UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

OS LAGOS DO ENTORNO DA CIDADE DE BOA VISTA – RORAIMA, ASPECTOS FISIOGRÁFICOS, GRANULOMÉTRICOS, MINERALÓGICOS E QUÍMICOS DOS SEDIMENTOS E FISICO-QUIMICOS DAS ÁGUAS

Dissertação apresentada por:
MARIA ECILENE NUNES DA SILVA MENESES

BELÉM

2006

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

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

OS LAGOS DO ENTORNO DA CIDADE DE BOA VISTA – RORAIMA: ASPECTOS FISIOGRÁFICOS, GRANULOMÉTRICOS, MINERALÓGICOS E QUÍMICOS DOS SEDIMENTOS E FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

MARIA ECILENE NUNES DA SILVA MENESES

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.

Data de Aprovação: **05 / 04 / 2006**

Comitê de Tese:

MARCONDES LIMA DA COSTA (Orientador)

MARCELO CANCELA LISBOA COHEN

CLAÚDIO RICCOMINI

Belém

Aos meus queridos pais Raimundo Tavares da Silva e Maria Nunes e Silva (Neuza), exemplos de força, coragem e determinação. Com amor, gratidão e respeito, dedico.

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de algum modo contribuíram, para a realização deste trabalho.

A Deus Todo-Poderoso por tudo.

Ao Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa por me aceitar em seu grupo de pesquisa, pela valiosa orientação, apoio nos trabalhos de campo, pelas críticas e ensinamentos, pela paciência e compreensão nos momentos difíceis e por muitas outras coisas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus queridos pais Raimundo e Neusa, em especial à minha mãe pelo seu incondicional amor, amizade genuína, absoluta dedicação e apoio constante em todos os momentos da minha vida, inclusive neste quando abriu mão de tantas coisas para cuidar dos meus filhos.

Ao Centro de Geociências e ao curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica da UFPA pela utilização de sua infra-estrutura.

Aos meus amados filhos, Ingrid, Andrew e Laís por motivarem os meus passos, e a minha alegria.

Ao Prof. Dr. José Augusto Vieira Costa da Universidade Federal de Roraima - UFRR, primeiramente por sua amizade, apoio nos trabalhos de campo, e co-orientação no desenvolvimento do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Herman Behling da Universidade de Bremen – Alemanha, e a bióloga Ise Goreth da UFRR pelo apoio nos trabalhos de campo, no qual ajudaram no reconhecimento da composição florística da área estudada.

À querida amiga e professora dos tempos de graduação Luíza Câmara Beserra Neta, pelas palavras de incentivo e amizade, sugestões de trabalho, e pelo exemplo de profissionalismo transmitido ao longo destes anos de convívio.

À Thaís Sanjad, minha querida amicíssima, por todo o apoio, pelas palavras de amizade e atos de solidariedade, os quais muito contribuíram para o meu bem-estar e crescimento como pessoa.

Aos colegas do Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada: Alciney, Aliane, Berrêdo, Evandro, Marciléia, Mariane, Oscar, Edgar, Risete, Marlis, Rêgo, Érica,

Cristiane, Patrícia, Socorro, Marília, Marcelo, Marcos e Luis, pelos momentos de descontração e palavras de incentivo e amizade, em especial ao Henrique, pessoa ímpar dotada de bom humor insuperável, com quem sempre pude contar ao longo destes dois anos de trabalho.

Ao Prof. Dr. Mauricio Borges pelas palavras de encorajamento e amizade e pelas sugestões de trabalho.

Aos colegas de mestrado e amigos: Eliana, Aline, Suziane, Luciana, Poliana, Ismaily, Charles e Edmilson, pelos momentos agradáveis, palavras de conforto e pelas risadas. Em especial ao meu querido André, pelo seu carinho, amizade e atenção, por sempre me dizer SIM, pela ajuda nos assuntos de informática, e por transformar minhas tardes de domingo em momentos agradabilíssimos e inesquecíveis.

Ás minhas irmãs amadas Leidian, Lílian e Elôide por ajudarem a minha mãe cuidar dos meus filhos enquanto eu trabalhava. Aos cunhados queridos Carli e em especial ao Jesiel pela prestimosa ajuda prestada em um ou outro momento.

Á Onilda eterna cunhada e mui amiga por sempre me apoiar e facilitar muitos aspectos da minha vida.

Ao meu inesquecível amigo Francisco Otávio Palheta (Júnior) que no momento mais difícil da minha estadia em Belém me prestou socorro (me refiro às noites e noites quando acompanhou eu e minha filha em busca de atendimento pelos hospitais de Belém) , também a sua mãe que apesar dos pesares me foi muito útil.

À dona Maria pela acolhida, por cuidar dos meus filhos enquanto eu realizava grande parte deste trabalho.

À minha grande amiga Rosa de Fátima, pela sua amizade, apoio e por facilitar minha vinda à Belém.

Á Dinair, grande amiga e sua família pela hospitalidade em sua casa nos últimos meses de minha permanência em Belém.

À Fátima (cantina), pela sua amizade, pelas conversas descontraídas e etc.

Finalmente, aos funcionários do Centro de Geociências da UFPA (Lopes, Valmeire e Souza), da secretaria de Pós-Graduação e da biblioteca pela atenção recebida.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 20

1.1 APRESENTAÇÃO 20

1,2 OBJETIVOS 21

1.3 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ACESSO 21

1.4 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS 23

1.4.1 Clima 23

1.4.2 Drenagem 23

1.4.3 Cobertura Vegetal 24

1.4.4 Relevo 26

1.4.5 Solos 27

1.4.6 Geologia 27

1.5 OCUPAÇÃO DO ESPAÇO URBANO DE BOA VISTA 30

1.5.1 Histórico da Ocupação Urbana de Boa Vista 30

1.5.2 A Expansão Urbana e a Paisagem Lacustre 31

1.6 LAGOS 34

1.6.1 Conceitos e Tipos de Lagos 34

1.6.2 Fenômenos Lacustres 45

1.6.2.1 Estratificação da Coluna d'Água 46

1.6.2.2 Eutrofização 48

1.6.3 Importância dos Sedimentos Lacustres 50

2 MATERIAIS E MÉTODOS 51

2.1 ATIVIDADES PRELIMINARES 51

2.2 TRABALHOS DE CAMPO 51

2.2.1 Análises dos Parâmetros Físicos-Químicos das Águas 54

2.2.2 Coleta dos Sedimentos 54

2.3 TRABALHOS DE LABORATÓRIO 54

2.3.1 Determinação do pH dos Sedimentos Lacustres 54

2.3.2 Análises Granulométricas dos Sedimentos 55

2.3.2.1 Separação das Frações de Areia, Silte e Argila 55

2.3.2.2 Tratamentos da Fração Arenosa (Peneiramento a Seco) 55

2.3.2.3 Determinação do Grau de Arredondamento e Esfericidade dos Grãos 56

2.3.3 Análises Mineralógicas por Difração de Raios- X 56

2.3.4 Análises Químicas 57

2.3.4. 1 Elementos Maiores e Traços 57

2.3.4.2 Cálculo Estequiométrico 57

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES 58

3.1 CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA DOS LAGOS 58

3.1.1 Morfologia dos Lagos 58

3.1.2 Extensão e Profundidade dos Lagos 60

3.1.3 Relação dos Lagos com a Drenagem Local 61

3.1.4 Vegetação 66

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS 73

3.2.1 pH 73

3.2.2 Granulometria 74

3.2.3 Morfologia dos Grãos 75

3.2.4 Mineralogia 78

3.2.4.1 Identificação dos Minerais 78

3.2.4.2 Correlação com os Sedimentos do Rio Branco 82

3.2.4.3 Composição Mineralógica 85

3.2.5 Composição Química 87

3.2.5.1 Elementos Maiores 87

3.2.5.2 Elementos Traços 93

3.3 ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS DOS LAGOS 99

3.3.1 Temperatura 99

3.3.2 pH 100

3.3.3 Condutividade Elétrica – CE 102

3.3.4 Sólidos Totais Dissolvidos – STD 104

3.3.5 Oxigênio Dissolvido – OD 105

4 CONCLUSÕES 107

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 111

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Localização geográfica da área (cidade de Boa Vista e os lagos de entorno) 22

Figura 2 – Mapa de drenagem mostrando a densa rede de igarapés e o rio Cauamé ambos afluentes do rio Branco (canal principal), à montante destes igarapés aparecem os lagos e também brejos. Figura elaborada a partir de fotointerpretação de imagem Landsat ETM+ de out/2002 24

Figura 3 – Savana graminosa (primeiro plano) com ocorrência de savana parque nas áreas mais elevadas (ao fundo) 26

Figura 4 – Esboço geológico da área, modificado de CPRM (2002) 29

Figura 5 – Aspectos residenciais de áreas ocupadas ilegalmente: a) assentamentos urbanos nas proximidades do lago Nova Cidade em bairro homônimo; b) casas construídas na planície de inundação do Igarapé Grande no bairro Raiar do Sol, ambos os bairros situados na porção oeste da cidade de Boa Vista 31

Figura 6 – Imagens de satélite Landsat TM e ETM+ mostrando a área urbana de Boa Vista em 1985 (acima) e em 2004 (abaixo). Observa-se na imagem mais antiga a presença de inúmeros lagos e brejos tomados pelas áreas urbanas 33

Figura 7 – Lagos tectônicos: esquema representando a formação de lagos de falha (à direita); e exemplos de lagos com essa tipo de origem (Tanganika e Malawi formados no Great Rift Valley do continente africano), e ainda o lago Victória, originado por movimentos epirogenéticos 35

Figura 8 – Esquema ilustrativo para os tipos de lagos originados da atividade vulcânica 36

Figura 9 – Lagos formados a partir da ação glacial. a) lago em circo encontrado nos Pirineus (Jurado, 1992); b) esquema de formação de lagos em vale barrado por morainas 37

Figura 10 – Imagem de satélite mostrando a paisagem lacustre da área da Nhecolândia. Baías e salinas (à direita) e salina cercada por “cordilheiras” arenosas fixadas por vegetação (à esquerda) 38

Figura 11 – Lago Calado, típico lago de barragem da Amazônia, mantendo comunicação com o rio Solimões por pequenos canais 40

Figura 12 – Lagos de meandros abandonados, formados ao longo do rio Juruá 41

Figura 13 – Lagos de várzea ao longo da planície de inundação do rio Solimões 42

Figura 14 – Lago Caracaranã: lago de bacia elíptica cujas margens arenosas configuram-no como área de lazer e turismo no lavrado roraimense 44

Figura 15 – Paleodunas altamente erodidas encontradas nas proximidades do rio Cauamé (a-c) e depressões circulares ao norte do rio Uiraricoera interpretadas como lagos de deflação 45

Figura 16 – Representação esquemática mostrando a estratificação térmica em um lago 46

Figura 17 - Mapa de localização dos lagos amostrados, mostrando ainda o ponto de coleta dos sedimentos de margem do rio Branco 53

Figura 18 – Imagem mostrando lagos pertencentes às quatro classes morfológicas: 1 – goticular; 2 – circular; 3 – elipsoidal; 4 – geminado 59

Figura 19 – Freqüência (%) de faixas areais ocupadas pelos lagos 60

Figura 20 – Diferentes aspectos conectivos dos lagos com os demais elementos da drenagem 61

Figura 21 – Detalhe do padrão de conexão de alguns lagos com a drenagem: a) lagos ligados a um único canal de drenagem; b) lagos espacialmente agrupados, unidos por pequenos e intermitentes cursos d'água 62

Figura 22 – Recorte de imagem de satélite mostrando lagos associados aos campos brejosos 63

Figura 23 – Paisagem de brejos e lagos durante o período chuvoso, mostrando ainda uma vereda vegetada pela *Mauritia* flexuosa (ao fundo) e em primeiro plano o leito da estrada elevado 63

Figura 24 – Fotografia aérea, obtida no mês de novembro (inicio da estação seca) mostrando lagos isolados, ligeiramente desconectados da rede fluvial em função da intermitência de pequenos canais 64

Figura 25 – Aspecto de um lago geminado no inicio do período seco, em processo de individualização das duas bacias causado pela redução da área de drenagem 65

Figura 26 – Lago praticamente seco, fotografado no mês de fevereiro, ápice da estiagem 65

Figura 27 – Principais famílias da composição florística do estrato graminoso de entorno e do interior dos lagos 66

Figura 28 – Lago quase totalmente colonizado por ciperáceas, excetuando-se um pequeno trecho na parte central 67

Figura 29 – Lago colonizado por um anel de ciperáceas limitando um pequeno núcleo d'água 68

Figura 30 – Lago onde não ocorrem macrófitas da família das ciperáceas, apresentando-se colonizado apenas por ninfeáceas 69

Figura 31 – Lago da Embrapa, cuja profundidade mede 3,7 metros, para uma área de 5 hectares, sem a presença de ciperáceas 71

Figura 32 - Modelo esquemático representando os padrões de distribuição da vegetação nas margens e interior das bacias lacustres, conforme a variação de profundidade, vistos de cima e em perfil: a) lago raso integralmente ocupado pelas ciperáceas; b) lago com zoneamento devido uma elevação aureolar; c) lago com maiores profundidades onde a vegetação emersa é restrita às margens 72

Figura 33 – Distribuição comparativa dos valores de pH medidos nas amostras coletadas nos intervalos de 0-20 e de 20-40 cm, nos lagos: Apoteri (LAP), Velho (LAV), Trevo (LTV), Hélio Campos (LHC), Conj. Cidadão (LCC), Operário (LO), Apressado (LA), Piscicultura (LP), das Garças (LG), das Hortas (LH), Redondo (LR), Nova Cidade (LNC), Cidade (LCI) e da Embrapa (LE) 74

Figura 34 – Histogramas representativos da distribuição das frações granulométricas de sedimentos coletados no interior de diferentes lagos (intervalos de 0-20 cm de profundidade): predominância da fração areia (média a fina), distribuição bimodal e mal a moderado grau de seleção 75

Figura 35 – Histogramas representativos mostrando a variação granulométrica de sedimentos coletados nas margens das bacias lacustres no intervalo de 0-20 de profundidade 76

Figura 36 – Fotografias de grãos em diferentes escalas e sob diferentes graus de intensidade luminosa, mostrando grãos angulosos e subangulosos de baixa esfericidade 78

Figura 37 – Quartzo identificado nos sedimentos do lago Operário (LO), nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade (Q – quartzo) 79

Figura 38 – Quartzo (Q) identificado nos sedimentos do lago Velho (LAV) nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade (Q – quartzo) 79

Figura 39 – Quartzo (Q) e caulinita (K) identificados nos sedimentos do lago Conjunto Cidadão (LCC), nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade 80

Figura 40 – Caulinita (K) e quartzo (Q) identificados na fração argila no lago Operário - LO (intervalo de 0-20 cm) 81

Figura 41 – Caulinita (K) identificada na fração argila no lago Velho - LAV (intervalo de 0-20 cm) 81

Figura 42 – Caulinita (K) e quartzo (Q) na fração argila no lago Conjunto Cidadão (intervalo de 0-20 cm) 82

Figura 43 – Difratogramas de raios-x de amostras de sedimentos coletados na planície de inundação do rio Branco, mostrando a presença de quartzo (Q), caulinita (K) e illita (I) I – illita 83

Figura 44 – Difratogramas de raios – x mostrando a presença de illita (I) e caulinita (K) em amostras de sedimentos coletadas na planície de inundação do rio Branco 84

Figura 45 – Distribuição dos percentuais mineralógicos nas amostras analisadas: No gráfico superior observa-se altos valores (%) de quartzo em relação aos demais minerais e no segundo tem-se em detalhe as variações e percentagens dos minerais menos abundantes. Legenda: LO (lago Operário), LAP (lago Apoteri), LCI (lago Cidade), LTV (lago do Trevo) e LCC (lago Conj. Cidadão) nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm 86

Figura 46 – Distribuição dos valores percentuais de SiO_2, Al_2O_3, TiO_2 e Fe_2O_3 na composição química das amostras dos lagos: Operário (LO); Apoteri (LAP); Cidade (LCI); do Trevo (LTV); e do Conjunto Cidadão (LCC), nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm 88

Figura 47 – Elementos maiores nos sedimentos dos lagos normalizados para a crosta continental 90

Figura 48 – Elementos maiores nos sedimentos dos lagos normalizados com o padrão PAAS (Folhelhos Pós Arqueano Australiano) observa-se que apenas a SiO_2 apresenta-se enriquecida nos sedimentos estudados 91

