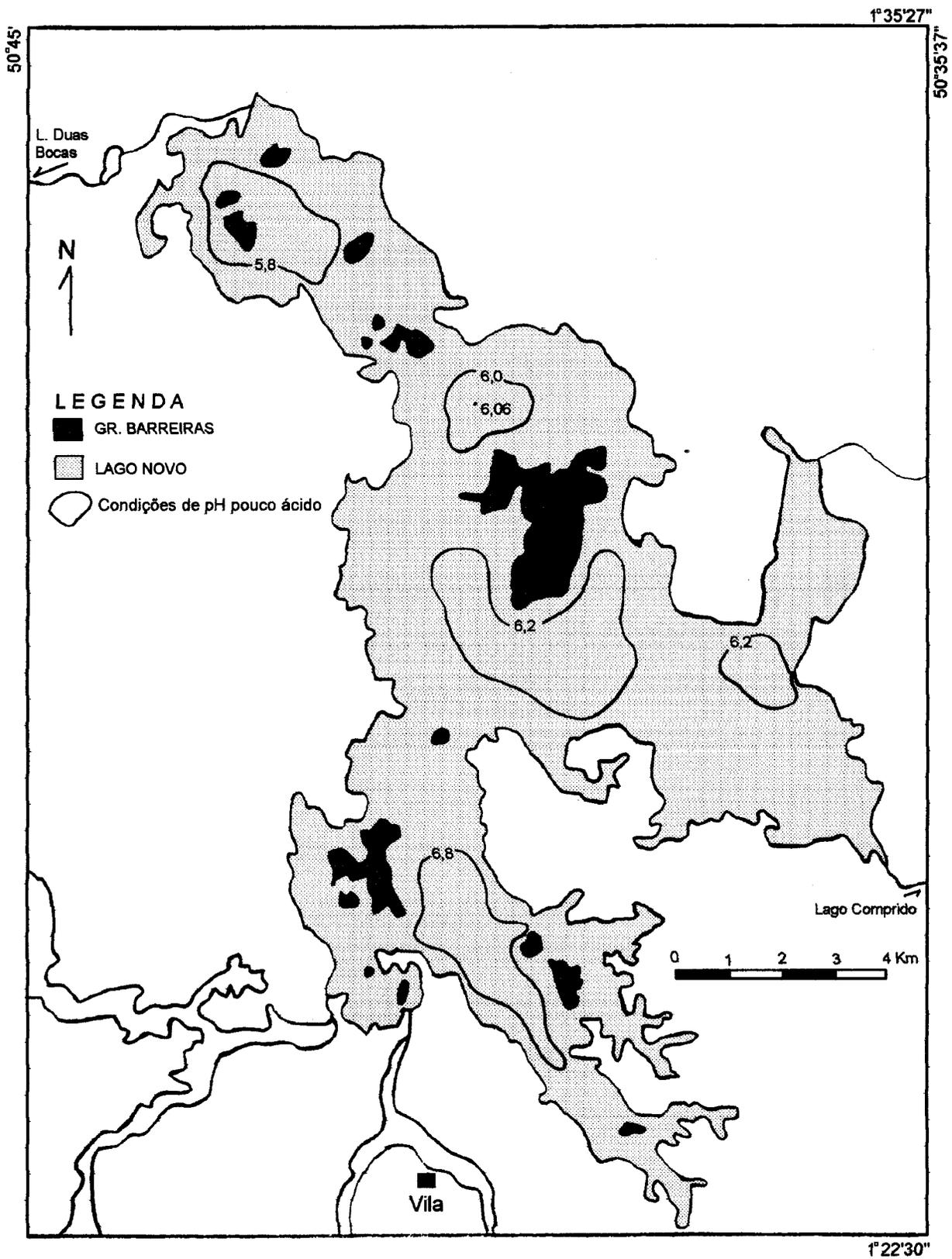


Figura 6.2 - Distribuição de pH através de curvas de isovalores médios. Período chuvoso.

Tabela 6.2 - Comparação dos valores de pH medidos no Lago Novo com os de outros lagos amazônicos, nos períodos sazonais distintos. Compilados a partir de VITAL (1988), RIBEIRO (1992) e EVANGELISTA (1993).

LAGOS	ESTIAGEM			CHUVOSO		
	MÁX	MÍN	MÉD	MÁX	MÍN	MÉD
ARARI	7,0	6,5	6,8	7,9	6,1	7,0
BOLONHA E AGUA PRETA	6,03	5,0	-	6,11	4,45	-
RESERVATORIO DE TUCURUI	-	-	6,95	-	-	6,73
NOVO	7,95	6,30	7,28	6,90	5,65	6,15

Para o período de estiagem, os valores de CE medidos estão distribuídos no Lago Novo, conforme a Figura 6.3. Os valores são: máximo de 38,6 $\mu\text{S/cm}$, mínimo de 17,33 $\mu\text{S/cm}$ e valor médio de 24,96 $\mu\text{S/cm}$; enquanto que no período chuvoso, os valores máximo, mínimo e médio, foram respectivamente: 41 $\mu\text{S/cm}$, 9,2 $\mu\text{S/cm}$ e 21,92 $\mu\text{S/cm}$ e sua distribuição pode ser visualizada na Figura 6.4. Esses valores, nos dois períodos sazonais, são bastante modestos, indicando que não existe qualquer influência de águas salobras do estuário do rio Araguari nas águas do Lago Novo. Observa-se também uma inversão de valores nos setores do lago, quando da mudança do período sazonal.

Na Tabela 6.3, é possível observar valores pequenos de CE para alguns lagos da região como Lago Arari (VITAL, op. cit.) e Reservatório de Tucuruí (EVANGELISTA, op. cit.) e elevados para outros como Bolonha e Água Preta (RIBEIRO, op. cit.), que apresentam influência de águas salobras no período de estiagem.

6.4 - SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)

O STD representa a somatória de todos os íons dissolvidos na água. Segundo SILVA (1992), está diretamente relacionado com a condutividade elétrica. Os principais fatores

que influem nesta relação são: o clima, litologia, topografia, área da drenagem e pluviometria entre outros (FELLER & KIMMINS, 1979).

Tabela 6.3 - Comparação dos valores de condutividade elétrica, em $\mu\text{S/cm}$, medidos no Lago Novo com os de outros lagos amazônicos estudados, durante períodos sazonais diferentes. Modificados a partir de VITAL (1988), RIBEIRO (1992) e EVANGELISTA (1993).

LAGOS	ESTIAGEM			CHUVOSO		
	MÁX	MÍN	MÉD	MÁX	MÍN	MÉD
ARARI	94	77,1	84	75,2	47	61,1
BOLONHA E AGUA PRETA	228,4	141	-	51,7	23,5	-
RESERVATORIO DE TUCURUI	-	-	50	-	-	39
NOVO	38,61	17,33	24,96	41	9,2	21,92

Durante o período de estiagem, o Lago Novo apresentou valores baixos para STD, estando o valor máximo em 39 mg/L, o valor mínimo em 10,5 mg/L e o valor médio em 15,75 mg/L. Para o período chuvoso, os valores máximo, mínimo e médio, foram respectivamente 20,9 mg/L, 4,6 mg/L e 11,04 mg/L.

6.5 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DO LAGO NOVO

A classificação das águas do Lago Novo, foi baseada na proposta de RIBEIRO (1978), que utilizou os parâmetros físico-químicos (pH, temperatura, condutividade e O_2 dissolvido) para classificação das águas dos lagos na região Amazônica (Tabela 6.4), empregando a mesma classificação proposta por SIOLI (1951) e SIOLI & KLINGER (1962) para águas dos rios amazônicos.

Assim, de acordo com os valores observados nas Tabelas 6.4 e 6.5, pode-se classificar o Lago Novo como um lago de água branca. De acordo com a classificação dos lagos quanto ao sistema

hidrológico, proposto por READING (1986), o Lago Novo pode ser definido como lago hidrologicamente aberto.

Tabela 6.4 - Classificação proposta para os lagos amazônicos a partir de parâmetros físico-químicos (Ribeiro apud VITAL, 1988).

TIPOS DE LAGOS	LAGO DE ÁGUA	LAGO DE ÁGUA	LAGO DE ÁGUA
	PRETA	BRANCA	CLARA
PARÂMETROS			
pH	4,5-5,0	6,5-7,7	5,1-5,3
TEMPERATURA °C	25,9-29,9	27,5-29,5	29,2-30,0
CONDUTIV. mho/cm	6,97-9,04	46,26-60,48	4,11-4,54
O ₂ DISSOLV.mg/L	1,60-9,20	3,00-8,20	6,40-7,20

Tabela 6.5 - Valores dos parâmetros físico-químicos medidos no Lago Novo, durante o período de estiagem (outubro/1995) e período chuvoso (fevereiro/1996).

PARÂMETROS	ESTIAGEM			CHUVOSO		
	MÁX	MÍN	MÉD	MÁX	MÍN	MÉD
TEMPERATURA (°C)	37,7	30,1	34,1	29,9	27,4	29,9
pH	7,95	6,30	7,28	6,90	5,65	6,15
CONDUTIVIDADE (µS/cm)	38,61	17,33	24,96	41	9,20	21,92
STD (mg/L)	39	10,5	15,75	20,90	4,60	11,04

6.6 - DISCUSSÃO

Os valores de temperatura, observados nas águas do Lago Novo, nos diferentes períodos climáticos indicam variações diurnas pequenas em média inferiores a 3° C e variações sazonais expressivas, geralmente superiores a 5° C.

De acordo com a Figura 6.1, observa-se que as águas do lago apresentam valores médios de pH, no período de estiagem, variando de 7,3 a 7,8, indicando condições de pH pouco alcalino e caracterizando uma forte influência da rede de drenagem que deságua principalmente nas extremidades norte e sul do Lago Novo, atravessando as rochas cristalinas (granitóides, Suíte Intrusiva Ananai-Tartarugal Grande, Grupo Vila Nova e Suíte Metamórfica Lourenço) e os sedimentos do Grupo Barreiras (Figura 4.4).

A Figura 6.2 mostra que os valores de pH durante o período chuvoso indicam condições de pH pouco ácido, relacionadas ao maior volume de água no lago (sazonalidade) e à grande quantidade de matéria orgânica produzida durante esse período. No entanto, deve-se destacar como principal sistema de drenagem, aquele que deságua na extremidade sul do lago, já que, mesmo no período chuvoso, as águas desse setor do lago apresentam valores de pH próximo do neutro.

Na distribuição de condutividade elétrica observada nas Figuras 6.3 e 6.4, verifica-se que ocorre uma inversão de valores devido a variação sazonal. Esta inversão é clara na extremidade norte do lago, que apresentou, no período de estiagem, valores inferiores a 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e, durante o período chuvoso, atingiu valores superiores a 35 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estes baixos valores de condutividade elétrica descartam qualquer influência de águas salobras do Rio Araguari no Lago Novo.

Os valores reduzidos de STD indicam a pequena quantidade de íons dissolvidos nas águas do Lago Novo.

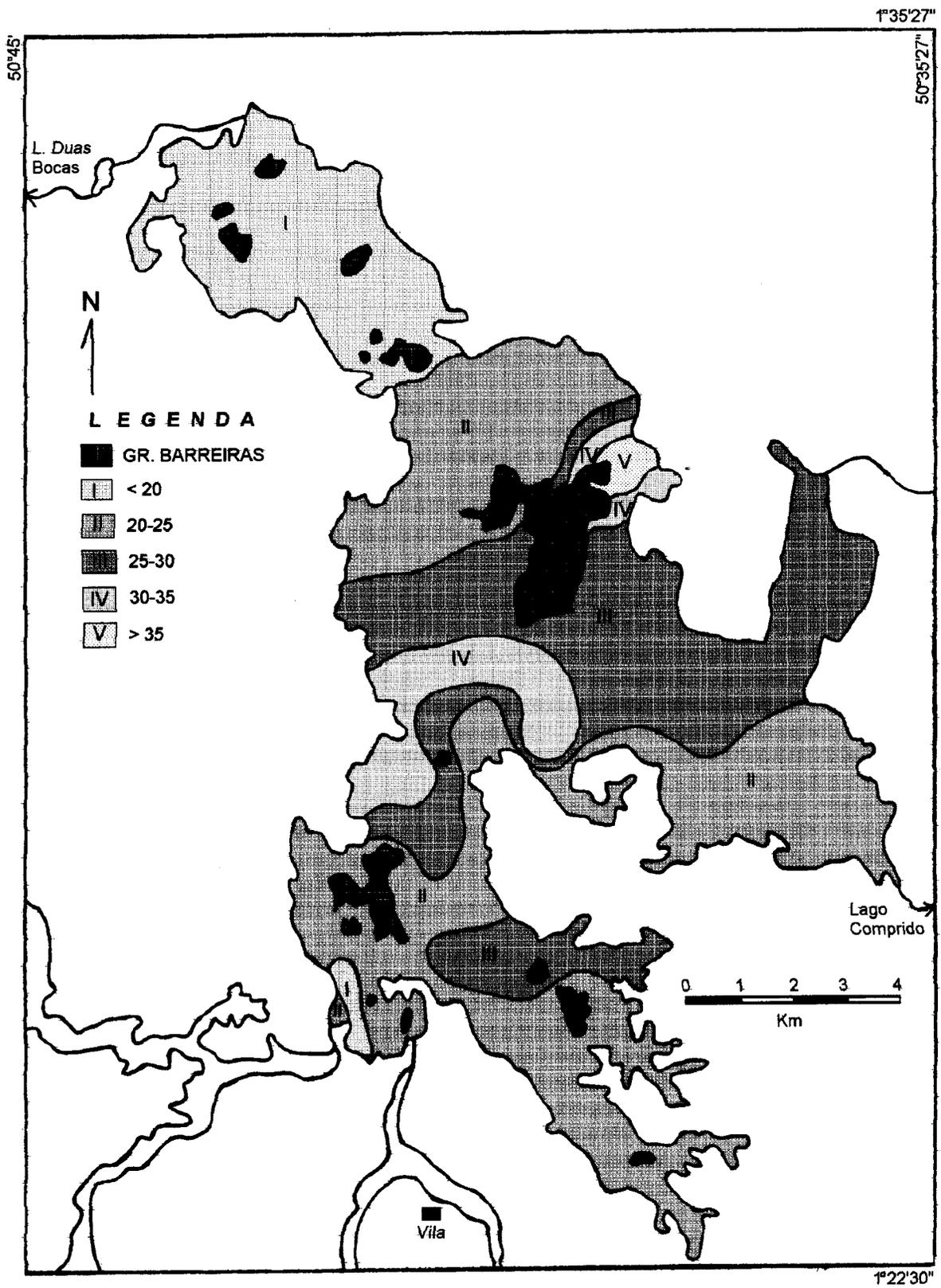


Figura 6.3 - Distribuição da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) no Lago Novo. Período de estiagem. Condutividade a 25°C .