Figura 49 – Concentrações de elementos - traço nas amostras de sedimentos do substrato dos lagos. Abaixo, detalhe das concentrações de elementos < 50 ppm 95

Figura 50 – Concentrações de elementos terras raras (ETR) nas amostras de sedimentos do substrato dos lagos. Abaixo, detalhe das concentrações <2 ppm 96

Figura 51 – Elementos - traço nos sedimentos do substratos lacustres normalizados para a crosta continental. Enriquecimento em Zr, Hf e Sb nestes sedimentos em relação à crosta continental 97

Figura 52 – Padrão de elementos terras raras (ETR) normalizados para a crosta continental nos sedimentos dos substratos lacustres 97

Figura 53 – Padrão de elementos terras raras, normalizados para os condritos nos sedimentos dos lagos estudados. Os dados dos condritos são de Evesen *et al*. (1978) 98

Figura 54 – Distribuição dos valores de temperatura mensurados nos lagos 99

Figura 55 – Distribuição dos valores de pH medidos nos lagos, onde os valores mais elevados são encontrados nos lagos Hélio Campos, Nova Cidade e Cidade, todos localizados na área urbana 100

Figura 56 – Águas lacustres sendo utilizadas para fins domésticos (lavagem de roupas); lago Hélio Campos (à direita) e lago Nova Cidade (à esquerda) 101

Figura 57 – Lagos densamente ocupados por macrófitas aquáticas: lago Nova Cidade onde ocorre ciperáceas, convolvuláceas e onagráceas (à direita) e lago Cidade com predominância de ninfeáceas e ponteridáceas (à esquerda) 102

Figura 58 – Distribuição dos valores de condutividade elétrica – CE, mensurados nos lagos 103

Figura 59 – Comparação dos valores de condutividade elétrica – CE (µS/cm) e sólidos totais dissolvidos – STD (mg/L) nos lagos 104

Figura 60 – Distribuição dos valores de oxigênio dissolvido (mg/L) nas águas dos lagos, com destaque para o lago Nova Cidade, cujos teores de OD apresentam-se discrepantes em relação aos demais 105

Figura 61 – Depósitos de lixo nas proximidades do lago Nova Cidade, onde foi registrado o menor valor de OD. 106

TABELAS

Tabela 1 – Freqüência (%) dos lagos segundo as classes morfológicas identificadas através de imagens de satélite 58

Tabela 2 – Percentuais mineralógicos (%) das amostras de sedimentos dos lagos 85

Tabela 3 – Composição química (%) das amostras de sedimentos do substrato dos lagos, em comparação com a composição química dos sedimentos da planície de inundação do rio Branco 89

Tabela 4 – Comparação da composição química (valores médios) dos sedimentos arenosos dos substratos dos lagos estudados com areias podzólicas e com os sedimentos da planície de inundação do o rio Branco 92

Tabela 5 – Concentrações dos elementos - traço (ppm) em amostras de sedimentos dos substratos lacustres 94

Tabela 6 – Valores de condutividade medidos sazonalmente em alguns dos lagos estudados 104

RESUMO

A paisagem do nordeste do estado de Roraima é constituída por uma superfície de aplanamento, vegetada por savanas, onde ocorrem inúmeras depressões ocupadas por lagos e brejos. Um grande número destes lagos é encontrado na área de interflúvio dos rios Cauamé e Mucajaí, nas proximidades da Cidade de Boa Vista (capital do estado), onde a urbanização acelerada e desordenada, tem se sobreposto à paisagem lacustre, causando o desaparecimento precoce de muitos lagos. Nesse contexto, o presente trabalho visa conhecer estes ambientes, entender a sua dinâmica funcional no âmbito do cenário savânico e ainda avaliar os possíveis impactos antrópicos. Para tanto, foram analisadas as características fisiográficas dos lagos, granulométricas, mineralógicas e químicas dos sedimentos de substrato e físico-químicas das águas.

Estes lagos, de formas goticulares, circulares, elipsoidais e geminadas, apresentam-se em sua maioria conectados aos igarapés, constituindo suas nascentes. São lagos pequenos (em geral < 5 hectares) e rasos com profundidades em sua maioria variáveis entre 0,8 e 1,8 m. Em função disso, são fortemente influenciados pela sazonalidade, a julgar pelo caráter intermitente apresentado pela maioria (cerca de 65 %). Estes lagos se caracterizam ainda por apresentarem-se densamente colonizados por macrófitas aquáticas, principalmente por ciperáceas (macrófitas emersas), as quais se distribuem ao longo das bacias, conforme as variações de profundidades destas.

Os sedimentos dos substratos destes lagos são predominantemente arenosos, com grãos angulosos e subangulosos, de baixa esfericidade. São constituídos essencialmente de quartzo (87,8 %) com ocorrência menos freqüente de caulinita (8,8 %). A composição química destaca-se pelas concentrações altas de SiO_2 (91,92 %) e pelos baixos valores de Al_2O_3 (3,48 %) e Fe_2O_3, (0,24 %) que corroboram as análises mineralógicas, caracterizando possivelmente, ambientes de formação de solos podzólicos.

As águas com temperaturas entre 30 e 34 °C refletem as condições térmicas típicas do clima da região (Awi na classificação de Köppen). O pH na maioria desses lagos apresentou-se ácido, variando entre 5,0 e 6,0. No entanto, alguns lagos urbanos mostraram valores de pH próximo de básico a neutro entre 6,57 e 8,20 , fato que pode

ser atribuído às atividades antrópicas (lavagem de roupas, lançamento de efluentes domésticos etc) praticadas em suas bacias. A condutividade elétrica variou entre 4 e 14 µS/cm, refletindo as baixas concentrações de sólidos totais dissolvidos, cujos valores variaram entre 2,0 e 7,0 mg/L. Quanto ao oxigênio dissolvido, mostrou concentrações entre 4,0 e 5,7 mg/L, excetuando-se as águas do lago Nova Cidade que apresentou um valor de 2,2 mg/L, fato explicável pela presença de densa ocupação por macrófitas aquáticas, que nos processos de decomposição consomem grandes quantidades deste gás.

Os aspectos fisiográficos destes lagos indicam de um modo geral que a ocorrência dos mesmos no ambiente baixo e plano das savanas está relacionada ao afloramento do lençol freático, que sazonalmente intercepta as depressões do terreno, ou aflora nas áreas planas da superfície, na forma de olhos d'água, dando origem aos lagos e brejos. As análises dos sedimentos encontrados nestes lagos possibilitaram correlacioná-los aos sedimentos arenosos da Formação Boa Vista, a julgar pela ausência de sedimentos tipicamente lacustres, e pela semelhança granulométrica, mineralógica e química entre estes e a referida unidade sedimentar. Estas análises mostraram ainda que, apesar da proximidade espacial entre os lagos e o rio Branco, não há correlação mineralógica entre os mesmos, devido à presença de illita nos sedimentos da planície de inundação do referido rio, cuja ocorrência não se registrou nos lagos estudados.

A paisagem de lagos estudada neste trabalho constitui-se um sistema impar no contexto dos cenários amazônicos, cuja importância vai além de sua ostentável beleza cênica. Muitos dos lagos que a compõem encontram-se em vias de extinção, dado à sua própria condição de ambiente transitório, mas, principalmente em função de vários impactos de ordem antropogênica impostos aos mesmos. Dessa forma, faz-se necessário a tomada de medidas conservativas, a fim de amenizar estes impactos, de forma a garantir a sobrevida destes remanescentes hídricos.

Palavras-chave: Fisiografia dos lagos. Parâmetros Físico-químicos das Águas. Mineralogia e Composição Química dos Sedimentos. Boa Vista - RR.

ABSTRACT

The landscape of northeast of *Roraima* state is constituted of a flat and low plain, cover for savannahs, where many lakes and wetlands occur. Generally these are found at interfluve's area of the rivers Cauamé and Mucajaí, close to *Boa Vista* city, which has a rapid and disordered urbanization, causing the degradation and disappearance of several lakes**.** In this context the present work has as main objective the knowledge of these environments, in order to understand its functional dynamics in the savannah formations, and then to evaluate the possible anthropogenic impacts. To reach these objectives we carried out physiographic, granulometrical, mineralogical and chemical analyses of sediments as well as measures of the physic-chemical parameters of lake waters.

These lakes exhibit several shapes, but the most frequent ones are drop-shape, circular, ellipsoid and twin shapes, related to small water courses (*igarapés*) in its majority, constituting its springs. The lakes are small (< 5 hectares) and shallow (0,8 and 1,8 m). Due to the low depth the water level are strongly influenced by the seasonal changing, being intermittent (over 65 % of mapped lakes) during the long dry period. The lakes are colonized by dense communities of aquatic macrophytes, mainly for *cyperaceae*, which can be distributed along all over of the lake basin. This distribution is controlled by the depth of lake water.

The lakes' substratum sediments are mostly sandy and the grains show no roundness until to low roundness as well as low sphericity. They are essentially constituted of quartz (87,8 %), being less frequent kaolinit (8,8 %). The chemical composition displays high concentrations of SiO_2 (91,92 %) and low values of Al_2O_3 (3,48 %) and Fe_2O_3, (0,24 %), which together with the mineralogy characterizes a typical Podzol.

The temperature of the lake waters changes from 30 to 34 °C and reflect the thermal conditions of the regional climate (Awi in the Koeppen classification). The pH values indicate a domain of acid waters (pH values from 5,0 to 6,0). However, some urban lakes presents pH values close to neutral and basic (6,57 and 8,20), this can be attributed to anthropogenic activities (clothes laundering, end destination of domestic

effluent, etc). The electric conductivity range is between 4 and 14 µS/cm, reflecting the low levels of solid total dissolved, which oscillate between 2,0 and 7,0 mg/L. The dissolved oxygen reaches 4,0 to 5,7 mg/L. excepting waters of the Nova Cidade lake that presented value as low as 2,2 mg/L, due to its high concentration of organic matter under decomposition.

The lakes shapes and small length and their occurrence on flat low plain covered by open savannah vegetation suggest that lakes are related to near surface groundwater, that mostly during the rainy season intercept the shallow land surface depressions, in the form of springs forming the lakes and wetlands. The absence of typical lacustrine sediments reinforces this origin. The lakes are formed over material of grain size pattern, mineralogy and chemistry that can be well compared to those ones of the Boa Vista Formation and are completely distinct from those ones deposited by Branco river in its floodplain.

The whole landscape of Boa Vista lakes studied here presents a singular lake system in the Amazon region, whose importance goes beyond its scenic beauty, being important for groundwater and regional climate control. Unfortunately, several lakes are under strong anthropogenic impact and can extinguishing in short time, much more shorter than the natural ones, if no urgent public politics were carry out.

Keywords: Lakes' physiography. Physic-chemical parameters of the waters. Mineralogy and Chemical of the Sediments. Boa Vista - RR

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A paisagem do nordeste do Estado de Roraima é formada por uma planície baixa, resultante de recente aplanamento por cobertura sedimentar (Formação Boa Vista) vegetada por savanas onde se desenvolvem centenas de pequenos lagos, brejos e veredas (FRANCO *et al.*1975), que juntos fazem dessa região um cenário bem distinto dos demais que compõem a região amazônica (SIMÕES FILHO *et al.* 1997).

Muitos destes lagos estão concentrados na área de interflúvio dos rios Cauamé e Mucajaí (afluentes do rio Branco), nas proximidades da Cidade de Boa Vista, capital e principal centro urbano do Estado de Roraima. Esta cidade, nas duas últimas décadas, tem sido palco de um crescente processo de urbanização, o qual ocorre de forma intensa e desordenada, gerando o aparecimento de bairros não planejados, em áreas por vezes inadequadas para a habitação. Dos novos bairros acrescentados ao tecido urbano, uma ínfima minoria surge a partir de iniciativas imobiliárias ou governamentais, a maioria deles resulta da ocupação ilegal do terreno (invasões), prática muito comum, em Boa Vista, principalmente nos anos de campanha eleitoral. Essas novas áreas de expansão ocorrem predominantemente na porção oeste e sudoeste da cidade, avançando indiscriminadamente sobre a paisagem lacustre. Durante os processos de ocupação, muitos lagos são aterrados para dar lugar às construções de casas, ruas e avenidas, enquanto outros são anexados à área urbana, tornando-se, em muitos casos, úteis à população, tendo suas águas utilizadas para os mais variados fins, uma vez que, nestas áreas, não ocorre de imediato o fornecimento dos serviços básicos (água encanada, rede de esgotos, coleta de lixo etc).

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são: conhecer a paisagem lacustre da cidade de Boa Vista e o seu contexto no âmbito das savanas de Roraima; entender aspectos ligados à origem e dinâmica funcional dos lagos e ainda avaliar possíveis impactos antrópicos urbanos sobre os mesmos.

Para tanto, pretende-se analisar estes lagos quanto as suas características fisiográficas, granulométricas, mineralógicas e químicas dos sedimentos dos substratos lacustres e físico-químicas das águas.

1.3 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ACESSO

Os lagos em estudo estão localizados nas porções oeste e sudoeste da cidade de Boa Vista, (coordenadas geográficas: 60° 37’ e 60° 47’ Oeste de Greenwich e 2° 45’ e 2° 53° Norte (Fig. 1). O acesso aos lagos é feito pela BR 174, RR 205,e anel viário, ou ainda seguindo o traçado das ruas e avenidas, haja visto que muitos deles já foram incorporados às áreas urbanas.

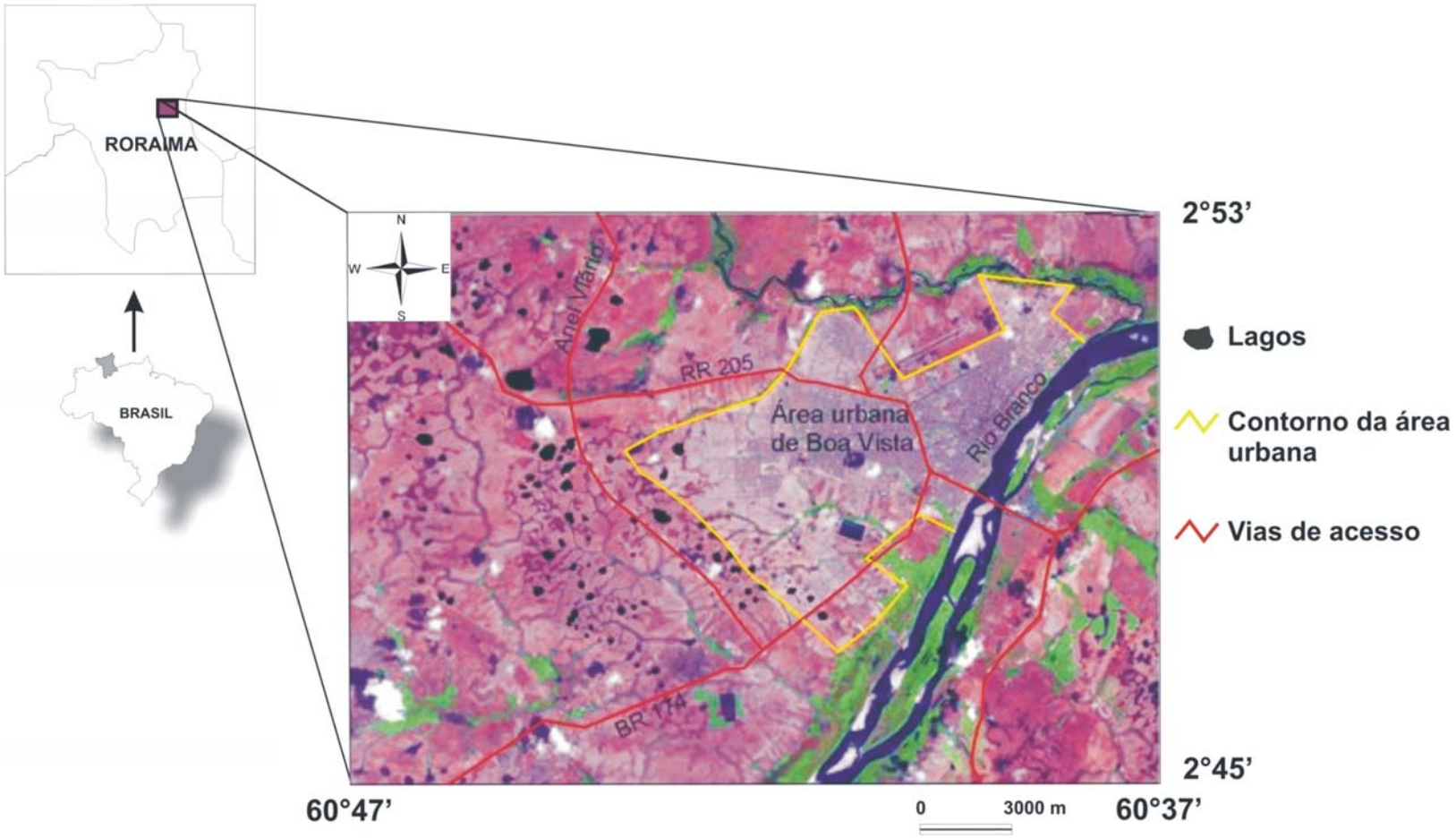


Figura 1 – Localização geográfica da área (cidade de Boa Vista e os lagos de entorno)

1.4 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS

1.4.1 Clima

O clima da região é tropical úmido com predomínio de savanas, enquadrando-se, portanto no tipo “A” subtipo Awi na classificação de Köppen. O verão chuvoso tem duração de seis meses (abril a setembro) e o período seco estende-se do mês de outubro ao mês de março, o mês mais seco (janeiro) apresenta precipitação inferior a 60 mm, com a precipitação média anual girando em torno de 1.750 mm. Os valores médios de temperatura mensais variam entre 23 e 31 ºC, com uma média anual de 27,4 ºC. (LOPES, 2002).