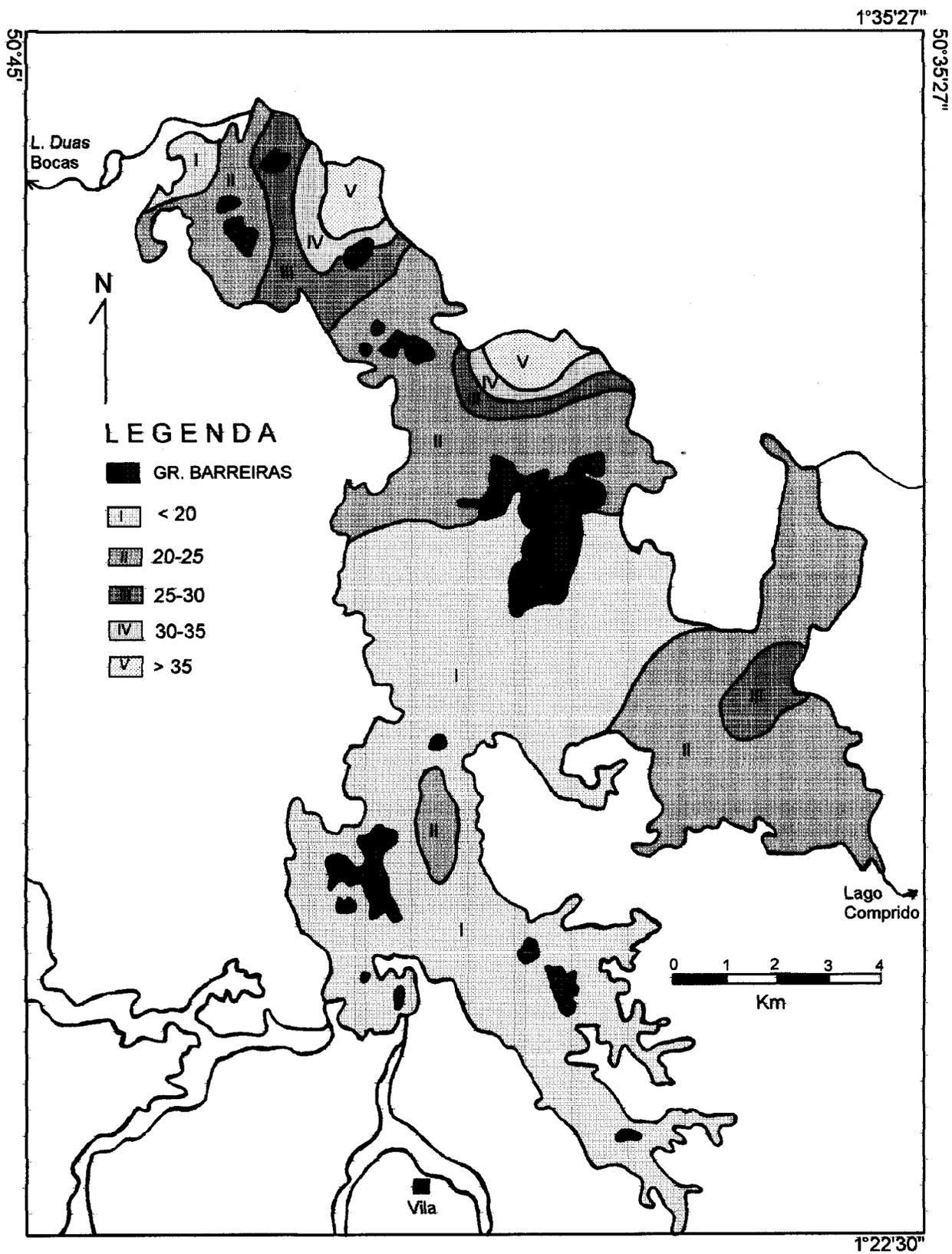


Figura 6.4 - Distribuição da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) no Lago Novo. Período chuvoso. Condutividade a 25°C .

7 - QUANTIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO

Os resultados das análises efetuadas nas águas do Lago Novo, mostraram uma pequena quantidade de sedimentos em suspensão (Tabela 7.1), acusando valores inferiores a 20 mg/L, sendo portanto, descartada qualquer atividade e/ou análise para esses sedimentos.

Tabela 7.1 - Quantificação dos sedimentos em suspensão nas águas do Lago Novo. Período de estiagem.

LOCAL DE AMOSTRAGEM	PONTOS	VALOR (mg/L)
Porção Sul	01	12,7
	07	16,1
	11	12,4
Porção Central	23	12,3
	25	17,1
	37	17,2
Porção Norte	40	19,5
	42	17,2
	43	15,1

8 - ANÁLISE TEXTURAL DOS SEDIMENTOS DE FUNDO

8.1 - CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO

De acordo com a classificação proposta por KUKAL (1971), os sedimentos de fundo coletados no Lago Novo são de dois tipos: sedimentos clásticos ou mecânicos e sedimentos orgânicos.

8.1.1 - Sedimentos Clásticos

Segundo KUKAL (1971), a distribuição granulométrica desses sedimentos está relacionada a vários fatores: dimensão e condições hidrodinâmicas do lago, diferença topográfica (relevo da área, profundidade e gradiente do fundo do lago) e suprimento de material sedimentar). Estes sedimentos podem ser correlacionados aos sedimentos terrígenos da classificação de FOLK (1974).

8.1.2 - Sedimentos Orgânicos

Segundo KUKAL (1971), a distribuição dos lagos é controlada pelas propriedades das águas, características do fundo do lago, circulação das águas em profundidade, luz e quantidade de nutrientes. Esses sedimentos são importantes pois só ocorrem em lagos, sendo um dos principais responsáveis pela produtividade desse ecossistema.

A observação macroscópica desse material revelou a presença de restos de fauna e plantas resultantes do produto de processos bacteriológicos em condições redutoras, que permitiu classificá-los como sapropel. Devido a falta de reagentes químicos, não foi possível fazer qualquer avaliação mais contundente em relação a matéria orgânica.

8.2 - DISTRIBUIÇÃO FACIOLÓGICA DOS SEDIMENTOS

De acordo com o resultado da análise granulométrica das 45 amostras analisadas, os sedimentos de fundo do Lago Novo foram subdivididos em 5 classes texturais, seguindo a classificação de Sheppard apud SUGUIO (1973): areia, areia-siltosa, silte-arenoso, silte, silte-argiloso (Figura 8.1).

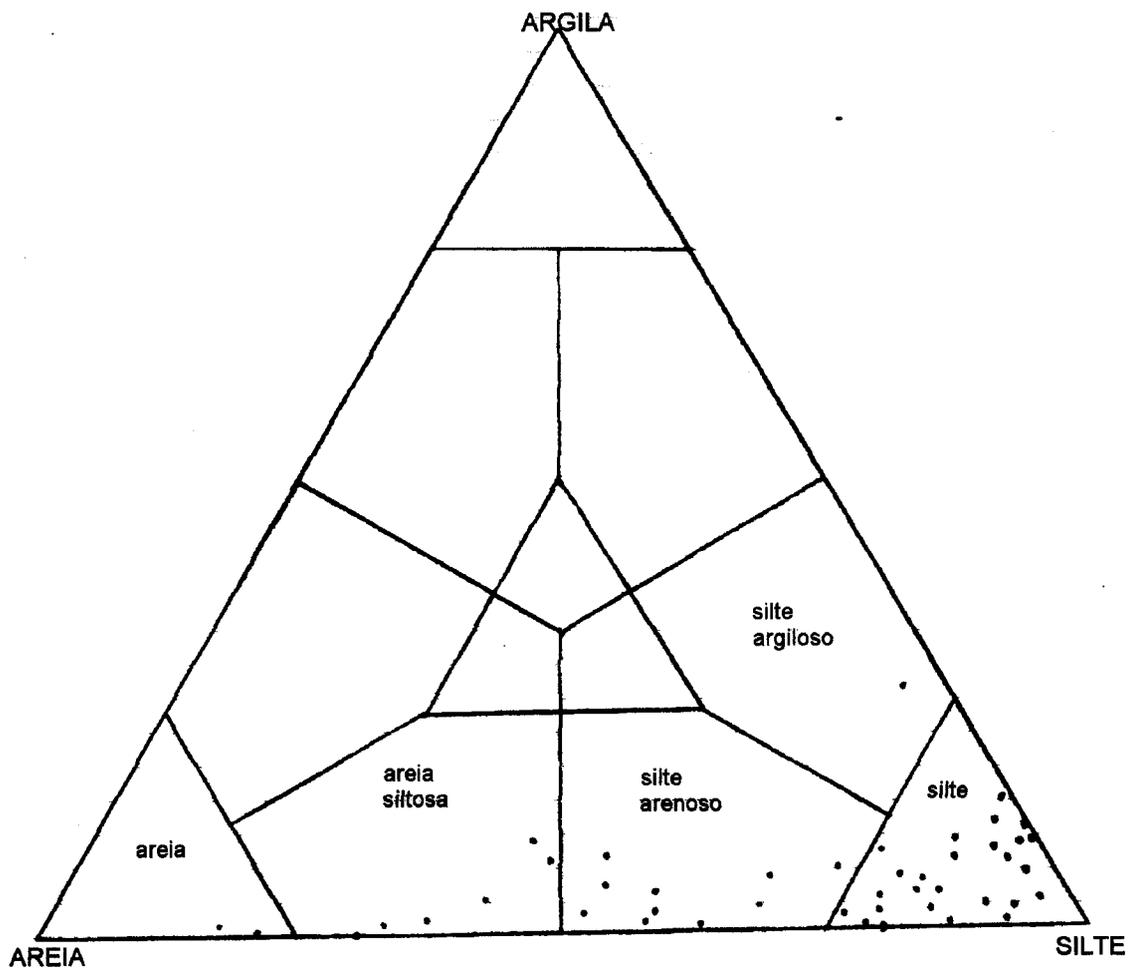


Figura 8.1 - Diagrama mostrando a distribuição textural das amostras segundo a classificação de Sheppard apud SUGUIO (1973).

A classe granulométrica mais abundante é o silte com 57,8%, seguido de silte-arenoso 22,2%, areia-siltosa 13,3%, areia 4,5% e silte-argiloso com 2,2%. Deve-se ressaltar, entretanto, que apesar das classes silte-arenoso e areia-siltosa, representarem respectivamente, a segunda e terceira classe granulométrica mais abundante nos sedimentos de fundo do Lago Novo, ambas são tratadas em conjunto, na análise faciológica, devido a distribuição irregular das mesmas dentro do lago.

O mapa de distribuição faciológica dos sedimentos de fundo do Lago Novo (Figura 8.2), esboçado a partir da análise textural (granulométrica) e da morfologia de fundo revela a ocorrência de 4 fácies sedimentares: fácies arenoso, fácies areno-siltoso/silte-arenoso, fácies siltoso e fácies silte-argiloso.

O fácies arenoso ocupa uma área aproximada de 6% e ocorre de forma isolada em duas porções marginais da porção sul do lago. A distribuição deste fácies está relacionada basicamente a foz de algumas drenagens que deságuam no Lago Novo, sugerindo que os sedimentos desse fácies provém dessas drenagens.

O fácies areno-siltoso/silte-arenoso ocupa uma área aproximada de 47% do lago. Ocorre nas áreas mais rasas do lago, geralmente das margens até a isóbata de 2 m, exceto na porção sul onde apresenta-se em áreas com profundidades de 3,0 m a 3,3 m, relacionadas aos pontos 12, 13, 30 e 31.

O fácies siltoso ocupa uma área aproximada de 44% do lago e ocorre nas áreas de maior profundidade do lago, geralmente a partir da isóbata de 2m.

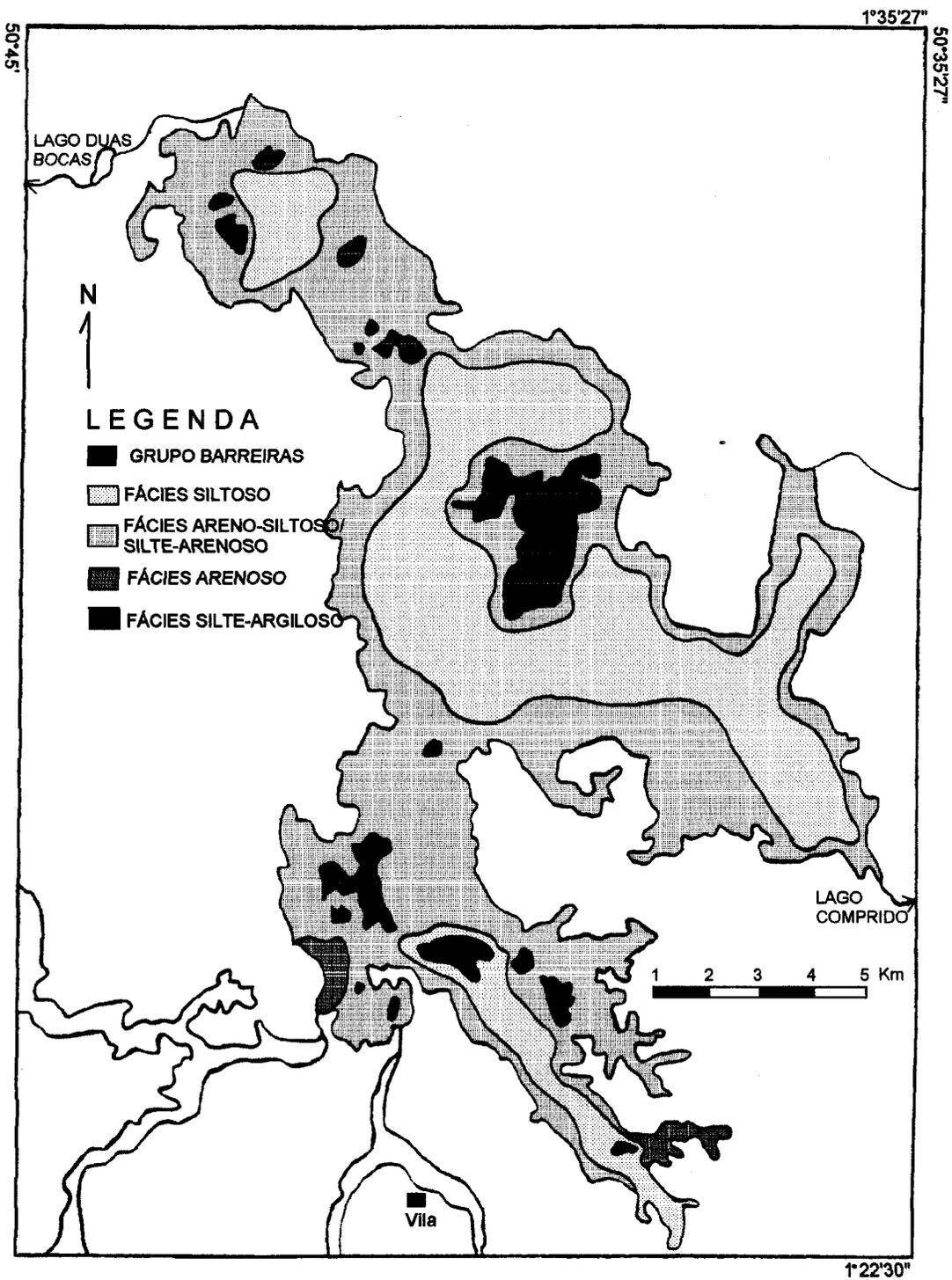


Figura 8.2 - Distribuição faciológica dos sedimentos de fundo do Lago Novo, a partir da classificação granulométrica de sedimentos proposta por Sheppard apud SUGUIO (1973).

O fácies silte-argiloso, ocupando uma área aproximada de 3% do lago, ocorre de forma isolada na porção sul do lago, em uma área com profundidade superior a 3 m.

De acordo com a classificação de fácies lacustre proposta por GALLOWAY & HOBDAI (1983), a distribuição faciológica do Lago Novo é típica do fácies lacustre oxigenado terrígeno raso.

8.3 - ANÁLISE QUALITATIVA DAS ARGILAS

Os argilo-minerais são silicatos hidratados, que estruturalmente apresentam-se em camadas ou folhas, e mais raramente em cadeias. Os principais grupos de argilo-minerais são: kanditas (caulinita), esmectita, clorita, ilita e vermiculita, seguindo-se ainda, os argilo-minerais interestratificados e o grupo da palygorskita (GRIM, 1953; THOREZ, 1976; GOMES, 1988).

Nas amostras analisadas, foram identificados no Lago Novo 4 grupos de argilo-minerais (Figura 8.3): Grupo da Caulinita, Grupo da Esmectita, Grupo da Ilita e Grupo da Clorita, cuja distribuição ocorre conforme mostra a Tabela 8.1, Figura 8.4.

Conforme a Tabela 8.1 e Figura 8.4, pode-se observar que na extremidade sul dos lagos, a presença de argilo-minerais do grupo da esmectita é rara, ocorrendo somente nos pontos 5 e 6.

Deve-se ainda, mencionar, a presença do quartzo e um mineral restrito ao ponto 37 (Figura 8.3), o qual não pôde ser identificado através da metodologia empregada. Todavia, este mineral deve representar um mineral típico de produto intempérico.