1.4.2 Drenagem

Os lagos em estudo fazem parte da bacia do rio Branco. O rio Branco é o principal curso fluvial do estado de Roraima, nasce da junção dos rios Urariocoera e Tacutu distante cerca de 30 km à montante da cidade de Boa Vista. Trata–se de um rio de águas brancas, de canal retilíneo medindo aproximadamente 548 km de percurso (sentido norte-sul) desde a sua formação até sua desembocadura no rio Negro. Além do rio Branco, outros cursos fluviais importantes aparecem neste cenário como o rio Cauamé, os igarapés Grande, Paca, Caranã, Awai Grande, Waizinho e Água Boa de Univini, os quais formam uma drenagem densa de padrão dendrítico, sendo que em algumas áreas pode – se observar cursos d’água adaptados a linhas estruturais quando definem um padrão retangular (FRANCO *et al*. 1975). Os lagos geralmente ocorrem à montante dos igarapés como cabeceiras de drenagem, em ramos de primeira ordem, isolados ou em associação com uma ampla área brejosa que também se desenvolve na região (Fig. 2).

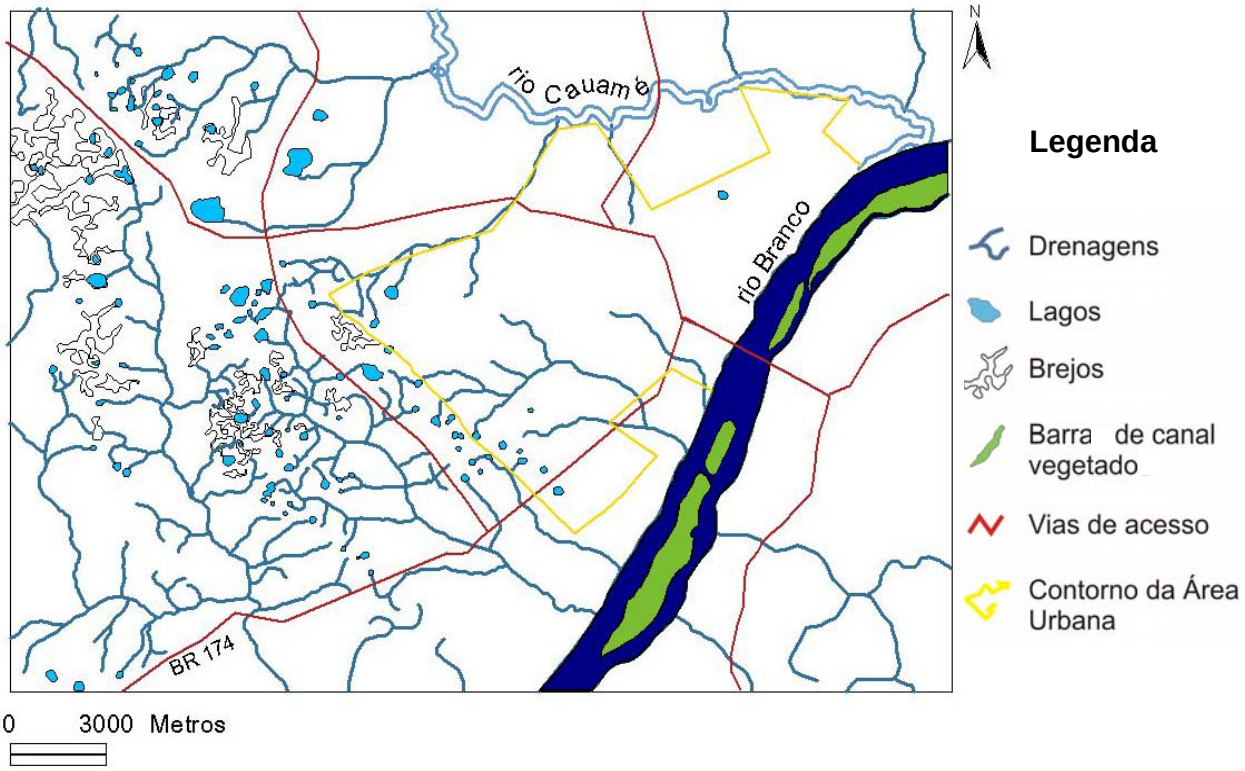


Figura 2 – Mapa de drenagem mostrando a densa rede de igarapés e o rio Cauamé ambos afluentes do rio Branco (canal principal), à montante destes igarapés aparecem os lagos e também brejos. Figura elaborada a partir de fotointerpretação de imagem Landsat ETM+ de out/2002.

1.4.3 Cobertura Vegetal

A vegetação da área estudada é composta por savanas. A região de savanas cobre a porção nordeste do estado de Roraima; estende-se até os limites do rio Rupununi, na República Cooperativa da Guiana, somando um total de 51 km^2 de formações savanadas dos quais 41 km^2 ocorrem em território roraimense (MIRANDA; ABSY, 1997).

As savanas correspondem a um tipo de vegetação com características xeromórficas, encontrada preferencialmente em clima estacional, o qual apresenta um período seco com duração aproximada de seis meses.

De acordo com Veloso *et al.* (1975), a savana de Roraima pode ser classificada em Savana Arbórea Aberta, Savana Parque, Savana Estépica Arbórea Densa, Savana Estépica Arbórea Aberta, Savana Estépica Parque, Savana Estépica Graminosa e Savana Graminosa, compondo assim paisagens variadas dentro de uma mesma região. Essa diversidade de cenários se deve à existência de diferentes topografias e tipos de solos (TAKEUCHI, 1960).

A savana graminosa, representada pelos gêneros Andropogon, *Trachypogon, Aristida, Axonopus, Bulbostylis e Mesosetum* (Poaceae), é o tipo predominante nas áreas de relevo plano onde ocorrem os lagos (SILVA, 1993). No entanto, é possível verificar-se a presença de formações de savana parque nas áreas mais elevadas (tesos) que constituem os divisores de drenagens. A savana parque é formada por um estrato herbáceo (gramíneas), com ocorrência de árvores isoladas, cujas espécies principais são a *Curatella americana* (Dillenacieae) e a *Byrsonima crassifolia* (Malpighaceae) (Fig. 3).

A *Curatella americana* e a *Byrsonima crassifolia*, conhecidas popularmente como caimbé e murici respectivamente, são árvores de caules retorcidos, folhas grossas, típicas do cerrado brasileiro. A *Mauritia flexuosa* (Palmae), conhecida como buriti, também aparece nesse cenário, ocorre em áreas brejosas e ao longo dos igarapés formando as veredas.

Figura 3 – Savana graminosa (primeiro plano) com ocorrência de savana parque nas áreas mais elevadas (ao fundo).

1.4.4 Relevo

O relevo da área é representado principalmente pela unidade morfológica denominada por Franco *et al.* (1975) como Pediplano do Rio Branco - Rio Negro. Essa unidade de relevo consiste em uma extensa superfície de aplainamento, situada na porção nordeste do território roraimense, onde se encontram vários trechos abatidos (abaciados), ocupados por água (lagos) caracterizados por apresentar formas aproximadamente circulares, elípticas etc.

Nesse pediplano as altitudes variam de 87 a 140 metros acima do nível do mar e têm fraca declividade rumo à calha dos rios. Em alguns locais essa superfície plana é

interrompida pelos inselbergs que se elevam na região, sendo interrompida bruscamente ao norte pelo relevo montanhoso do Escudo das Guianas (COSTA, 1999).

1.4.5 Solos

Serruya (2002), após um levantamento detalhado para o Zoneamento Ecológico Econômico – ZEE de Roraima, encontrou quatro tipos de solos na região da Cidade de Boa Vista e adjacências. São eles: latossolo amarelo e latossolo vermelho-amarelo, argissolo acinzentado e neossolo flúvico. Os latossolos amarelo e vermelho-amarelo, dominantes na região, são solos ácidos a fortemente ácidos de baixa fertilidade, com textura média a muito argilosa, e ocorrem em relevo que varia de plano a ondulado, sob vegetação de floresta densa e aberta e savanas. Caracterizam-se ainda por apresentar baixa fertilidade, devido o alto teor alumínico, má drenagem, e baixo pH.

O argissolo acinzentado é um solo alumínico de textura arenosa que apresenta horizonte B textural com argila de atividade baixa, imediatamente abaixo do horizonte A ou E. Ocorre em caráter dominante com relevo plano, em área de savanas (SERRUYA,2002).

O neossolo flúvico é um solo pouco desenvolvido, formado pela deposição de sedimentos transportados pelos cursos d'água, tendo como horizonte diagnóstico apenas o A, seguido de uma sucessão de camadas estratificadas, de diferentes tipos de materiais, sem nenhuma relação pedogenética. Aparecem dominantemente ao longo das planícies dos rios Branco e Cauamé, sob vegetação de formação pioneira e floresta aluvial, em relevo plano.

1.4.6 Geologia

A geologia da área é representada pelo Suíte Básica Apoteri (diques de diabásio, derrames basálticos e andesitos) do Jurássico, e pelas rochas polimetamórficas do Complexo Guianense e da Formação Tacutu, recobertos parcialmente pelos sedimentos cenozóicos da Formação Boa Vista, e pelos sedimentos fluviais do Holoceno (MELO *et al*. 1978).

A Formação Boa Vista é constituída por sedimentos predominantemente arenosos, inconsolidados, mal selecionados, com argilas arenosas e níveis de cascalhos intercalados (RAMOS, 1956). Tem cerca de 15 metros de espessura máxima na área de estudo, atingindo maiores espessuras em outras regiões (Reis *et al*. 2001).

Segundo Barbosa e Ramos (1959), a Formação Boa Vista corresponde a depósitos originários do Pleistoceno Superior por correlação com a Formação Mesa da Venezuela. Montalvão *et al.* (1975), em concordância com os mesmos, também inferiram uma idade pleistocênica a essa unidade. Entretanto, Melo *et al.* (1978), admitiram tratar-se de sedimentos depositados no Terciário, não alcançando o Pleistoceno.

Os sedimentos fluviais estão situados ao longo do curso do rio Branco, formando os terraços que representam antigos depósitos, consolidados em um patamar mais elevado que as planícies fluviais atuais, inundáveis em ocasiões de subida do nível do rio. No leito deste rio ocorrem os sedimentos recentes (barras de canal), que em muitos locais aparecem fixados por vegetação (Fig. 4).

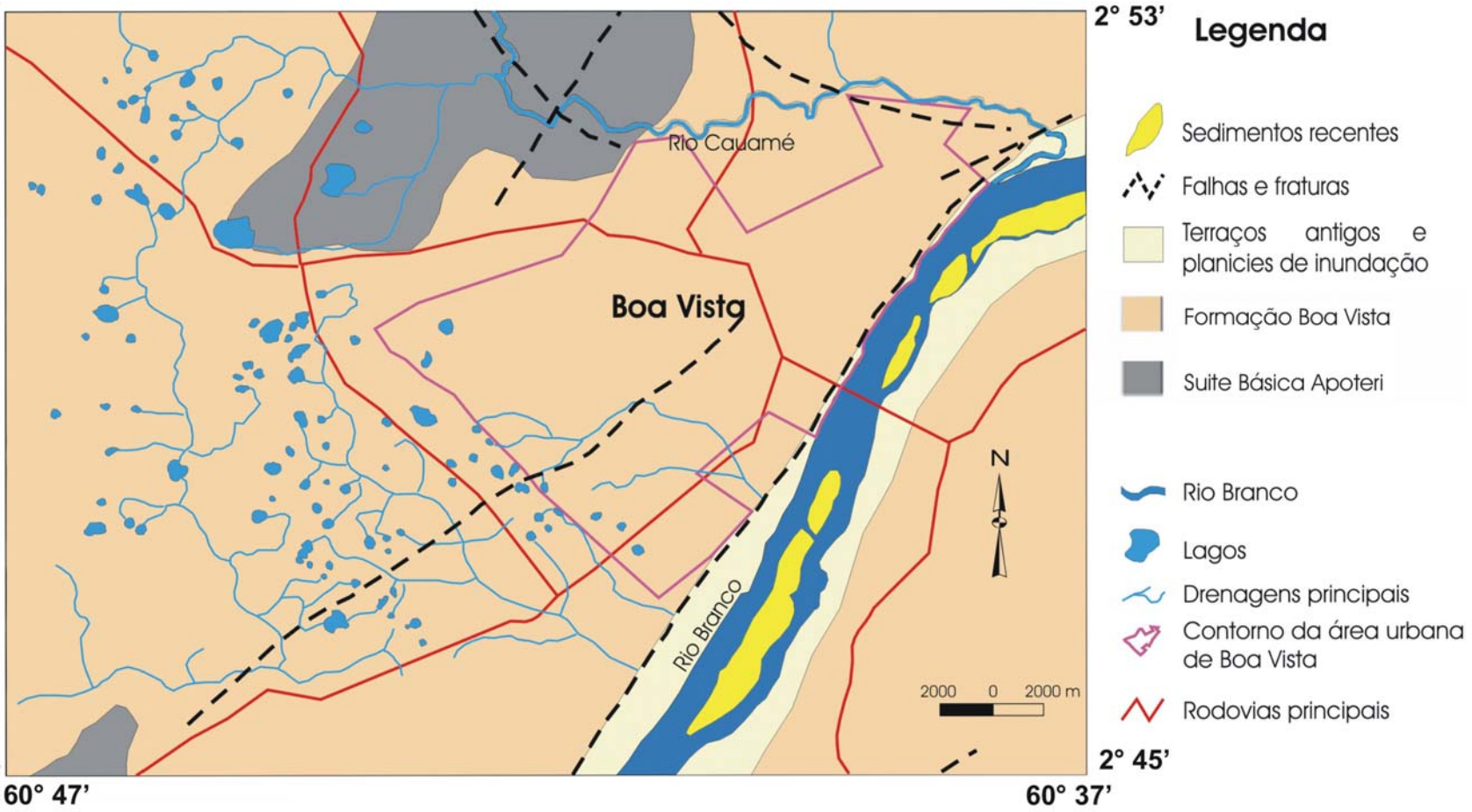


Figura 4 – Esboço geológico da área, modificado de CPRM (2002)

1.5 A OCUPAÇÃO DO ESPAÇO URBANO EM BOA VISTA

1.5.1 Histórico da Ocupação Urbana em Boa Vista

O município de Boa Vista, com 197. 082 habitantes representa a área de maior concentração urbana de todo o Estado de Roraima o qual possuía no ano de 2000, uma população total de 324. 397 habitantes (IBGE, 2000).

O município de Boa Vista foi criado em 09 de julho de 1890, com o nome de Boa Vista do Rio Branco e pertencia ao estado do Amazonas. Com a criação do Território do Rio Branco (atual Estado de Roraima) em 1943, este município passou a ser a sua capital.

Os dados relacionados ao número de pessoas que habitavam essa região nesse período apresentam-se imprecisos. O primeiro censo só foi realizado em 1940, quando o jovem município apresentou uma população de 10. 521 habitantes (FREITAS, 1997).

O crescimento populacional de Boa Vista manteve-se tímido até a década de 70, mas, a partir daí, as taxas de crescimento registraram saltos significativos. Dentre os fatores que impulsionaram esse crescimento destaca-se a construção da BR 174, que em 1977 foi liberada ao tráfego interligando as cidades de Manaus e Boa Vista; até essa data essa ligação se dava apenas por via aérea ou fluvial em algumas épocas do ano quando o rio Branco permitia a navegação.