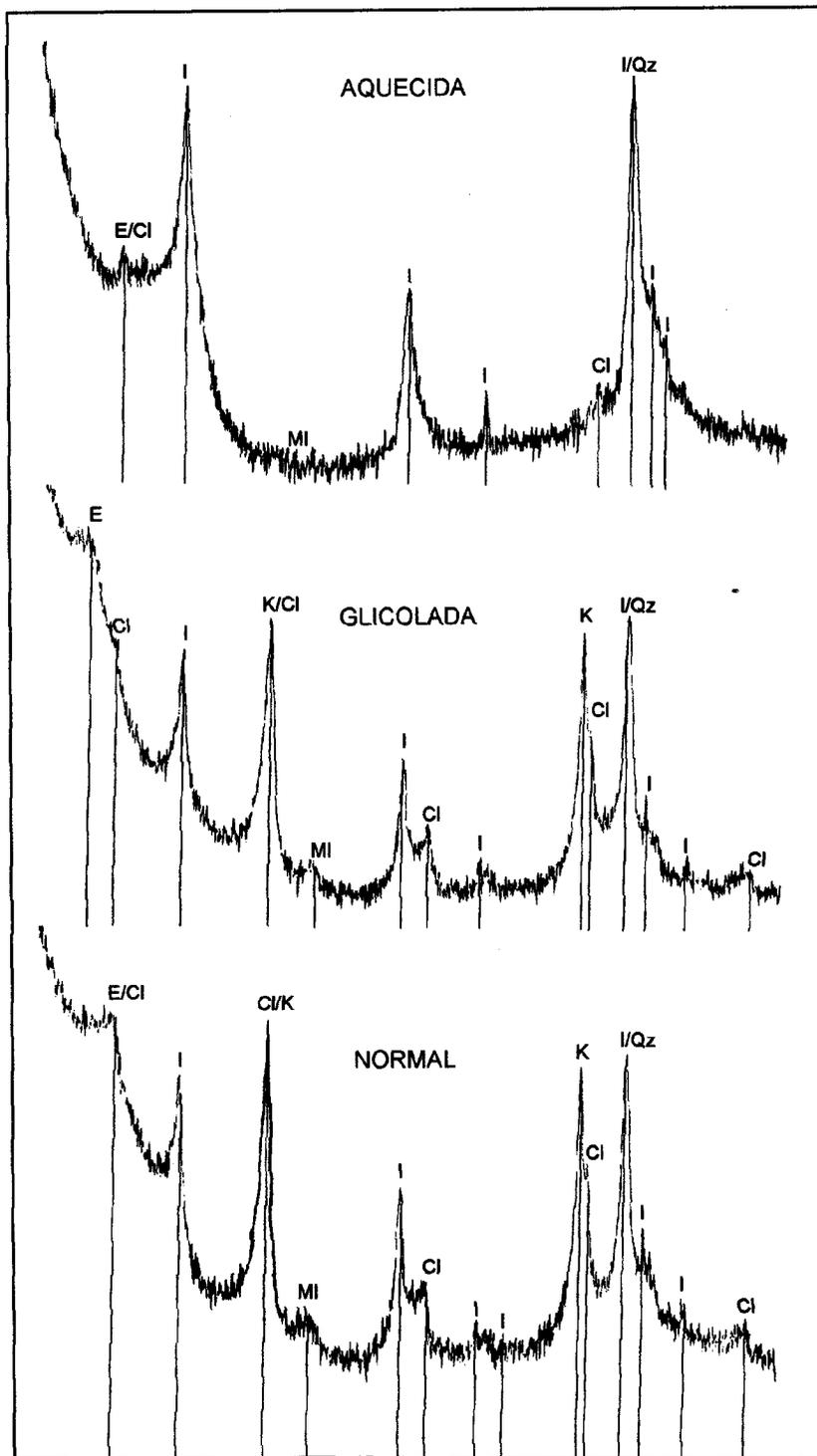


Figura 8.3 - Difractogramas mostrando os grupos de argilo-minerais (caulinita-K, illita-I, esmectita-E e clorita-Cl) identificados nos sedimentos de fundo do Lago Novo. Notar ainda a presença de quartzo (Qz) e de um mineral não identificado (MI).

Tabela 8.1 - Grupos de argilo-minerais presentes nas amostras analisadas.

PONTO	CLORITA/ CAULINITA	ESMECTITA	ILITA
WC-03	X		X
WC-04	X		X
WC-05	X	X	X
WC-06	X	X	X
WC-07	X		X
WC-12	X		X
WC-13	X		X
WC-14	X	X	X
WC-16	X		X
WC-17	X	X	X
WC-18	X	X	X
WC-20	X	X	X
WC-21	X	X	X
WC-22	X	X	X
WC-23	X	X	X
WC-37	X	X	X
WC-42	X	X	X

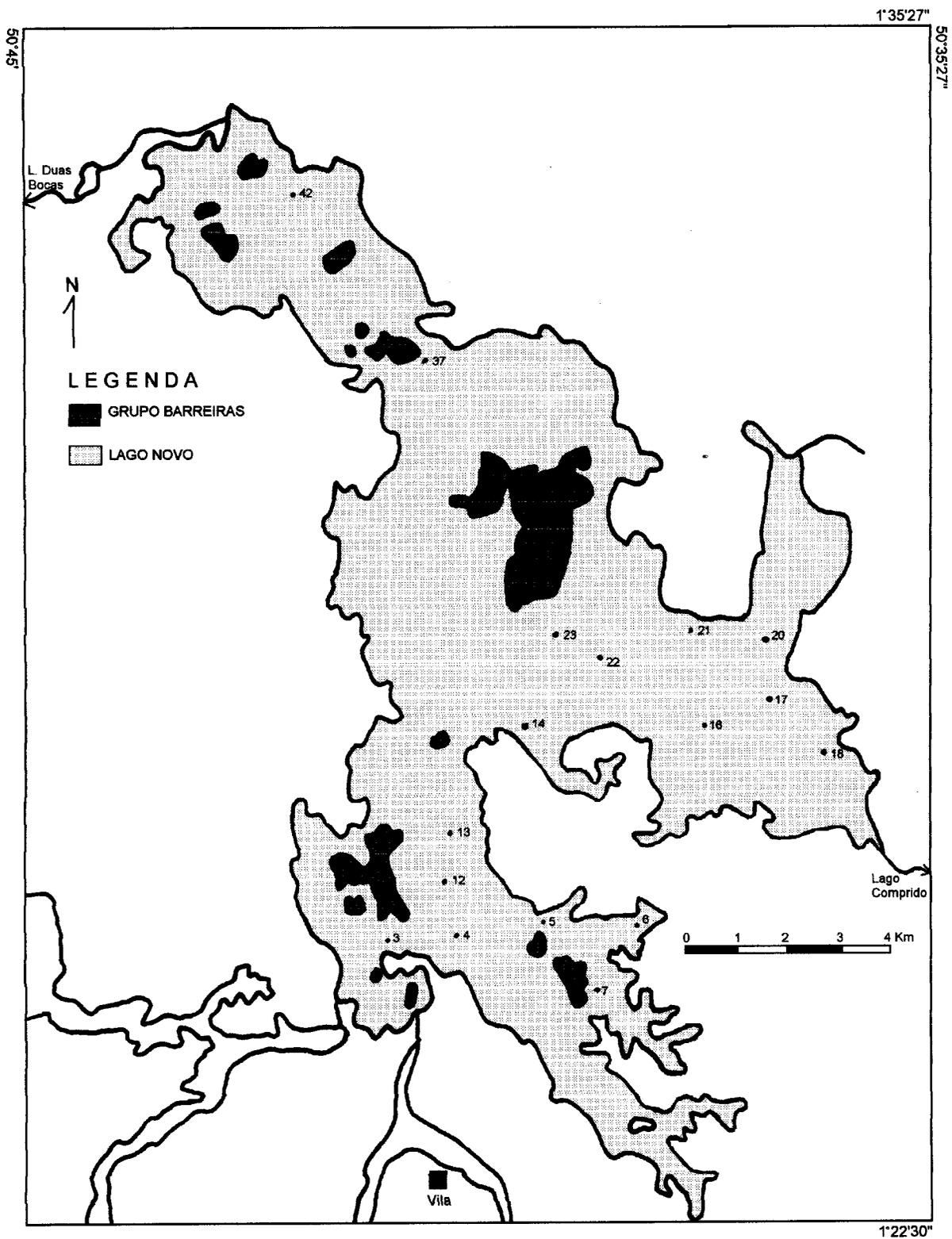


Figura 8.4 - Amostras de fundo analisadas qualitativa e semiquantitativamente para argilo-minerais nas águas do Lago Novo.

8.4 - ANÁLISE SEMI-QUANTITATIVA

Os resultados das análises semi-quantitativas, através dos métodos de GOMES (1988) (Tabela 8.2) e BYSCAYE (1965), possibilitam a definição de 4 zonas com paragênese distintas (Figura 8.5):

Tabela 8.2 - Percentual dos grupos de argilo-minerais encontrados nas amostras do Lago Novo, a partir da metodologia de GOMES (1988).

PONTOS DE AMOSTRAGEM	CAULINITA/ CLORITA (%)	ILITA (%)	ESMECTITA (%)
03	92,2	7,8	0
04	79,5	20,5	0
05	84,4	12,8	2,8
06	77,5	18,9	3,6
07	85,9	14,1	0
12	89,6	10,4	0
13	87,3	12,7	0
14	71,4	12,3	16,3
16	85,9	14,1	0
17	49,4	9,6	41,0
18	68,9	18,7	12,4
20	51,4	7,9	40,7
21	38,7	16,0	45,3
22	75,0	16,8	8,2
23	69,9	8,2	21,9
37	76,7	15,8	7,5
42	50,3	10,5	39,2

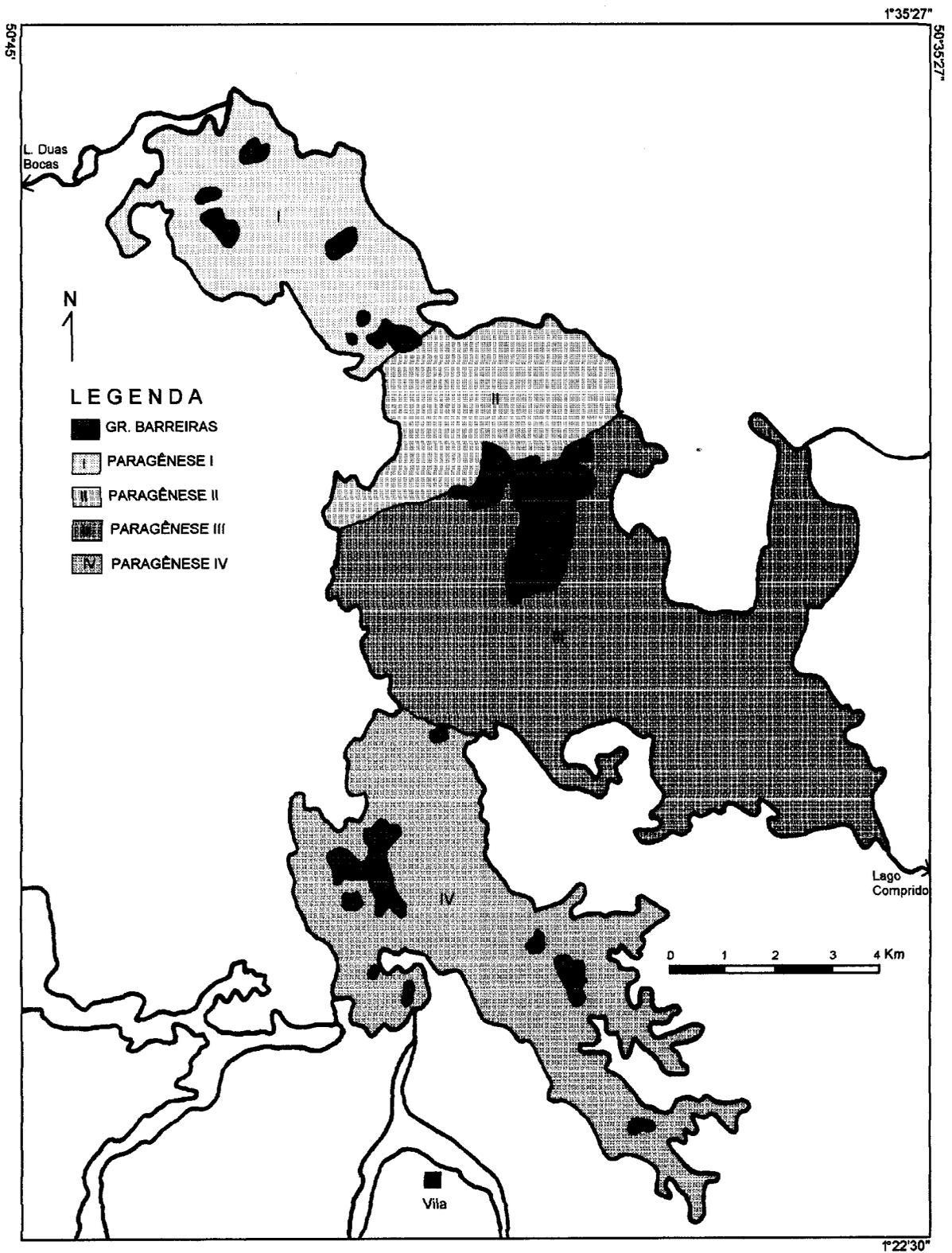


Figura 8.5 - Zoneamento produzido pelas paragêneses dos argilo-minerais, determinados a partir das razões entre os mesmos.

PARAGÊNESE I: Localizada na porção norte do lago onde, os valores de caulinita são pouco mais elevados que a esmectita e ambos maiores que os valores de ilita, sendo a razão caulinita/esmectita de 1,3/1 e a razão caulinita/ilita 5/1 (esmectita \cong caulinita/clorita > ilita).

PARAGÊNESE II: localizada na extremidade norte da parte central do lago, caracteriza-se por apresentar caulinita com valores muito maiores que a esmectita, com predomínio de ilita sobre esmectita, sendo a razão caulinita/esmectita 10/1 e a razão caulinita/ilita 5/1 (esmectita << caulinita/clorita > ilita).

PARAGÊNESE III: ocupa o restante da parte central do lago onde, ocorre o predomínio da caulinita sobre esmectita e ilita e, de esmectita sobre ilita, sendo a razão caulinita/esmectita 3,3/1 e a razão caulinita/ilita 6/1 (esmectita < caulinita/clorita >> ilita).

PARAGÊNESE IV: localiza-se na parte sul do lago, onde a caulinita é muito mais abundante que a esmectita e a ilita. Apresenta predomínio de ilita sobre esmectita, sendo a razão caulinita/esmectita 26,4/1 e a razão caulinita/ilita 8,2/1 (esmectita << caulinita >> ilita).

8.5 - DISCUSSÃO

A abundância de caulinita nas amostras analisadas, está relacionada ao seu confinamento à regiões tropicais úmidas (baixa latitude), com uma boa rede de drenagem, correspondendo ao produto dos processos intempéricos em feldspatos, muscovita e biotita (CORRÊA, 1978; BJØRLYKKE, 1989). Estes minerais são típicos de rochas granito-gnaissicas do Complexo Guianense que ocorrem próximas a área de trabalho.

A presença de esmectita nos sedimentos do Lago Novo está relacionada basicamente as rochas de composição básica

pertencentes aos terrenos cristalinos da região e aos sedimentos do Grupo Barreiras que compõem a parte da área estudada. Sua abundância sobre a ilita nas paragêneses I e III sugere que a esmectita originou-se a partir da alteração da ilita por ataque de ácidos húmicos (BJØRLYKKE, 1989; MENDES, 1994) e pelo retrabalhamento dos sedimentos do Grupo Barreiras, onde está instalado o Lago Novo.

A abundância do grupo da ilita sobre o grupo da esmectita na paragênese II e IV, deve estar relacionada a sua origem por dois processos: processos de divisão mecânica de micas primárias e processos deutéricos de feldspatos, micas metamórficas e sedimentares, ou ainda por combinação de íons em solução resultantes da meteorização de alumino silicatos (GOMES, 1988).

A clorita que foi estudada em conjunto com a caulinita na análise semi-quantitativa, apresenta valores inferiores aos da caulinita, ilita e esmectita, pois segundo BISCAYE (1965) e BJØRLYKKE, 1989), a clorita concentra-se em áreas de clima frio (altas latitudes) e é rapidamente erodida e alterada.

De um modo geral, os valores percentuais médios dos grupos de argilo-minerais que ocorrem na Costa do Amapá e no Lago Novo (Tabela 8.3), situado na planície costeira interna, mostram uma variação significativa nos teores de caulinita, ilita e esmectita em função da distância das rochas do embasamento e das condições físico-químicas das águas (pH, salinidade, etc.). O elevado teor da esmectita nos sedimentos da costa deve-se a sua proveniência nos Andes e posterior carreamento pelo rio Amazonas.

Tabela 8.3 - Comparação entre os percentuais de argilo-minerais na Costa do Amapá e no Lago Novo.

LOCALIZAÇÃO	CAULINITA/CLORITA (%)	ILITA (%)	ESMECTITA (%)
Costa do Amapá*	32	31	37
Planície Costeira Interna (Lago Novo)	72,6	13,4	14

*FONTE: MENDES (1994)

9 - INTEGRAÇÃO DOS DADOS

De acordo com o mapa batimétrico foi possível definir 3 setores distintos, que apresentam condições físico-químicas e sedimentares assim relacionadas:

No Setor Norte, onde o fundo é relativamente plano e a profundidade média é de 2,40 m (Figura 5.1 e 5.2A), ocorrem sedimentos das classes granulométricas areia-siltosa e silte-arenoso em maior escala e, silte, em menor quantidade (Figura 8.1). Nesse setor a ocorrência de argilo-minerais do grupo da caulinita é maior que o da ilita e aproximadamente igual ao de esmectita. Os valores de pH, tanto nesse setor do lago como no Setor Central, variam de pouco alcalino, no período de estiagem, para pouco ácido, no período chuvoso (figuras 6.1 e 6.2). Os valores de condutividade elétrica que, durante o período de estiagem são inferiores a 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, passam, no inverno, para valores superiores a 35 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figuras 6.3 e 6.4).

No Setor Central o fundo é relativamente plano, apresentando porém algumas depressões e profundidade média de 2,55 m (Figuras 5.1 e 5.2b). Os sedimentos são predominantemente da classe granulométrica silte, seguido das classes areia-siltosa e silte-arenosa (Figura 8.1). Os argilo-minerais do grupo caulinita/clorita são muito mais abundantes que o da esmectita e, predominantes em relação a ilita na porção norte desse setor; enquanto que na porção sul desse setor, o grupo caulinita/clorita é muito mais abundante que a ilita e com leve predomínio sobre o grupo da esmectita. Os valores de pH variam conforme citado no parágrafo anterior (Figura 6.1 e 6.2); enquanto que os valores de condutividade elétrica no período de estiagem variam de 20-35 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e, no período chuvoso, predominam valores inferiores a 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo ocorrer valores superiores a 35 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figuras 6.3 e 6.4).