A abertura dos garimpos nas décadas de 80 e 90 foi um outro fator que também incentivou a vinda de um número considerável de imigrantes. No entanto, esse processo de imigração trouxe para o estado apenas grupos de homens sozinhos, desacompanhados da família e não deram uma contribuição tão significativa ao aumento do contingente populacional de Boa Vista. A maior contribuição dada ao crescimento da população boa-vistense foi dada pelas centenas de famílias que chegaram a Roraima nesse mesmo período, atraídas pela divulgação das facilidades encontradas no estado, como por exemplo, distribuição de alimentos, terras, ferramentas e outros bens (FREITAS, 1997).

Esses imigrantes, em sua maioria nordestinos, se espalharam por todo o estado, mas, concentraram-se principalmente na Cidade de Boa Vista a qual em função desse

rápido povoamento teve seu plano urbanístico extrapolado, surgindo um grande número de novos bairros não planejados.

O aumento desproporcional da população em relação à capacidade do município de atender a demanda por serviços básicos gerou e ainda gera dentro do tecido urbano de Boa Vista dois cenários diferentes: de um lado tem – se a cidade legalmente ordenada, fruto de um planejamento prévio, com ruas largas arborizadas bem servida de infra-estrutura, bens e serviços. Do outro se observa um ambiente desprovido de infra-estrutura, bairros precariamente adensados, ruas de traçado irregular povoada por casebres muitas vezes construídos pelos próprios moradores (Fig. 5).

Figura 5 – Aspectos residenciais de áreas ocupadas ilegalmente: a) assentamentos urbanos nas proximidades do lago Nova Cidade em bairro homônimo; b) casas construídas na planície de inundação do Igarapé Grande no bairro Raiar do Sol, ambos os bairros situados na porção oeste da cidade de Boa Vista.

1.5.2 A Expansão Urbana e a Paisagem Lacustre

A cidade de Boa Vista é banhada ao norte pelo rio Cauamé, que funciona como uma barreira natural ao crescimento da malha urbana nessa direção, e ao leste pelo rio Branco, que por sua vez também atua como um impedimento à expansão. Dessa forma, a cidade se expande na direção sul e preferencialmente nas direções oeste e sudoeste, onde ocorre a presença de muitos lagos, brejos e igarapés. Comparando-se uma imagem de satélite Landsat TM com cobertura em 1985 a uma imagem de satélite

Landsat ETM+ com cobertura em 2004 (Fig. 6), observa-se nitidamente que muitos corpos lacustres foram “engolidos” pela área urbana, na maioria dos casos foram atropelados pelas construções de casas, ruas e avenidas, desaparecendo da paisagem. Quando anexados à área urbana, estes lagos passam a ter suas águas utilizadas pela população adjacente para toda a sorte de atividades domésticas, uma vez que nestes recém formados bairros, geralmente áreas de “invasões”, não há nenhuma infra-estrutura, nem fornecimento dos serviços básicos (coleta de lixo, rede de esgotos, água encanada etc).

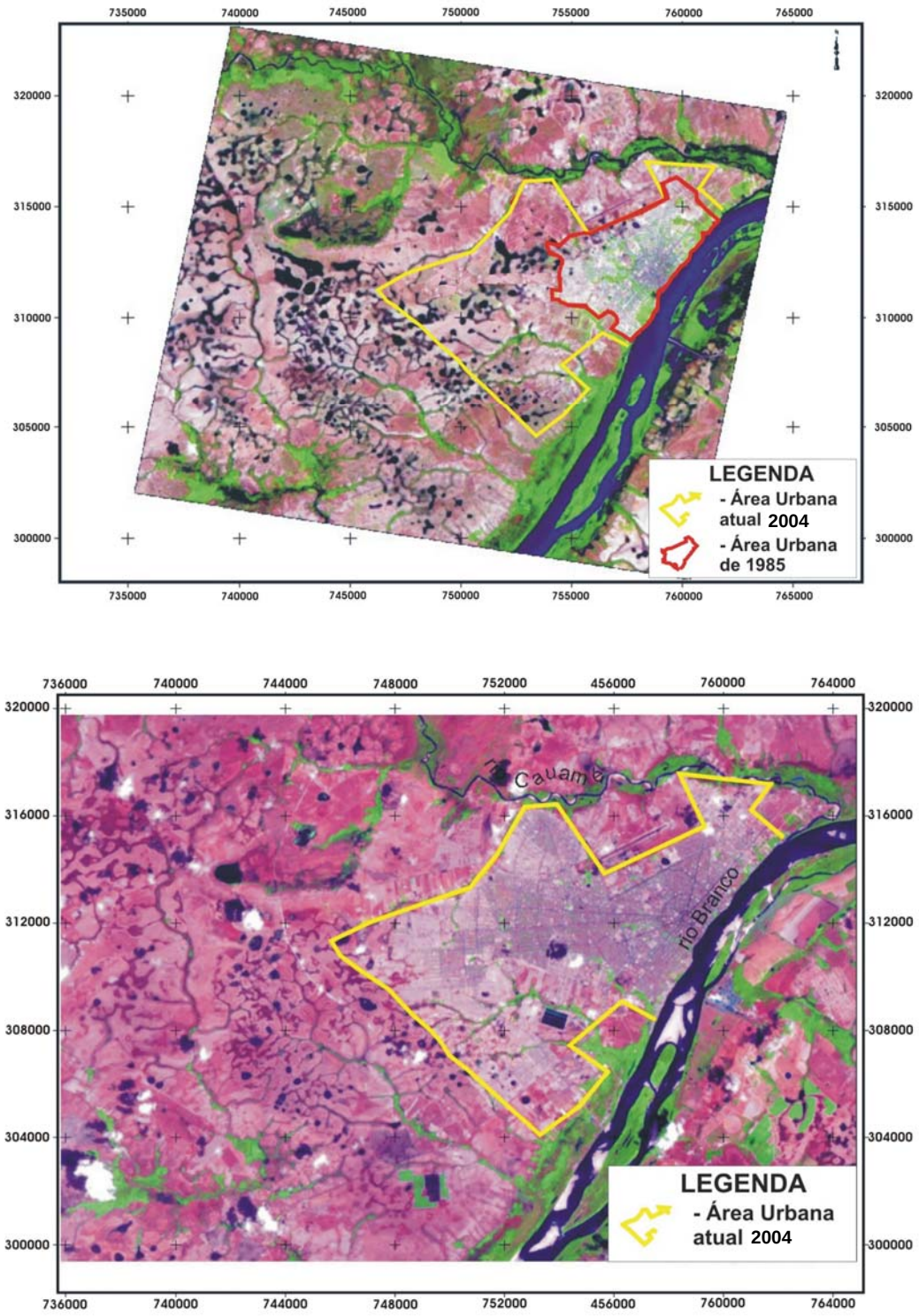


Figura 6 – Imagens de satélite Landsat TM e ETM+ mostrando a área urbana de Boa Vista em 1985 (acima) e em 2004 (abaixo). Observa-se na imagem mais antiga a presença de inúmeros lagos e brejos tomados pelas áreas urbanas.

1.6 LAGOS

1. 6.1 Conceitos e Tipos de Lagos

Lagos são corpos d'água sem ligação direta com o mar, cuja formação depende basicamente da existência de uma depressão na superfície da Terra e de um balanço hidrológico favorável (ESTEVES, 1998).

De acordo com Berner e Berner (1986), os lagos armazenam apenas 0,01 % de toda a água existente no planeta e suas áreas juntas cobrem uma área equivalente a 3% de sua superfície. Apesar destes números relativamente baixos, os lagos como qualquer outro corpo hídrico, são de fundamental importância para os homens e animais, uma vez que, suas águas estão presentes nas mais variadas atividades humanas, como por exemplo, na captação de água para irrigação, atividades industriais, lazer e recreação, além representar uma importante fonte de água potável.

Os lagos encontrados atualmente na superfície da Terra tiveram origem em épocas recentes (principalmente Pleistoceno e Holoceno) da historia geológica da terra, sendo seu aparecimento resultante de fenômenos endógenos ou exógenos. Adotando como critério os aspectos genéticos das depressões lacustres, Hutchinson[1] *apud* Esteves (1998), classificou os lagos do globo em 11 grupos entre os quais se destacam: lagos tectônicos, vulcânicos, glaciais, de dissolução e erosão, oriundos da atividade eólica e de processos fluviais.

Os lagos tectônicos e vulcânicos são exemplos típicos de lagos formados por fenômenos endógenos. Os lagos tectônicos se originam de duas formas: Através de movimentos epirogenéticos e de falhas tectônicas. No primeiro caso, os lagos se formam por movimentos de elevação e abaixamento da crosta terrestre (movimentos que visam o equilíbrio isostático). A grande maioria dos lagos formados por movimentos epirogenéticos é formada por elevação de blocos do fundo oceânico. Esse processo resulta no isolamento de grandes massas d'água, geralmente de pequena profundidade. São exemplos desse tipo de lago, o mar Cáspio e o mar de Aral (ambos na Rússia). Outros exemplos de lagos formados por fenômenos epirogenéticos são o

[1] HUTCHINSON, G. E. *A treatise on limnology, vol I. Geography, physics and chemistry*. Wiley, New York. 1957. 1015 p.

lago Vitória situado no continente africano, o qual teve origem a partir da elevação do leito fluvial do rio Kafu, e o lago Kioga também na África que surgiu a partir de arqueamentos de superfície que reverteram a drenagem originando sua bacia (SLY, 1994).

Os lagos formados a partir de falhas são os mais antigos da superfície terrestre, tendo se originado principalmente no Terciário. Estes lagos localizam-se nas chamadas fossas tectônicas (rift valley), caracterizam-se por apresentar grandes profundidades, como é o caso do lago Baical (Rússia), que com cerca de 1636 m, é considerado como o lago mais profundo do globo. Outros exemplos de lagos tectônicos são os lagos Tanganyka e Malawi localizados no chamado Great Rift Valley da África (Fig. 7).

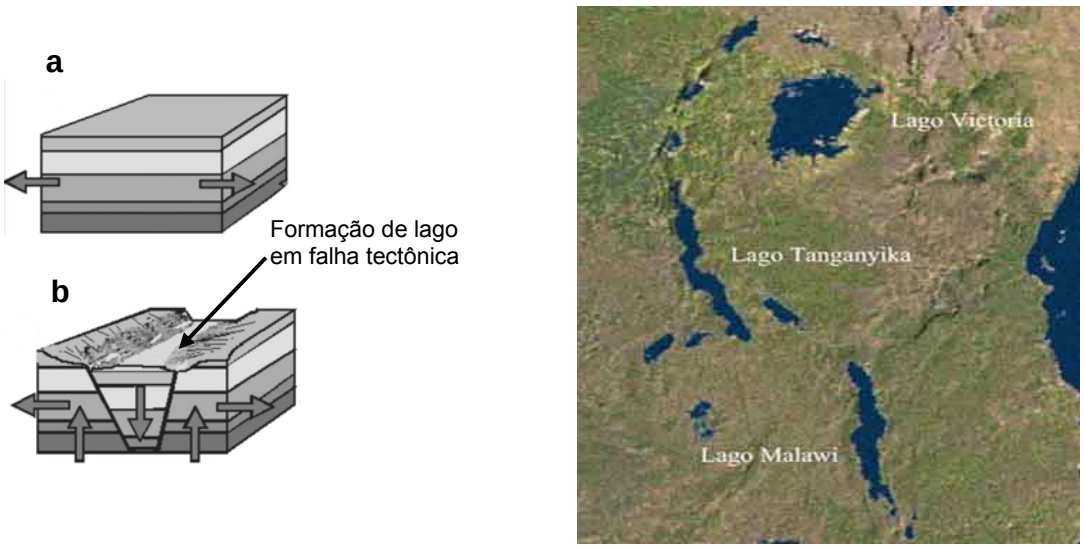


Figura 7 – Lagos tectônicos: esquema representando a formação de lagos de falha (à direita) (adaptado de Esteves, 1998); e exemplos de lagos com essa tipo de origem (Tanganika e Malawi formados no Great Rift Valley do continente africano), e ainda o lago Victória, originado por movimentos epirogenéticos (Fonte: Google Earth).

Os lagos de origem vulcânica tanto podem ser formados a partir do cone de dejeção do vulcão, como a partir do represamento de vales devido ao magma expelido pelo vulcão. No primeiro caso, gera-se três tipos de lagos: lagos de cratera, lagos tipo Maar e lagos de caldeira. No segundo, ocorre a formação de lagos de barragem vulcânica, devido o represamento de vales pela lava vulcânica solidificada (Fig.8).

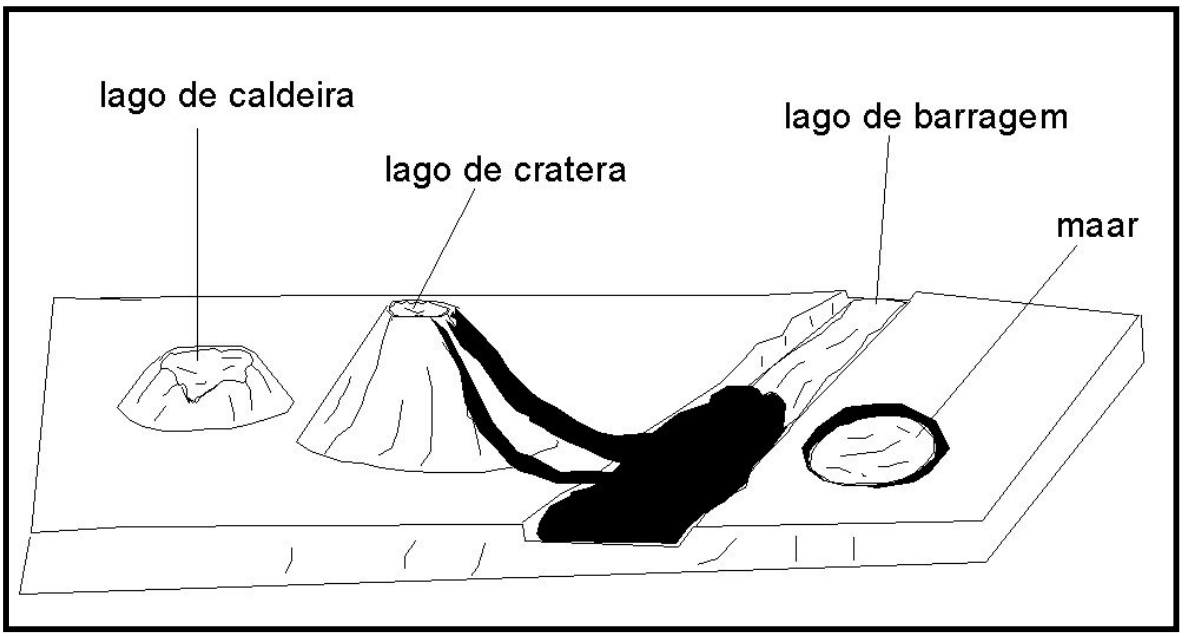


Figura 8 – Esquema ilustrativo para os tipos de lagos originados da atividade vulcânica (modificado de ESTEVES, 1998).

Os fenômenos exógenos são responsáveis pela formação da grande maioria dos lagos terrestres, destacando-se, nesse contexto, os lagos glaciais, os quais surgiram principalmente durante a última glaciação pleistocênica há aproximadamente 13-18 000 anos. Estão localizados em regiões de alta latitude notadamente, nas regiões temperadas, sendo que sua formação envolve vários processos e dá origem a diversos tipos de lagos. Dentre estes, os principais são: os lagos em circo resultantes da ação de congelamento e descongelamento das águas em áreas montanhosas, a exemplo da grande maioria dos lagos dos montes Pirineus (França-Espanha) conforme Jurado (1992) (Fig. 9a); lagos em vales barrados por sedimentos de morainas (Fig. 9b) como, por exemplo, os lagos Finger (EUA) e Constance (Alemanha - Suiça); lagos de fiordes, produtos da escavação de vales nas escarpas das montanhas pela ação da erosão glacial; lagos em terreno de sedimentação glacial entre outros (ESTEVES,1998).

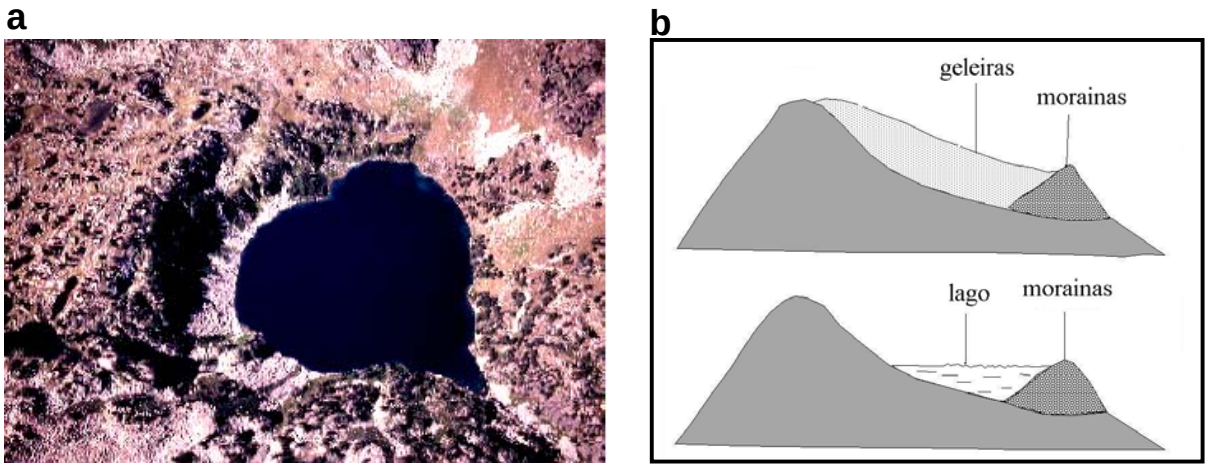


Figura 9 – Lagos formados a partir da ação glacial. a) lago em circo encontrado nos Pirineus (JURADO, 1992); b) esquema de formação de lagos em vale barrado por morainas, modificado de Esteves (1998).

Os lagos de dissolução ou erosão são resultantes do acúmulo de água em depressões formadas devido à solubilização de rochas calcáreas, de cloreto de sódio (halita) ou de sulfato de cálcio (gipsita). O agente solubilizador ou de erosão pode ser a água pluvial, subterrânea ou ambas. Essas rochas, normalmente, ocorrem em regiões nas quais outrora (período Terciário) predominou um clima mais quente. Muitos lagos desse tipo são encontrados nos Alpes Suíços, Austríacos e na Península Balcânica. No Brasil, o exemplo mais característico é o lago Poço Verde localizado próximo a Uberlândia, no Estado de Minas Gerais.(ESTEVES, 1998).

Os lagos formados pela ação do vento ocorrem principalmente em regiões áridas ou semi-áridas, e se originam a partir da deposição de sedimentos arenosos em algum trecho de um rio formando lagos de barragem eólica, ou ainda devido ao acúmulo de água em depressões previamente erodidas pela atividade eólica. Nesse caso os lagos são conhecidos como lagos de deflação eólica. No Brasil, este tipo de lago é encontrado em grande número na região da Nhecolândia (TRICART, 1982), porção sul do Pantanal mato-grossense. A identificação dos aspectos genéticos dos lagos dessa região data de períodos recentes, quando Tricart (1982) baseado em estudos de imagens de satélites, considerou que as depressões lacustres foram inicialmente produzidas por deflação eólica, devido à atuação de um clima mais seco durante o Pleistoceno Superior. Desde então, como assinalam Assine e Soares (2004), essa

região tem sofrido muitas mudanças geomorfológicas e hidrológicas em adaptação ao clima mais quente e úmido que passou a vigorar no Holoceno. De acordo com estes autores a atuação dessas condições climáticas favoreceu a implantação do atual sistema fluvial, promoveu a subida no nível freático, permitindo o acúmulo d'água por influxo subterrâneo nas áreas previamente erodidas pelo vento, formando os lagos da região. Estes lagos ou lagoas como muitas vezes são mencionados na literatura, são corpos d'água rasos, de formas circulares e elípticas que conforme suas características morfológicas e hidrológicas dividem-se em dois grupos: "baías" e "salinas". As "baías" são os lagos d'água doce, a grande maioria de caráter temporário, localizados em áreas periodicamente inundadas (várzeas), enquanto que as "salinas" são lagos de águas salgadas, encontradas nas áreas mais elevadas, geralmente margeadas por cinturões arenosos fixados por vegetação arbórea denominados "cordilheiras", que contribuem para manter essas bacias lacustres isoladas do aporte das águas de inundação (Fig. 10). No período de estiagem, alguns destes lagos podem secar, ocorrendo a precipitação da matéria orgânica e sais dissolvidos (ASSINE; SOARES, 2004).

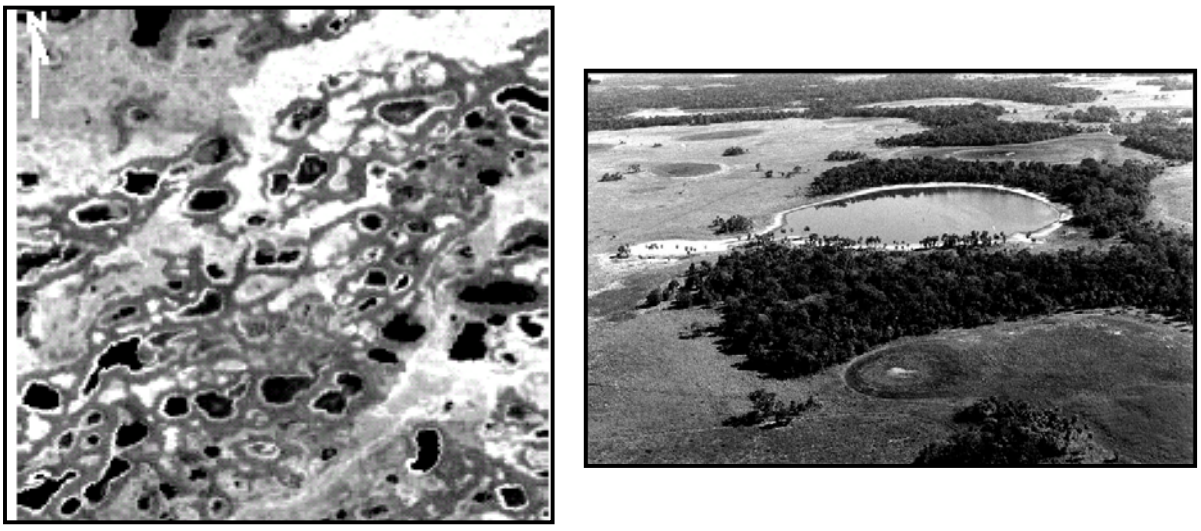


Figura 10 – Imagem de satélite mostrando a paisagem lacustre da área da Nhecolândia. Baías e salinas (à direita) e salina cercada por "cordilheiras" arenosas fixadas por vegetação (à esquerda). Fonte: Soares *et. al* (2003) e Assine e Soares (2004) respectivamente.

Os lagos brasileiros, em maioria, são influenciados pela hidrodinâmica dos rios de médio e grande porte (Amazonas e seus tributários, Paraguai, Doce, São Francisco etc) uma vez que grande parte destes estão localizados nas planícies ao longo de suas bacias. Na maioria dos casos a origem destes lagos está ligada aos próprios processos fluviais (TURCQ *et. al*. 2002).

Os lagos de origem fluvial são classificados em três tipos: lagos de barragem, lagos de meandro e lagos de inundação. No Brasil, em especial na Amazônia, pode-se encontrar em grande número, os três tipos mencionados.

Os lagos de barragem se formam quando o rio principal transporta grande carga de sedimentos que é depositada ao longo de seu leito; esta deposição provoca uma elevação do nível do seu leito causando o represamento de seus tributários então transformados em lagos (Fig. 11). Estes afluentes são normalmente pobres em aluviões, o que faz com que não acompanhem a elevação do leito do rio principal. Lagos desse tipo são encontrados ao longo do vale do médio rio Doce (região do Parque Florestal do rio Doce – MG), na Amazônia, constituindo os lagos de terra firme e também na "região de lagos do Amapá" (ESTEVES, 1998).

Os lagos de barragem situados no médio curso do rio Doce (em um número superior a 100 lagos) estão inseridos no bioma da Mata Atlântica e constituem um dos sistemas lacustres mais característicos do Brasil. Segundo Pflug (1969) sua formação ocorreu no Pleistoceno, devido a barragem da foz de antigos tributários dos rios Doce e Piracicaba. Segundo este autor a atuação de movimentos tectônicos na região deve ser considerada como um dos fatores responsáveis pela diferença entre os níveis do leito do rio Doce e seus antigos tributários, atualmente transformados em lagos. Como exemplo desses lagos tem-se: o lago D. Helvécio, considerado o lago natural mais profundo do Brasil, com cerca de 31 m (TUNDISI *et al.* 1997*)*; o lago Silvana (RODRIGUES FILHO *et. al.* 2001), entre outros.

Os lagos de terra firme da Amazônia são alongados e muito dendríticos. Foram formados a partir dos rios de água branca, capazes de transportar grande quantidade de aluviões. O lago Calado (Fig. 11), é um exemplo típico destes lagos, localiza-se próximo à cidade de Manaus, cerca de 80 km à montante da confluência dos rios Negro e Solimões. Durante as cheias, este lago mantém comunicação com o rio Solimões,

através de um pequeno canal, tendo o nível de suas águas controlado pela dinâmica do mesmo (BEHLING *et al* 2001). Outros exemplos de lagos de barragem amazônicos são: baía de Caxiuanã, no Estado do Pará (BEHLING; COSTA, 2000), Piorini, Erepecu, Anamã, Aipuã , rio Preto da Eva, Badajós etc. (ESTEVES, 1998).

A “região de lagos do Amapá” está localizada na baixada litorânea do Amapá entre os rios Amapá Grande e Araguari. Na época das chuvas, estes lagos transbordam e suas águas cobrem toda a planície litorânea, transformando-a em um grande alagado (ESTEVES, 1998). Entre os lagos mais conhecidos estão: os lagos Duas Bocas, Comprido, Mutuco, Cajubim e Novo.

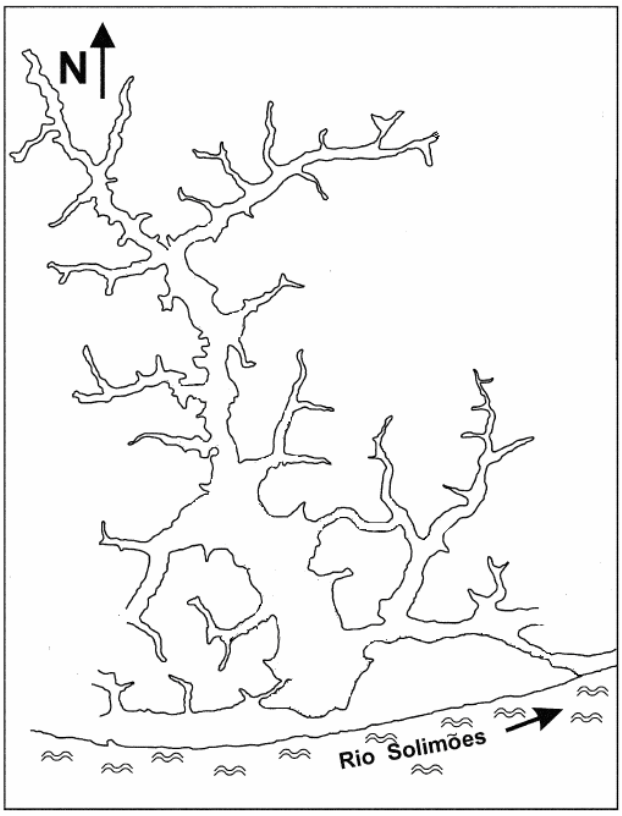


Figura 11 – Lago Calado, típico lago de barragem da Amazônia, mantendo comunicação com o rio Solimões por pequenos canais, modificado de Behling *et al.* (2001).

Os lagos de meandro ou ferradura ou ainda “sacados” como são popularmente conhecidos na região amazônica, ocorrem ao longo dos rios de canal meandrante. São formados a partir do isolamento de meandros por processos de erosão e sedimentação

das margens. São encontrados em grande número ao longo de rios como o Madeira, Juruá (Fig. 12) e Purus (Amazônia), Paraguai (pantanal mato-grossense), entre outros.

Figura 12 – Lagos de meandros abandonados, formados ao longo do rio Juruá (Fonte: Google Earth).

Os lagos de inundação ou várzeas se concentram principalmente na região amazônica, nas planícies de inundação do rio Solimões-Amazonas (Fig. 13) e seus tributários, que juntos cobrem uma área equivalente a 300 000 km^2 (JUNK, 1997). Estes lagos apresentam como característica principal a grande variação no nível da água. Nas épocas de cheia as águas do rio Solimões/Amazonas inundam as planícies, enchendo os lagos, o que resulta no transbordamento de suas águas, ocasionando a intercomunicação entre rios e lagos formando muitas vezes um único sistema, onde alguns lagos temporariamente adquirem características lóticas (JUNK, 1980). Com a diminuição do nível de água do referido rio, as águas presentes nos lagos são drenadas para ele. Outra característica peculiar a estes lagos é a grande produção fitoplanctônica e macrofítica, impulsionada principalmente pela entrada de elementos nutritivos

transportados pelos rios em suas bacias durante as altas águas (AMORIM *et al*. 2005). Na busca pela compreensão acerca da dinâmica funcional destes ecossistemas de várzeas, muitos trabalhos foram desenvolvidos, entre os quais destacam-se: Ritchey *et al.* (1990); Carvalho *et al*. (2001); Turcq *et al*. (2002); Hess *et al.* (2003); Viers *et al.* (2005). Os lagos Castanho, Maicá, Grande de Maicuru, Itaudema e Grande de Curuai (planícies aluviais), Comprido e Camaleão (ilha de Marchantaria no rio Solimões) são exemplos de lagos de várzeas. Este tipo de lago pode também ser encontrado em outras regiões fora da bacia amazônica, como no Pantanal de Mato Grosso (baías), na planície do rio São Francisco e na região da Baixada Maranhense, nas várzeas dos rios Turiaçu, Pericumã e Pindaré. Esses três últimos rios são bem pequenos quando comparados aos demais rios amazônicos; todavia, possuem comportamento semelhante a estes no que diz respeito aos padrões de inundação e formação de várzeas (IBANEZ *et al.* 2000).

Figura 13 – Lagos de várzea ao longo da planície de inundação do rio Solimões (Fonte: Google Earth).

Além dos lagos originados por processos fluviais, ocorrem ainda na região amazônica, outros inúmeros lagos, a exemplo daqueles formados sobre crostas lateríticas. Segundo Costa *et al* (2005), estes pequenos e rasos lagos foram e continuam sendo acumuladores preferenciais de águas pluviais e coletores de águas também fluviais, fato que se deve principalmente à baixa permoporosidade apresentada pelas crostas lateríticas a qual proporciona o acúmulo de água e conseqüente formação dos lagos e lagoas. Lagos desse tipo são encontrados nas serras norte e sul da região de Carajás (Estado do Pará), na estrutura de Seis Lagos (noroeste do Amazonas), entre outros locais (COSTA, 1991).

Um outro exemplo, de lagos atípicos ao vasto sistema flúvio-lacustre mencionado para a Amazônia, ocorre em sua porção setentrional, na região nordeste do Estado de Roraima. Os lagos que ocupam essa área, cujas origens ainda permanecem incógnitas, se desenvolvem sobre uma extensa superfície de aplanamento, vegetada por savanas configurando um cenário distinto daqueles encontrados nos domínios amazônicos (SIMÕES FILHO *et al.* 1997).

As poucas informações disponíveis para estes lagos, se restringem a descrição generalizada de suas formas, a saber, circulares e elípticas, segundo Barbosa e Ramos (1959) do tipo celular e amebóide. Franco *et al.* (1975) e Maia e Dantas (2002), nos levantamentos feitos para os projetos Radambrasil e Zoneamento Ecológico Econômico de Roraima respectivamente, também os mencionam sucintamente, enfatizando o caráter intermitente de alguns desses corpos lacustres.

Até o presente momento, poucos trabalhos foram realizados no sentido de caracterizar mais detalhadamente os lagos de Roraima e elucidar questões como suas origens, evolução e dinâmica atual. Nesse contexto, merecem destaque os trabalhos de Absy *et al.* (1997), que através de estudos palinológicos realizados em dois lagos (Galheiro, e da fazenda São Joaquim) da região de savanas, correlacionaram a vegetação pretérita (diagramas de pólen) àquela que atualmente ocupa o entorno destes lagos, conforme os resultados obtidos por estes autores, nenhuma mudança significativa ocorreu nesta vegetação, ao longo do Holoceno. O lago da fazenda São Joaquim e outros lagos como o Periquito e Caracaranã localizados respectivamente nos municípios de Bonfim, Mucajaí e Normandia foram estudados por Simões Filho *et al*

(1997), por ocasião da realização de estudos envolvendo a datação (método do radiocarbono) de seus sedimentos. Segundo estes autores, o lago Caracaranã (importante pólo turístico da região) é o maior e mais profundo lago do Estado de Roraima (Fig. 14).