O Setor Sul apresenta fundo irregular, um extenso canal de direção NW-SE e possui profundidade média de 3,04 m (Figuras 5.1 e 5.2c). Nesse setor ocorrem sedimentos das 5 classes granulométricas descritas no capítulo 8.2, com destaque para as classes siltica-argilosa encontrada somente na parte central do canal e, areia, encontrada em porções isoladas das margens do lago. Os valores de pH no período de estiagem variam de neutro a pouco alcalino; enquanto que no período chuvoso são pouco ácidos (Figura 6.1 e 6.2). Os valores de condutividade elétrica durante a estiagem, estão na faixa de 20-30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto que no período chuvoso predominam valores inferiores a 20- $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 6.3 e 6.4).

10 - CONCLUSÕES

De acordo com os resultados das análises morfológicas, dos sedimentos de fundo, dos parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e sedimentos em suspensão) das águas do Lago Novo, bem como a partir da distribuição textural e análises qualitativas e semi-quantitativas dos argilo-minerais relacionados aos aspectos geológicos e geomorfológicos da área, pode-se concluir o seguinte:

O Lago Novo está situado na porção interna da planície costeira do Estado do Amapá, apresenta-se alongado segundo a direção NW-SE, com uma área aproximada de 104 km².

As unidades geomorfológicas presentes na área do Lago Novo são os relevos de colinas e as planícies de inundação. O Lago Novo está instalado sobre os sedimentos siltico-argilosos do Grupo Barreiras e sobre sedimentos recentes representados por material siltico-argiloso com intercalação de areia. Tanto a sedimentação, quanto as condições físico-químicas sofrem uma grande influência de rochas cristalinas (granitos, Suite Intrusiva Ananai - Tartarugal Grande, Grupo Vila Nova e S. M. Lourenço), que ocorrem na região.

As profundidades, mínima e máxima, do Lago Novo são de 1,5 m e 3,4 m, respectivamente. De acordo com as isóbatas, o lago pode ser compartimentado em 3 partes, norte, central e sul. Na parte sul, encontra-se o canal principal de direção NW-SE, com profundidades superiores a 3 m.

As águas do lago apresentam em termos de temperatura, uma variação sazonal muito mais significativa que a variação diurna,

com temperaturas médias, no inverno e verão de 29, 9° C e 34,1° C, respectivamente.

Os valores de pH, apresentam variações significativas com a sazonalidade. Durante o período chuvoso, as águas são pouco ácidas e no período de estiagem, são pouco alcalinas. Essa variação se deve basicamente ao volume de água no lago e a influência da drenagem em rochas de composição alcalina do embasamento.

Os valores de condutividade elétrica indicam que não existe qualquer influência das águas salobras do estuário do rio Araguari nas águas do lago.

Os valores medidos de STD e de sedimentos em suspensão indicam poucos íons dissolvidos e quantidade de sedimentos em suspensão inferiores a 20 mg/l nas águas do Lago Novo, o que permitem caracterizá-lo como um lago de água branca.

De acordo com a classificação dos lagos, quanto ao sistema hidrológico, o Lago Novo pode ser definido como um lago hidrologicamente aberto.

Os sedimentos do lago são em sua maioria, o produto do carreamento de partículas através das drenagens de áreas adjacentes, bem como a erosão de suas margens. Os sedimentos que compõem o fundo do lago são de dois tipos: clásticos e orgânicos (sapropel). Texturalmente, os sedimentos de fundo estão distribuídos em 5 classes: areia, areia-siltosa, silte-arenoso, silte e silte-argiloso. O silte é o mais abundante com 57,8%, seguido do silte-arenoso com 22,2%, areia-siltosa com 13,3, areia com 4,5% e silte-argiloso com 2,2%. Em termos de distribuição faciológica, o fácies areno-siltoso/silte-arenoso ocupa em torno de 47% da área do Lago Novo, enquanto que o fácies siltoso 44%. Ocupando menores áreas ocorrem os fácies arenoso e silte-argiloso com 6% e 3%, respectivamente. Essa distribuição faciológica é

típica do fácies lacustre oxigenado terrígeno raso proposto por GALLOWAY & HOBDAV (1983).

As análises qualitativas das argilas do fundo do lago permitiram identificar 4 grupos de argilo-minerais: caulinita, esmectita, ilita e clorita (Figura 8.4).

As análises semi-quantitativas permitiram definir a caulinita como o grupo mais abundante com mais de 70%, seguido dos grupos da esmectita e ilita, que ocorrem praticamente com a mesma abundância, e finalmente ocorrem pequenas quantidades de cloritas. A partir das relações de abundância entre os argilo-minerais foi possível determinar quatro paragêneses distintas: paragênese I (esmectita \cong caulinita/ clorita > ilita); paragênese II (esmectita << caulinita/clorita > ilita) ; paragênese III (esmectita < caulinita/clorita >> ilita) e; paragênese IV (esmectita << caulinita/clorita >> ilita).

A predominância da caulinita está basicamente relacionada com as condições tropicais úmidas da área e pela influência de rochas de composição granito-gnáissicas que ocorrem próximas ao lago. Não se descartando a possibilidade de sua formação direta no lago, dependendo tão somente de adequadas condições físico-químicas, climáticas, topográficas e de drenagem.

A presença de esmectita deve ser considerada normal, e está ligada provavelmente a presença de rochas de composição básica do Complexo Guianense; ao retrabalhamento dos sedimentos do Grupo Barreiras; e a alterações da ilita. Da mesma forma que a caulinita, não se deve descartar a possibilidade de neoformação para a esmectita. Essa dúvida somente seria encerrada através de análises mais refinadas com uso do microscópio eletrônico de varredura, o que está fora dos objetivos da pesquisa.

A illita, presente nas paragênese, deve-se aos processos de divisão mecânica de micas primárias e deutéricas de feldspatos, micas metamórficas e sedimentares.

A clorita ocorre em pequena quantidade, devido sua instabilidade em climas tropicais úmidos.

Desta forma, pode-se concluir que o sistema do Lago Novo (sedimentos de fundo e suas águas) é um produto da ação de agentes intempéricos sobre rochas e sedimentos adjacentes sob influência da rede de drenagem local, geomorfologia e das mudanças climáticas periódicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, M. A et al. 1995. Seasonal sediment storage on mudflats adjacent to the Amazon River. **Marine Geology**, 125:303-328.
- BEZERRA, P.E.L. et al. 1990. **Geologia**. In: Projeto Zoneamento da Potencialidades dos Recursos Naturais da Amazônia Legal. Rio de Janeiro, SUDAM/IBGE. p.91-164.
- BISCAYE, P.E. 1965. Mineralogy and sedimentation of recente deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacents seas and oceans. **Geological Society of America Bulletin**, 76:803-832.
- BJØRLYKKE, K. 1989. **Sedimentology and petroleum geology**. New York, Springer-Verlag. 363p.
- BOAVENTURA, F.M.C. & NARITA, C. 1974. Geomorfologia. In: BRASIL. Projeto RADAM BRASIL. **Folha NA/NB.22 - Macapá**. Rio de Janeiro, p.II/3-II/27. (Levantamento de Recursos Naturais, 6).
- BORGES, J. 1938. Lagos Duas Bôcas e Novo. Amapá. **Boletim DNPM/SGM**. 87:1-23.
- BRASIL. DNPM. 1972. **Mosaico semi-controlado de radar, Folha NA.22-Z-A** Brasília, DNPM. Escala 1:250.000.
- BRASIL. DNPM. 1974. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha NA/NB.22-Macapá. Rio de Janeiro. (Levantamento de Recursos Naturais, 6).
- BRAZ, V.M.N. 1985. **Estudo da qualidade de água e abastecimento da zona urbana de Belém (PA). Aplicação a problemática existente no Bairro do Jurunas**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 167p. Tese (Mestrado em Geoquímica) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, 1985.
- BROOKS, D. & CECH, I. 1979. Nitrates and bacterial distribution in rural domestic water supplies. **Water Research**, 13:33-41.