Figura 14 – Lago Caracaranã: lago de bacia elíptica cujas margens arenosas configuram-no como área de lazer e turismo no lavrado roraimense.

De acordo com os resultados obtidos pelos referidos autores, o lago Caracaranã é também o lago mais antigo do estado, tendo se originado por volta de 9.000 anos A. P., como resultado da instalação de um clima mais úmido que aquele dominante no Pleistoceno. Já os lagos Periquito e da fazenda São Joaquim teriam se instalado mais tardiamente, respectivamente por volta de 6.000 a 1.600 anos A. P.

Latrubesse e Nelson (2001) estudaram a paisagem próxima à cidade de Boa Vista (norte do rio Cauamé), onde descrevem a ocorrência de lagos associados a remanescentes campos de dunas parabólicas altamente erodidas (Fig. 15). Segundo estes autores, a presença destes lagos está relacionada a processos eólicos, sendo

caracterizados como lagos de deflação, cujas bacias teriam se formado durante episódios de climas mais secos no fim do Pleistoceno e inicio do Holoceno.

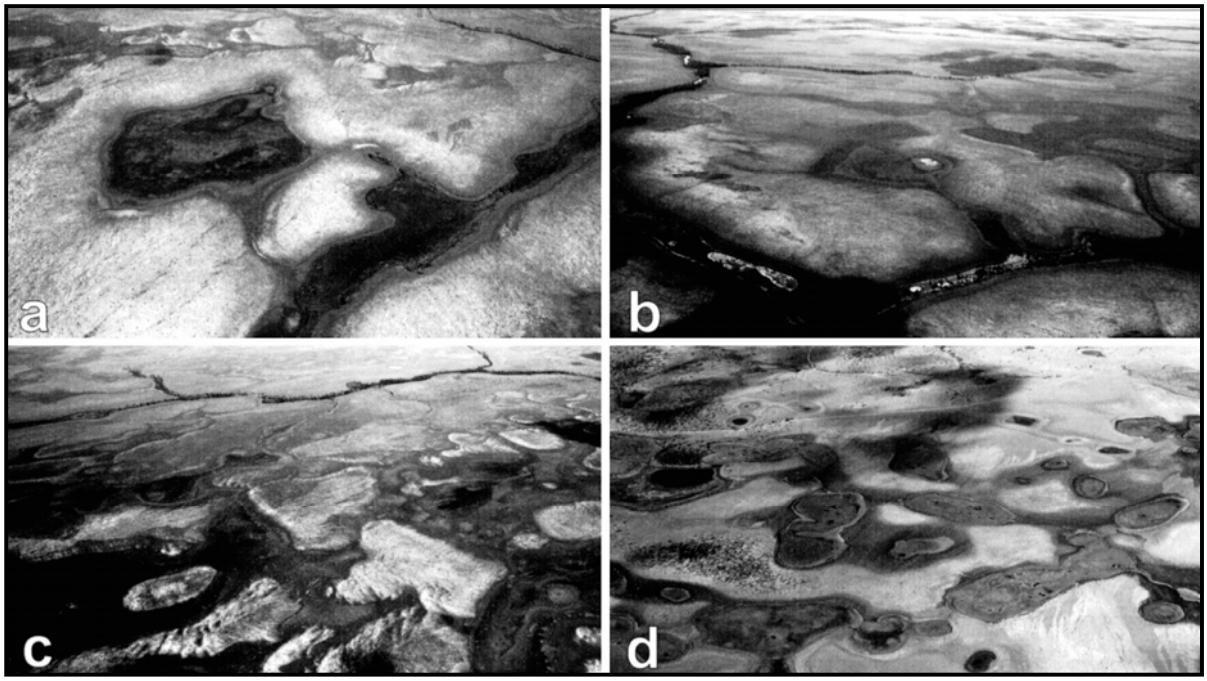


Figura 15 – Paleodunas altamente erodidas encontradas nas proximidades do rio Cauamé (a-c) e depressões circulares ao norte do rio Uiraricoera interpretadas como lagos de deflação (LATRUBESSE; NELSON, 2001).

1.6.2 Fenômenos Lacustres

Os principais compartimentos dos ambientes aquáticos são: coluna d' água e sedimento. Nos lagos típicos podem ainda ser delimitados três compartimentos: litorâneo (área de contato com o ambiente terrestre), pelágico ou limnético (água aberta) e profundo (ESTEVES, 1998). Entretanto, podem ocorrer muitas diferenças entre esses ambientes que podem ser explicadas a partir dos contornos de profundidade das bacias, formato dos lagos e seus aspectos genéticos (LERMAN,1978).

1.6.2.1 Estratificação da Coluna d'água

Os lagos podem apresentar gradientes verticais e em alguns casos laterais, que se tornam evidentes, através da distribuição desigual da luz, temperatura, nutrientes e gases (oxigênio, gás carbônico etc.). A desigual distribuição destas variáveis no ambiente lacustre tem grandes conseqüências na distribuição dos organismos (ESTEVES, 1998).

Em função da distribuição desigual da radiação luminosa, os lagos podem sofrer uma zonação vertical da coluna d'água. De acordo com Barroso e Santos (1995), o padrão de distribuição dessa radiação, irá determinar a separação das massas de água em função de diferenças de densidade. Já a distribuição da radiação fotossintética ativa, a qual pode ser absorvida pela clorofila, irá determinar as profundidades das zonas de síntese de matéria orgânica (zona eufótica) e de decomposição (zona afótica)

Outro fenômeno muito importante na dinâmica dos sistemas lacustres, é a estratificação térmica da coluna d'água (Wetzel, 1983). Como resultado da má distribuição do calor solar absorvido pelas camadas superficiais para o restante da massa d'água, se desenvolve uma camada superficial de águas menos densas e temperatura relativamente uniforme e quente (epilímnio), uma porção intermediária (metalímnio) caracterizada por uma marcante queda de temperatura com a profundidade (termoclina), e uma camada de águas mais densas com temperaturas relativamente uniformes e mais frias (hipolímnio) (Fig 16).

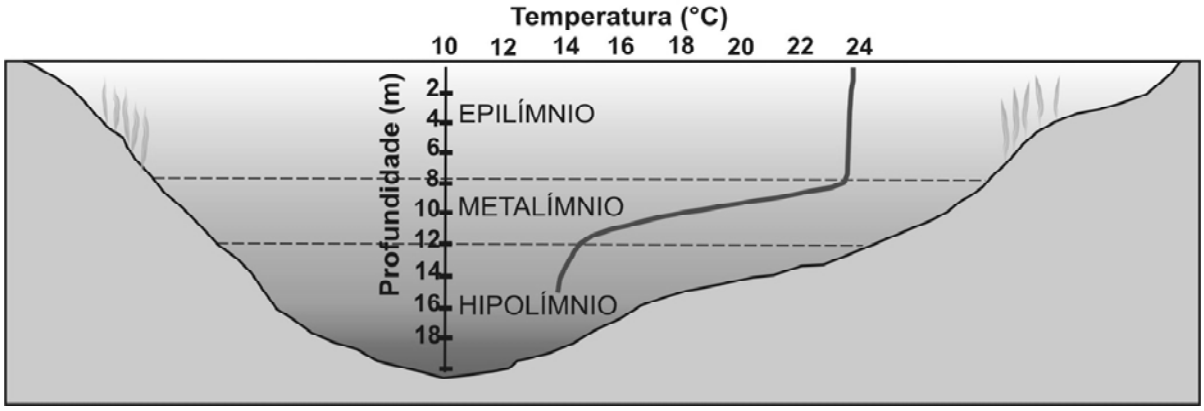


Figura 16 – Representação esquemática mostrando a estratificação térmica em um lago (Baseado em WETZEL, 1983; ESTEVES, 1998).

A persistência da estratificação térmica dos lagos depende de diversos fatores como clima, temperatura e salinidade da água, área e profundidade do lago, e regime de ventos. Nos lagos situados em regiões temperadas, o aquecimento das águas superficiais durante o verão provoca a estratificação da coluna d'água, enquanto a diminuição da radiação solar no outono, resfria o epilímnio, homogeneizando a temperatura e provocando a circulação da massa d'água (BERNER; BERNER, 1986).

Em lago de regiões tropicais, os fenômenos de estratificação da massa d'água ocorrem de maneira diferenciada daquelas de regiões temperadas. Nestes lagos o mais comum é a ocorrência de estratificação e desestratificação diária, ou estratificação durante a primavera, verão e outono, com desestratificação no inverno.

A grande maioria dos lagos tropicais apresenta profundidades reduzidas, em função dos processos geológicos que os originam. Além disso, nestas regiões a variação sazonal da temperatura é pouco acentuada em relação à variação diária. Na região amazônica, por exemplo, a amplitude de variação diária da temperatura atmosférica é maior do que a amplitude sazonal. Estes fatores contribuem para a estratificação e desestratificação diária da coluna d'água nestes lagos. Segundo Esteves (1998), a estratificação se desenvolve durante o período do dia, culminando por volta das 16 - 17 horas e desestratificação noturna, devido perda de calor para a atmosfera. No entanto, nos lagos tropicais de maiores profundidades, em especial aqueles que são pouco influenciados pelo vento, observa-se padrão diferenciado de estratificação, ou seja, estes lagos permanecem estratificados na maior parte do ano, desestratificando-se somente no inverno. Nesta época do ano ocorre inicialmente o resfriamento do eplíminio, posteriormente do metalímnio e finalmente toda a coluna d`água apresenta-se homotérmica e desestratificada. Esse padrão de estratificação térmica ocorre em alguns lagos brasileiros, como constataram Tundisi *et al* (1997) ao estudarem 15 lagos do sistema lacustre do rio Doce, entre eles o lago Dom Helvécio (31 m de profundidade). Segundo estes autores os lagos permanecem estratificados durante 10 meses no ano.

Em relação ao padrão de estratificação/circulação de água, os lagos são classificados como holomíticos quando a circulação envolve toda a coluna d'água, ou meromíticos nos casos em que apenas parte da coluna d'água é renovada. Neste

último tipo de lago, a termoclina separa uma parte da coluna d'água que regularmente é submetida à renovação (mixolímnio) de outra parte mais profunda que se mantém isolada (monimolímnio). Alguns lagos, porém, são muito rasos, tornando a ação do vento bastante eficaz na movimentação de suas águas e por isso não sofrem estratificação e não desenvolvem um hipolímnio (LERMAN,1978).

Nos lagos onde ocorre estratificação térmica também se desenvolve estratificação química, isto é, os gases e compostos orgânicos e inorgânicos presentes na água podem apresentar distribuição não homogênea na coluna d' água. Em lagos temperados, a estratificação térmica condiciona a estratificação química. Em lagos tropicais, a estratificação química, especialmente do oxigênio pode ocorrer independentemente desse processo, pois outros fatores como a concentração de matéria orgânica dissolvida e particulada na água do lago podem controlar a disponibilidade desse gás na água. Em lagos onde há pouco fornecimento de nutrientes e, por conseqüência, baixas taxas de produção fotossintética, as águas costumam ser bem oxigenadas até as regiões mais profundas. Por outro lado, em lagos onde há uma farta disponibilidade de nutrientes e altas taxas de produtividade primária, o oxigênio pode decrescer em direção ao hipolímnio, tornando-o muitas vezes anaeróbico.

1.6.2.2 Eutrofização

A eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como conseqüência o aumento de suas produtividades. Em função do nível trófico da água, os diferentes ecossistemas podem ser classificados em oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos (BERNER; BERNER, 1986).

A eutrofização pode ser natural ou artificial. Quando natural, é um processo lento e contínuo que resulta do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais que erodem e lavam a superfície terrestre. A eutrofização natural corresponde ao que pode ser chamado de "envelhecimento natural" do lago. Quando ocorre artificialmente, ou seja, quando é induzida pelo homem, a eutrofização é denominada de artificial, cultural ou antrópica. Atualmente, as alterações no uso do solo

na bacia de drenagem dos ecossistemas aquáticos têm aumentado os fluxos de sedimentos e de nutrientes devido à remoção da vegetação nativa, agricultura, pecuária, urbanização e lançamento de efluentes domésticos e industriais. Como conseqüência do incremento dos fluxos de sedimentos e nutrientes, o processo de envelhecimento é acelerado causando alterações indesejáveis no ambiente aquático, como por exemplo, as florações de algas nocivas, capazes de produzir toxinas, e o rápido assoreamento (enchimento do corpo d'água por sedimentos). O “envelhecimento precoce” dos lagos devido às atividades humanas é conhecido como eutrofização artificial (BERNER; BERNER, 1986).

De acordo com alguns pesquisadores é possível determinar o grau de eutrofização dos lagos através da análise de seus sedimentos. Segundo Naumann (1931), os componentes do sedimento, em especial a concentração de matéria orgânica, refletem o nível de produção do sistema. Em lagos oligotróficos, por exemplo, o sedimento caracteriza-se pelo baixo teor de matéria orgânica (o que lhe confere cor clara), e baixa concentração de nutrientes. Por outro lado, em lagos mesotróficos e especialmente em lagos eutróficos, o teor de matéria orgânica aumenta consideravelmente. O sedimento de lagos eutróficos é facilmente reconhecido pela cor preta causada pela alta concentração de matéria orgânica, que é uma de suas principais características. Entretanto, em regiões tropicais, a relação entre a concentração da matéria orgânica no sedimento e o estado trófico dos lagos, raramente se confirma, uma vez que nessas regiões, a reciclagem da matéria orgânica processa-se de maneira muito mais rápida do que em lagos de regiões temperadas, não permitindo o seu acúmulo no sedimento por longos períodos. Essa alta decomposição decorre das altas temperaturas (geralmente maiores que 20 ºC), que normalmente são observadas nestes ecossistemas. Outro fator que também contribui para a rápida decomposição da matéria orgânica é a alta turbulência dos lagos tropicais, facilitada pelo fato de que a maioria destes lagos é pouco profunda. Assim, a maior parte da matéria orgânica é decomposta na coluna d’água, antes mesmo de alcançar o sedimento.

1.6.3 Importância dos Sedimentos Lacustres

De acordo com Allen e Collinson (1986), os lagos, podem ser considerados como verdadeiros laboratórios naturais por possibilitarem um refinamento do conhecimento já adquirido a respeito dos processos físicos, químicos e biológicos relevantes não só para o ambiente lacustre como também para vários outros ambientes. Muito do que se conhece hoje sobre deltas, processos litorâneos, correntes de turbidez, sedimentação em ambientes profundos e eventos anóxicos oceânicos foi derivado de estudos realizados em lagos, tendo por base principal a análise de seus sedimentos. O sedimento pode ser considerado como o resultado da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático. Do ponto de vista de ciclagem de matéria e fluxo de energia, o sedimento é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais. Nele ocorrem processos biológicos, físicos e químicos, que influenciam o metabolismo de todo o sistema. Além disso, o sedimento, através de sua composição química e biológica, é de fundamental importância no estudo da evolução histórica de ecossistemas aquáticos e dos ecossistemas terrestres adjacentes (ESTEVES, 1998).

A importância do sedimento para estudos de caráter paleolimnológico reside no fato no fato de que é neste compartimento do ecossistema lacustre que se depositam todos os compostos e estruturas de animais e vegetais, que não foram totalmente decompostos. Desta maneira, ao longo da evolução de um sistema aquático, formam-se camadas no sedimento, contendo compostos químicos e estruturas biológicas que representam as diferentes fases do processo. Assim, a partir desses depósitos, torna-se possível interpretar o desenvolvimento histórico e alterações tanto do ambiente como de suas comunidades. Devido a estas propriedades, os sedimentos lacustres funcionam como verdadeiros bancos de dados sobre os ecossistemas. Essa capacidade do sedimento em acumular compostos é também responsável por tornar este compartimento um dos mais importantes na avaliação do nível de contaminação dos ambientes aquáticos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ATIVIDADES PRELIMINARES

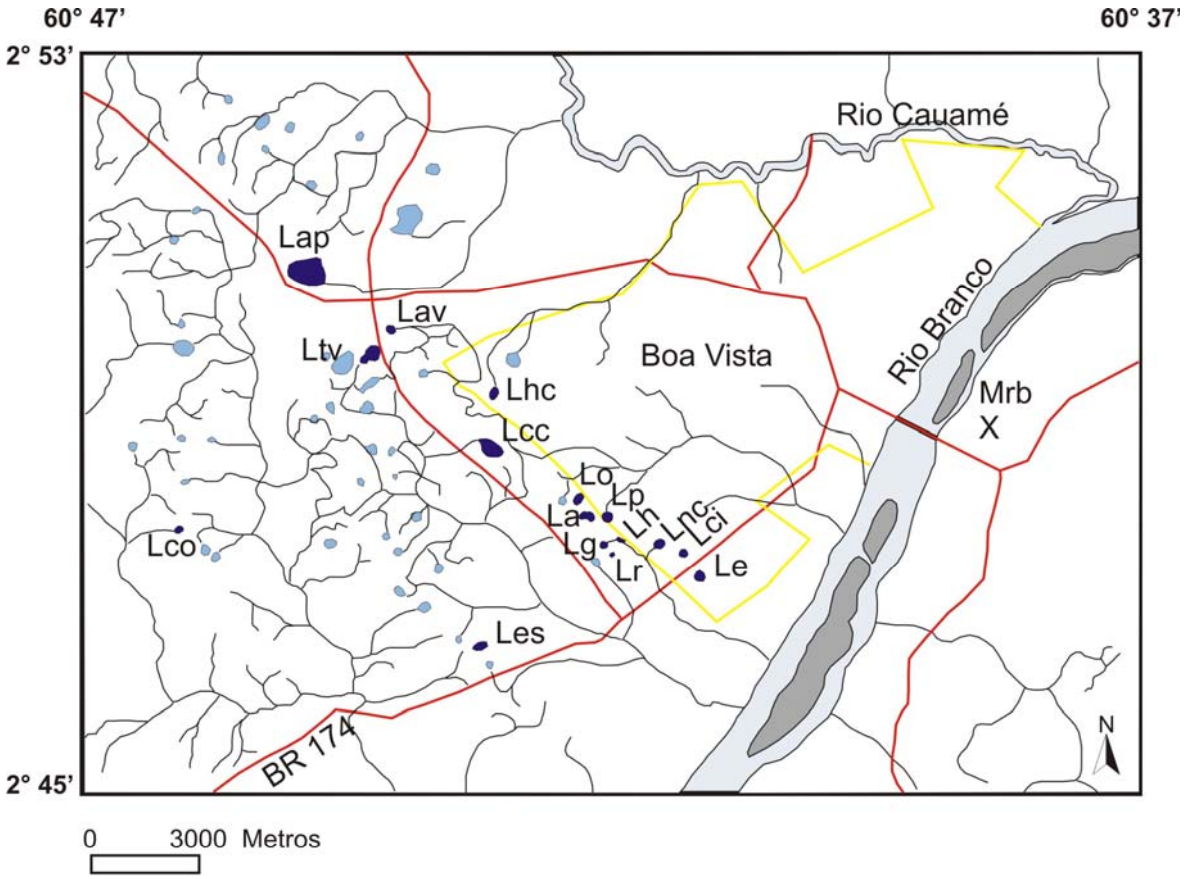
Após a delimitação da área a ser investigada, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a fisiografia, da mesma, seguido da elaboração de mapas temáticos tendo como base cartográfica a FOLHA NA. 20 –X – D – II, mapas geológico e geomorfológico resultantes do Zoneamento Ecológico Econômico, cedidos pela CPRM e imagens obtidas pelo satélite Landsat ETM+ correspondentes à órbita/ponto232/58 nas bandas 3, 4 e 5 com cobertura em outubro (2002) e março (2004) períodos chuvoso e seco respectivamente. Estas imagens foram adquiridas pelo Departamento de Geografia da Universidade Federal de Roraima - UFRR, cedidas para a realização deste trabalho.

O presente estudo utilizou o Sistema de Informação Geográfica - SIG através do software ArcView – 3.2 como instrumento que permitiu obter análises para as questões relativas às características fisiográficas dos lagos, tais como: morfologia, extensão, relação com a drenagem, influência da sazonalidade, e presença de vegetação no interior de suas bacias. Assim, esta ferramenta contribuiu para dois momentos importantes: o primeiro consistiu na geração, atualização, integração e análise de informações georreferenciadas e o segundo na representação cartográfica dos resultados obtidos.

2.2 TRABALHOS DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado no mês de outubro do ano de 2004, período correspondente ao final da estação chuvosa na região. O reconhecimento da área e seleção dos lagos para amostragem foi realizado com a ajuda de um GPS de marca Garmin 12, pertencente ao Núcleo de Recursos Naturais - NUREN da UFRR. Foram selecionados 16 lagos situados nas porções oeste, sudoeste e sul da cidade de Boa Vista, e um ponto localizado na margem esquerda do rio Branco próximo à ponte dos Macuxis (Fig. 17) Durante os trabalhos de campo, foram realizadas várias atividades, entre elas: a descrição de algumas características dos lagos e das áreas adjacentes

(aspectos morfológicos, florísticos, e antrópicos, etc.); a medição da profundidade de alguns lagos utilizando um eco-batímetro portátil; entrevistas informais com os moradores das áreas próximas aos lagos, quando foram abordados temas como: o comportamento da população em relação ao uso e destinação das águas lacustres, histórico de ocupação antrópica da área, atuação dos órgãos assistenciais (Prefeitura Municipal, Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, etc.) junto à população; determinação de alguns parâmetros físico-químicos das águas e coleta de sedimentos de margem e substrato dos lagos. Tendo em vista, que a maioria dos lagos estudados não tinham nomes próprios, foi dado a estes nomes específicos de acordo com a toponímia local, visando facilitar o trabalho de identificação dos mesmos no decorrer deste trabalho. Os lagos amostrados e seus respectivos nomes e siglas, bem como suas disposições em relação cidade de Boa Vista, estão apresentados na figura 17.



LEGENDA

- Lagos amostrados
- Lagos não amostrados
- Barras de canal
- Drenagem
- Principais vias de acesso
- Contorno da área urbana
- Ponte dos Macuxis
- X Mrb - margem rio Branco

Lap - Lago Apoteri
Lav - Lago do Velho
Ltv - Lago do Trevo
Lhc - Lago Hélio Campos
Lcc - Lago Conjunto Cidadão
Lo - Lago do Operário
La - Lago do Apressado
Lp - Lago Piscicultura
Lg - Lago das Garças
Lh - Lago das Hortas
Lr - Lago Redondo
Lnc - Lago Nova Cidade
Lci - Lago Cidade
Les - Lago da Estrada
Le - Lago da EMBRAPA
Lco - Lago dos Costas

Figura 17 – Mapa de localização dos lagos amostrados, mostrando ainda o ponto de coleta dos sedimentos de margem do rio Branco.

2.2.1 Análises dos Parâmetros Físico-químicos das Águas

Os parâmetros físico-químicos das águas (temperatura, pH, sólidos totais dissolvidos – STD e condutividade elétrica - CE), foram determinados *in loco* com o auxílio de um equipamento portátil da marca Hanna modelo HI991300, pertencente ao Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada (GMGA). Os dados de oxigênio dissolvido foram fornecidos pela Companhia de Águas e Esgotos de Roraima – CAER que monitora a qualidade das águas dos lagos.

2.2.2 Coleta dos Sedimentos

Os sedimentos de margem e substrato dos lagos foram coletados utilizando-se um trado manual. Em cada um desses lagos foram coletadas amostras nos intervalos de 0 a 20, e 20 a 40 cm de profundidade, as quais depois de devidamente identificadas foram armazenadas em sacos plásticos. O processo de coleta dos quatro primeiros lagos visitados (Lago da Embrapa, Lago do Conjunto Cidadão, Lago do Operário e Lago do Hélio Campos) contou com o apoio dos Profs. Drs. Marcondes Lima da Costa da UFPA, José Augusto Vieira da Costa da UFRR, e Hermann Behling da Universidade de Bremen e Göttigen – Alemanha, que coletaram amostras para estudos palinológicos da região. Além das amostras coletadas em lagos, foram coletadas também amostras de sedimentos na planície de inundação do rio Branco, em sua margem direita, próximo à ponte dos Macuxis (vide Fig. 17).

2.3 TRABALHOS DE LABORATÓRIO.

2.3.1 Determinação do pH dos Sedimentos Lacustres

A determinação do pH em sedimentos foi feita de acordo com Tomé Júnior (1997). Para cada 10 gramas das amostras foram adicionadas 20 ml de água deionizada, deixadas em repouso por 30 minutos visando-se obter um melhor contato da água com o sedimento. Em seguida, agitou-se a mistura por alguns minutos, deixando-se esta em repouso por mais 1 hora. Só então se realizou a leitura do pH da

água sobrenadante. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Hidroquímica da UFPA.

2.3.2 Análises Granulométricas dos Sedimentos

2.3.2.1 Separação das Frações de Areia, Silte e Argila

As análises granulométricas realizadas em 44 amostras foram conduzidas no Laboratório de Sedimentologia do Centro de Geociências da UFPA.

As amostras foram inicialmente secas em temperatura ambiente, desagregadas manualmente e quarteadas. Posteriormente foram pesadas 100 gramas de cada amostra que depois de misturadas com água destilada foram desagregadas em beckeres em um aparelho de ultrason da marca Thornton – Inpec Eletrônica Ltda, em seguida peneiradas, em uma peneira de 0,062 mm, para separação da fração grossa (areia) da fração fina (silte e argila). A areia retida na peneira foi levada à estufa para secagem a 50 °C, enquanto que o silte e argila em suspensão foram levados para separação por processo de centrifugação a 1000 rpm durante 2 minutos, utilizando uma centrifuga de marca Heraeus Christy modelo 4121. Neste processo de separação a fração silte deposita-se no fundo do recipiente, enquanto que fração argila permanece em suspensão. O silte separado foi levado á estufa para secar a uma temperatura de 50 °C e a argila foi levada novamente a centrifuga a 1500 rpm durante 5 minutos para concentração e depois levada à estufa para secar a uma temperatura de 50 °C. Depois de secas, a areia, o silte e a argila foram pesados separadamente o que permitiu a determinação do percentual relativo entre as mesmas, e posterior construção de gráficos representativos das texturas predominantes nas amostras dos lagos estudados.

2.3.2.2 Tratamento da Fração Arenosa (Peneiramento a Seco)

Após a secagem e pesagem do material arenoso, realizou-se um peneiramento a seco para determinação dos valores percentuais correspondentes ás frações de areia grossa, média e fina presentes na fração arenosa. Para isso foi utilizado um conjunto de

peneiras da série Tyler formado pelas peneiras de abertura 2.00, 1.41, 1.00, 0.710, 0.500, 0.350, 0.250, 0.171, 0.088, 0.062 mm, superpostas na ordem decrescente colocadas em agitador mecânico por dez minutos. Após o peneiramento, as sub-frações retidas em cada uma das peneiras foram pesadas separadamente, fornecendo os dados necessários para a construção de histogramas representativos da sua distribuição nas amostras.

2.3.2.3 Determinação do Grau de Arredondamento e Esfericidade dos Grãos

O grau de arredondamento e esfericidade dos grãos de areia foram determinados em amostras contendo cerca de 100 grãos pertencentes a diferentes intervalos de classes granulométricas, através de comparação visual com as tabelas de classes de arredondamento e esfericidade de Russel e Taylor[1] *apud* Müller (1967). Para a realização destas análises foi utilizada uma lupa binocular com uma câmera fotográfica acoplada, com projeção de imagens em uma tela de computador, o que permitiu uma melhor visualização e a obtenção de fotografias dos grãos. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Gemologia do Museu de Geociências da UFPA.

2.3.3 Análises Mineralógicas por Difração de Raios – X

A mineralogia das amostras coletadas foi determinada por Difração de Raios- X (DRX) em amostra total (método do pó) e em lâmina orientada. Para a identificação dos argilominerais foram preparadas lâminas a partir da fração argila separada durante as análises granulométricas. Da argila em suspensão foram retirados com a ajuda de uma pipeta cerca de 2 ml e espalhados sobre lâminas de vidro. Após um período de 24 horas, essas lâminas já secas foram levadas ao difratômetro, para leitura em condições normais. Após o processo, as mesmas lâminas foram impregnadas com etileno-glicol em um dissecador por 24 horas e analisadas por DRX. Feita essa segunda leitura, as lâminas foram aquecidas a 510 °C durante 2 horas em uma mufla

[1] RUSSEL, R.D.; TAYLOR, R. E. Roundness and Shape of Mississipi River Sands. *Journal of Geology*. 45, p. 225-267. 1937.

de marca Heraeus Eletronic, modelo MR – 170, e mais uma vez analisadas por DRX. Utilizou-se um difratômetro de raios - X da marca PHILIPS, modelo PW 3710, equipado com anodo de cobre (Cu Kα = 1,5406 Å) com monocromador e gerador de tensão e corrente ajustados para 45 kV e 40 mA. Os registros foram realizados no intervalo de 5 a 65º 2θ para amostra total e de 3° a 33°2θ para as lâminas orientadas. Foi utilizado o software APD (PHILIPS) para tratamento digital dos registros obtidos e a base de dados PDF (Powder Diffraction File) do ICCD (International Center for Diffraction Data) para a identificação de fases minerais. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Difração de Raios - X do Centro de Geociências da UFPA.

2.3.4 Análises Químicas

2.3.4.1 Elementos Maiores e Traços

A composição química total dos sedimentos (cerca de 5g cada) foi determinada através de fusão com metaborato/tetraborato de lítio e solubilização ácida. Em seguida os elementos foram determinados por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), nos Actlabs Laboratories – Ltd, no Canadá, segundo o Codes Lithogeochem Standard Package e materiais de controle W2 e WHG-1.

2.3.4.2 Cálculo Estequiométrico

Através do uso de cálculos estequiométricos determinou-se os percentuais mineralógicos presentes nas amostras, calculados a partir dos resultados das análises mineralógicas por DRX e análises químicas.

Admitiu-se que o Fe_2O_3 identificado por análises químicas nas amostras está associado apenas à goethita (FeOOH) e o TiO_2 à presença de rutilo e /ou anatásio (TiO_2). O Al_2O_3 juntamente com parte da SiO_2 compõem a caulinita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) e a SiO_2 restante constitui o quartzo (SiO_2). Os valores de perda ao fogo foram em parte atribuídos a caulinita, sendo que o restante é debitado à matéria orgânica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

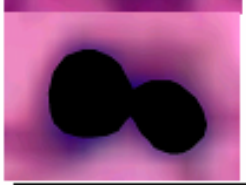
3.1 CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA DOS LAGOS

Os lagos foram analisados quanto às seguintes características: morfologia, extensão, profundidade, influência da sazonalidade, vegetação aquática, e relação com os demais corpos hídricos da região (brejos, igarapés e veredas.). As quais são apresentadas e discutidas a seguir.

3.1.1 Morfologia dos lagos

De acordo com a morfologia, ou seja, o contorno areal das bacias lacustres, os lagos analisados podem ser agrupados em 4 classes morfológicas: goticular, circular, elipsoidal e geminado (Tab. 1).

Tabela 1 – Freqüência (%) dos lagos segundo as classes morfológicas identificadas através de imagens de satélite.

Forma do lago	Classe morfológica	Freqüência (%) dos lagos identificados	Exemplos de lagos
	Goticular	48	Hélio Campos (LHC), das Garças(LG), e das Hortas (LH).
	Circular	24	Embrapa (LE), Cidade (LCI) e Redondo (LR)
	Elipsoidal	16	Conj. Cidadão (LCC), Apoteri (LAP) e Nova Cidade (LNC).
	Geminado	12	Operário (LO), Apressado (LA) e do Trevo (LTV).

Os lagos de contorno goticular são os mais abundantes (48 %). São lagos cujo formato assemelha-se a uma gotícula d'água devido a um ligeiro prolongamento marginal, a partir do qual surgem os igarapés. Os lagos circulares por sua vez representam 24 % do total, e na maioria dos casos ocorrem isolados. Os lagos de formato elipsoidal aparecem em terceiro lugar com cerca de 16 %, seguidos dos lagos geminados que representam 12 % desses lagos (Fig.18). Os lagos geminados são resultado do processo de junção de dois ou três lagos geralmente circulares que se conectaram entre si, por ocasião do rompimento do divisor d'água, unindo-se para formar um único lago. Em alguns casos, essa geminação só é perceptível, no período seco, quando ao baixar o nível das águas, ocorre a individualização das bacias, que no período chuvoso, formam um único lago configurando formas elipsoidais..