- CARROL, D. 1974. **Clay minerals: a guide to their x-ray identification.** Colorado, The Geological Society of America. 80p.
- CORRÊA, I.C.S. 1978. Contribuição ao estudo dos argilo-minerais associados nos sedimentos. **Pesquisas**, 10:31-44.
- COSTA, L.T. da R. 1996. **Sedimentação holocênica no Estuário do Rio Araguari - AP.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 148p. Tese (Mestrado em Geologia) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, 1996.
- EVANGELISTA, R.A de O 1993. **Estudo limnoquímico do reservatório da Usina Hidroelétrica Tucuruí.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 199p. Tese (Mestrado em Geoquímica) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, 1993.
- FARIA JR., L.E. do C.; MENDES, A.C. & SILVEIRA, O.F.M. da. 1993. The Erosion of the Amapá - A Local Process or a Indication of Holocene Sea-Level Rise (Flandrian Transgression) in the North of Brazil?. In: SIMPÓSIO AMASSEDS, 1., Niterói, 1993, **Abstracts**, Manaus. p.17.
- FARIA JR., L.E. do C. et al. 1990. Geological Evolution of Maracá Island, Amapá Coast and its Relation with the Sea Level Change in the North of Brazil. **AGU Metting**, Abstracts, San Francisco, p.99.
- FELLER, M.C. & KIMMINS, J.P. 1979. Chemical characteristic of small streams near Harrey in southwestern British Columbia. **Water Resources Research**, 15(2):247-258.
- FENZL, N. 1988. **Introdução a hidrogeoquímica.** Belém, Gráfica e Editora Universitária, UFPA. 189p.

- FOLK, R.L. 1974. **Petrology of sedimentary rocks**. Texas, Hemphill. 182p.
- GALLOWAY, W.E. & HOBDAY, D.K. 1983. **Terrigenous Clastic Depositional Systems, applications to petroleum, coal and uranium exploration**. New York, Springer-Verlag. 423p.
- GATTO, L.C.S. 1991. Relevô. Rio de Janeiro, IBGE. v. 3, p.47-60: Geografia do Brasil. Região Norte.
- GIBBS, R.J. 1967. The factors that control the salinity and the composition and the concentration of the suspended solids. **Geological Society of America Bulletin**. 78(10):1203-1232.
- GOMES, C.F. 1988. **Argilas. O que são e para que servem**. Lisboa, Calouste Gulbenkian. 205p.
- GRIM, R.E. 1953. **Clay mineralogy**. New York, McGraw Hill. 384p.
- GUERRA, A.T. 1954. **Estudo Geográfico do Território Federal do Amapá**. Rio de Janeiro, IBGE. 366p.
- HERZ, R. 1991. **Manguezais do Brasil**. São Paulo, IO/USP. 227p.
- KHOURY, P.de T. 1994. **Mineralogia dos Sedimentos Holocênicos da Planície Costeira do Amapá (Transect Calçoene - Praia do Goiabal)**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 63p. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Geologia, Centro de Geociências, UFPA, 1994.
- KUKAL, Z. 1971. **Geology of recent sediments**. Czechoslovakia, Prague. 490p.
- LEÃO, M.H.B. 1994. **Caracterização dos sedimentos de fundo dos rios Amapá Grande e Flechal, Amapá (Brasil)**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 95p. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Geologia, Centro de Geociências, UFPA, 1994.

- LEITE, P.F. et al. 1974. Vegetação. In: BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. **Folha NA/NB.22-Macapá**. Rio de Janeiro, p. IV/3-IV/84. (Levantamento de Recursos Naturais, 6).
- LERMAN, A 1978. **Lakes, chemistry, geology, physics**. New York, Springer Verlag. 363p.
- LIMA, M.I.C. et al. 1974. Geologia. In: BRASIL. Projeto RADAM BRASIL. **Folha NA/NB.22 - Macapá**. Rio de Janeiro. (Levantamento de Recursos Naturais, 6).
- LIMA, M.I.C. et al. 1991. Sistematização da Geologia do Estado do Amapá. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., Belém, 1991. **Resumos**. Belém, SBG. p.332-335.
- MENDES, A.C. 1994. **Estudo Sedimentológico e Estratigráfico dos Sedimentos Holocênicos da Planície Costeira do Amapá - Setor Compreendido entre o Cabo Orange e a Ilha de Maracá**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 345p. Tese (Mestrado em Geologia) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, 1996.
- NIMER, E. 1991. Clima. Rio de Janeiro, IBGE. v.3, p.61-72: Geografia do Brasil. Região Norte.
- NITTROUER, C.A. et al. 1991. AMASSEDS: An Interdisciplinary Investigation of a Complex Coastal Environment. **Oceanography**, 4 (1):1-3.
- PINHEIRO, R.V.L. 1987. **Estudo Hidrodinâmico e sedimentológico do Estuário Guajará-Belém(PA)**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 146p. Tese (Mestrado em Geologia) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, 1987.

- PONÇANO, W.L. et al. 1979. O conceito de sistema de relevo aplicado ao mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro, 1979. **Atas**, Rio Claro, SBG. p.253-262.
- PROVAM (Programa de Estudos e Pesquisas dos Vales Amazônicos) 1990a. **Programa de Desenvolvimento Integrado do Vale do Araguari**: geologia. Belém, SUDAM/OEA. v. 2, t.1, 159p.
- PROVAM (Programa de Estudos e Pesquisas dos Vales Amazônicos). 1990b. **Programa de Desenvolvimento Integrado do Vale do Araguari**: geomorfologia. Belém, SUDAM/OEA. v. 3, 54p.
- RABELO, B.V. et al. 1995. Evidências Naturais ligadas à Distribuição de Tipos Dominantes dos Manguezais do Amapá. In: WORKSHOP ECOLAB, 3., Belém, 1995. **Resumos Expandidos**. Belém, UFPA/MPEG/SUDAM, p.25-27.
- READING, H.G. 1986. **Sedimentary environments and facies**. Oxford, Blackwell scientific publications, 2. Ed. 615p.
- RIBEIRO, H.M.C. 1992. **Avaliação Atual da Qualidade da Águas dos Lagos Bolonha e Água Preta, Situados na Área Fisiográfica do Utinga (Belém-Pa)**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 205p. Tese (Mestrado em Geoquímica) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, 1992.
- RIBEIRO, J.S.B. 1978. **Fatores ecológicos, produção primária e fitoplâncton em cinco lagos da Amazônia Central**. Belém, Universidade de São Carlos. 143p. Tese (Mestrado) - UFSCar, 1978.
- SALGADO, L.M.G. & BRAZÃO, J.E.M. 1990. Vegetação. In: **Projeto Zoneamento das Potencialidades dos Recursos Naturais da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro, SUDAM/IBGE, p.189-211.

- SANTOS, V.F. dos. 1994. **Análise Textural e Mineralógico dos Sedimentos Arenosos do Baixo Curso do Rio Araguari, Cabo Norte, Amapá.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 71p. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Geologia, Centro de Geociências, UFPA, 1994.
- SILVA, J.F.B. 1992. **Estudo hidrogeoquímico das regiões de Salobo e Pojuca, Carajás-Pa.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 151p. Tese (Mestrado em Geoquímica) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, 1992.
- SILVEIRA, O.F.M. da. (no prelo). **Transformações dinâmicas de ambientes costeiros influenciados por grandes fontes fluviais durante o Quaternário: exemplo da Planície e Região Costeira do Amapá.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Tese (Doutorado em Geologia) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, MSRC-SUNY/CPGG-UFPA.
- SIOLI, H. 1951. Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica. **Bol. Téc. Inst. Agr. Norte.** 24:45-65.
- SIOLI, H. & KLINGER, H. 1962. Solos, tipos de vegetação e águas na Amazônia. **Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi, Nova Série.** 1:27-41.
- SUDAM, 1984. **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira.** Belém, SUDAM/PHCA. 125p.
- SUGUIO, K. 1973. **Introdução a Sedimentologia.** São Paulo, Edgard Blücher. 317p.
- SZIKSZAY, M. 1973. Dados hidrogeoquímicos de rios da Bacia do Paraná. **Boletim IG-USP,** 4:97-108.
- THOREZ, J. 1976. **Practical Identification of Clay Minerals.** Belgique, G. Lelotte. 90p.

TURCO, B.; SIFFEDINE, A ; ABSSY, M.L. et al. 1993. Late quaternary sedimentation in an amazonian lake, Carajás, Eastern Amazonia. Brazil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO QUATERNÁRIO DA AMAZÔNIA. Manaus, 1993. **Resumos**. Manaus, ABEQUA, p.107-109.

VITAL, H. 1988. **Estudo do Geossistema do Lago Arari. Ilha do Marajó - Pará.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 106p. Tese (Mestrado em Geologia) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, 1989.