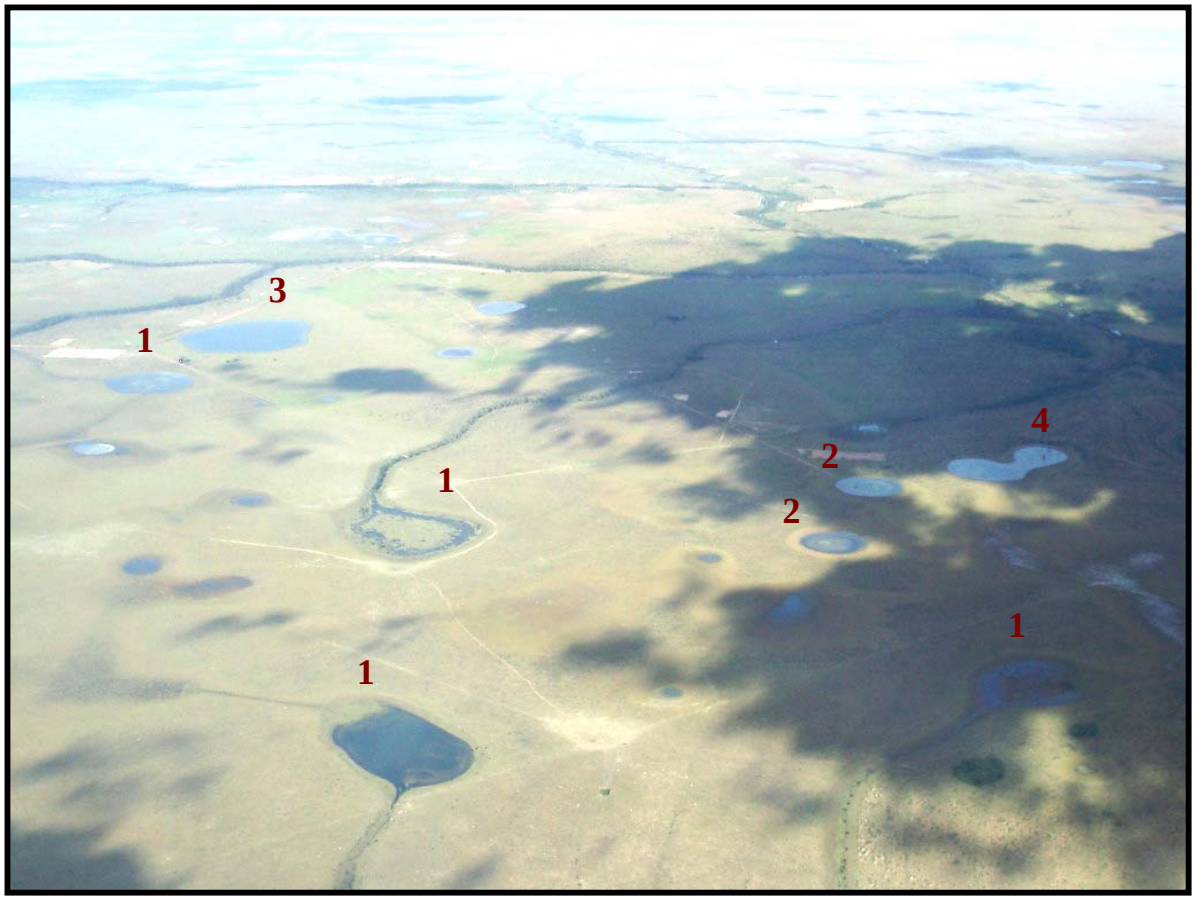


Figura 18 – Imagem mostrando lagos pertencentes às quatro classes morfológicas: 1 – goticular; 2 – circular; 3 – elipsoidal; 4 – geminado.(Foto: Marcondes Lima da Costa).

3.1.2 Extensão e Profundidade dos Lagos

Os lagos de Roraima são em geral pouco extensos. O maior lago encontrado no estado é o Caracaranã, que ocupa uma área em torno de 110 hectares, com uma profundidade máxima de 6 metros (SIMÕES FILHO *et al*.1997). Os lagos estudados neste trabalho são ainda bem menores, com extensões que variam entre 0,5 e 20 hectares, sendo que em apenas 2% dos casos ocorrem lagos que superam essa área (Fig. 19).

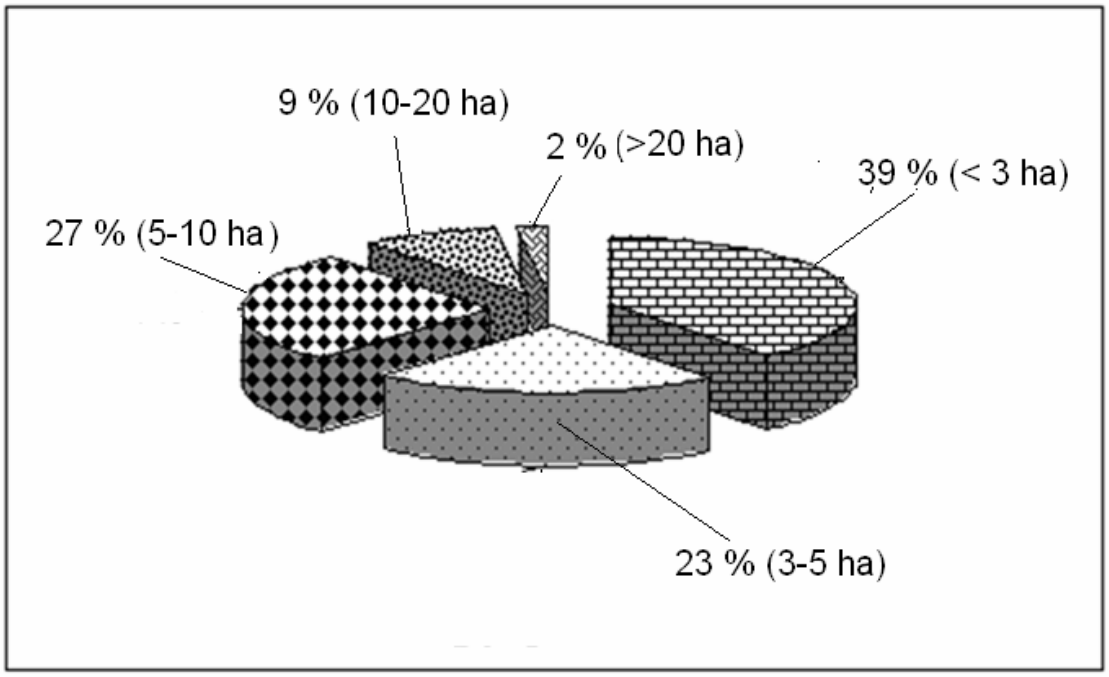


Figura 19 – Freqüência (%) de faixas areais ocupadas pelos lagos

Quanto à profundidade, observou-se que são lagos muito rasos, sendo que a grande maioria apresentou valores variáveis entre 0,8 e 1,8 metros no período chuvoso. Dentre os 16 lagos analisados, apenas 3 apresentaram profundidades superiores a 2 metros, sendo que a maior profundidade foi encontrada no lago da Embrapa situado na porção sul da cidade de Boa Vista, com 3,7 metros (período chuvoso); entretanto, seu leito já sofreu dragagem.

3.1.3 Relação dos Lagos com a Drenagem Local

Cerca de 80 % desses lagos estão intimamente relacionados aos fluxos lineares de água superficial, como igarapés, veredas e também aos brejos. São, portanto, lagos essencialmente formadores de drenagem, (nascentes) que mantém com esta, distintos padrões de conexão (Fig. 20).

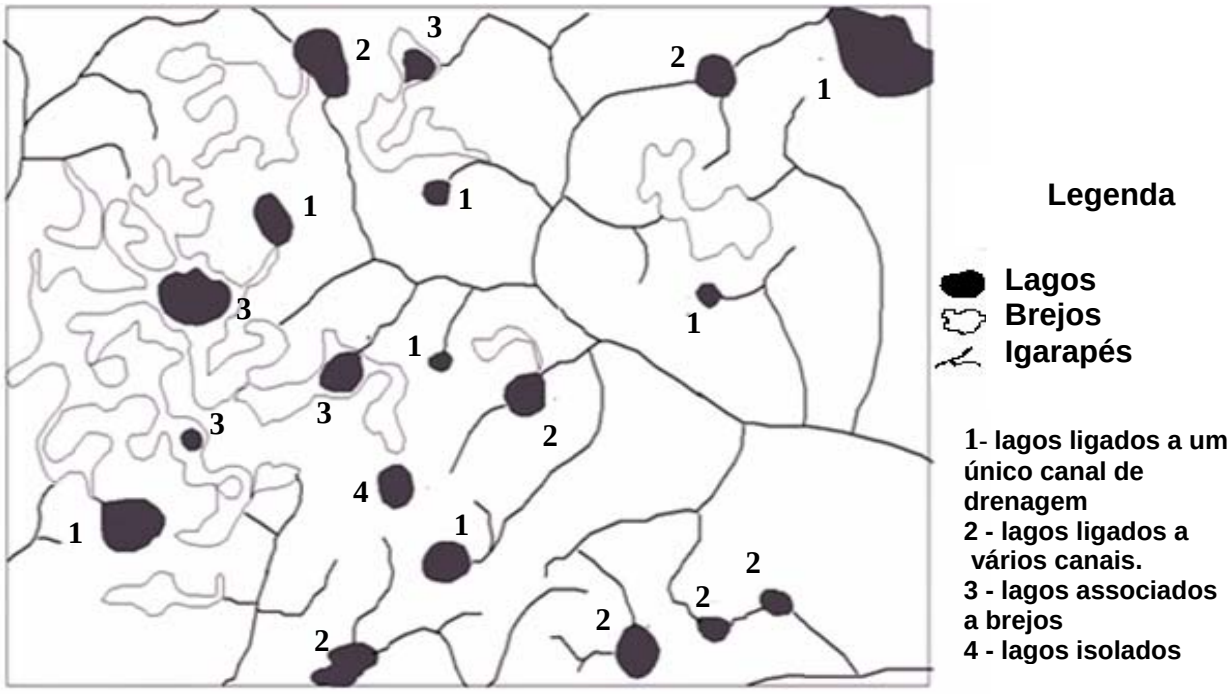


Figura 20 – Diferentes aspectos conectivos dos lagos com os demais elementos da drenagem.

A figura 20 mostra a existência de pelo menos três padrões de conexão lago-drenagem, além dos lagos isolados. O padrão mais comum é aquele em que os lagos (geralmente de forma goticular) aparecem conectados a um único canal de drenagem (igarapé), através do qual se processa o escoamento de suas águas (Fig. 21a). Esse tipo de conexão ocorre mais freqüentemente em áreas topograficamente mais elevadas onde a concentração de lagos é menor. O segundo padrão é observado em áreas mais baixas (80 – 85 metros acima do nível do mar) e planas, onde se verifica um maior agrupamento espacial de lagos, ocorrendo o interligamento entre vários deles, através de pequenos filetes d'água (igarapés e/ou brejos, geralmente de caráter intermitente),

formando um sistema coalescente, a partir do qual surgem os igarapés que banham a região. Neste sistema, alguns lagos tanto podem alimentar corpos d'água (inclusive lagos) localizados à sua jusante, como também ser alimentados por outros situados à sua montante. (Fig 21b).

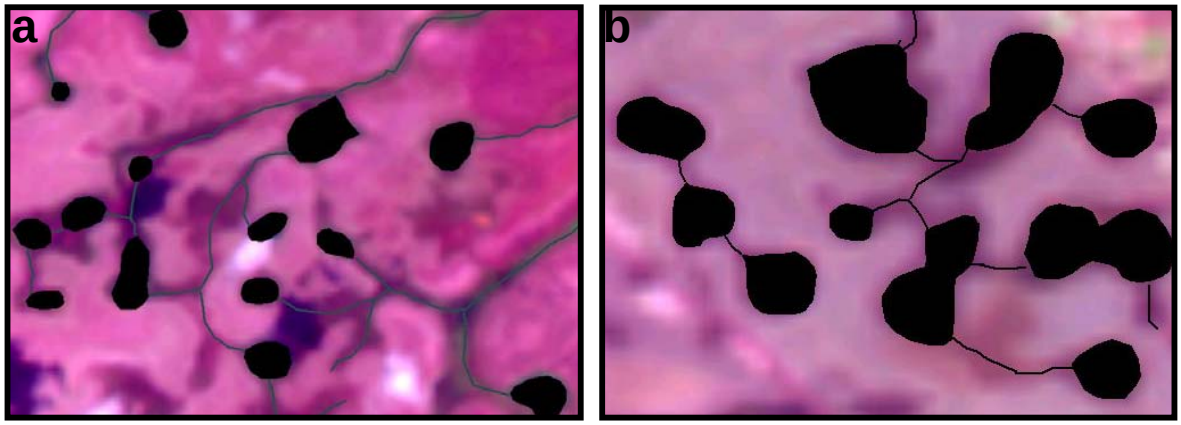


Figura 21 – Detalhe do padrão de conexão de alguns lagos com a drenagem: a) lagos ligados a um único canal de drenagem; b) lagos espacialmente agrupados, unidos por pequenos e intermitentes cursos d'água.

O terceiro padrão conectivo entre os lagos e a drenagem é observado nos campos brejosos. Nestes locais, observa-se a presença de vários lagos associados aos canais largos e disformes característicos desses ambientes. (Fig. 22). No período chuvoso, o aumento das áreas de drenagem dos lagos, e a formação de extensas áreas alagadas devido o afloramento do nível freático, aliados ainda a quase inexistência de divisores d'água, ocasionam a fusão destes corpos aquosos, configurando muitas vezes um único sistema (Fig. 23).

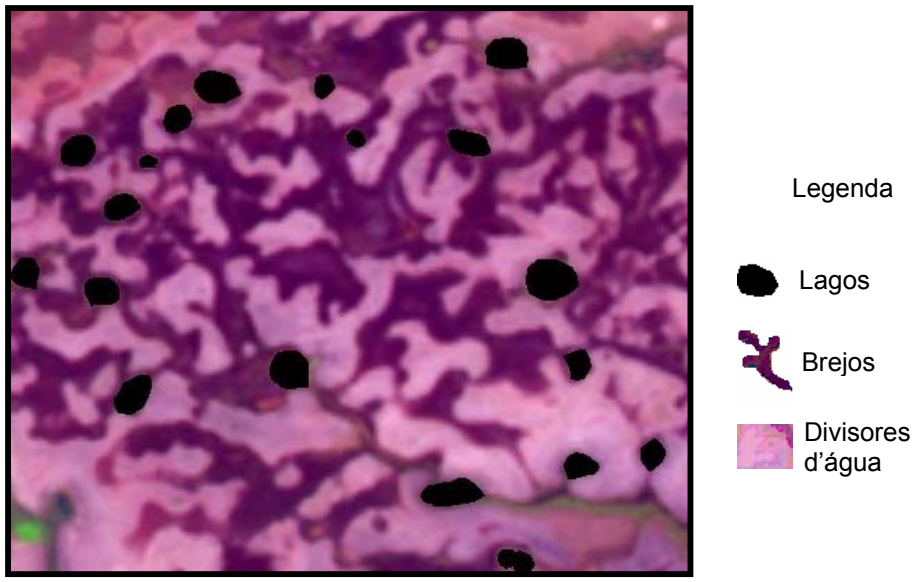


Figura 22 – Recorte de imagem de satélite mostrando lagos associados aos campos brejosos.

Figura 23 – Paisagem de brejos e lagos durante o período chuvoso, mostrando ainda uma vereda vegetada pela *Mauritia* flexuosa (ao fundo) e em primeiro plano o leito da estrada elevado.

Durante a estiagem (outubro a março), a ausência de chuvas por um período prolongado, acompanhada das altas temperaturas diurnas que chegam a alcançar 42 °C, aliados ainda à pequena profundidade dos corpos d'água em geral, ocasionam uma rápida evaporação produzindo mudanças significativas na paisagem. As áreas brejosas, e pequenos cursos d'água secam totalmente, provocando o isolamento de alguns lagos em relação aos demais elementos da drenagem (Fig. 24). Os lagos geminados, que no período chuvoso ocupam uma única bacia, tornam-se corpos d'água individualizados, ou ligados por estreitos e curtos canais (Fig. 25). Cerca de 65 % dos lagos analisados secam completamente, expondo o fundo de suas bacias. Assim, neste período, é observável em toda a região estudada a presença de inúmeras suaves depressões totalmente secas ou ainda limitando círculos brejosos (Fig.26).

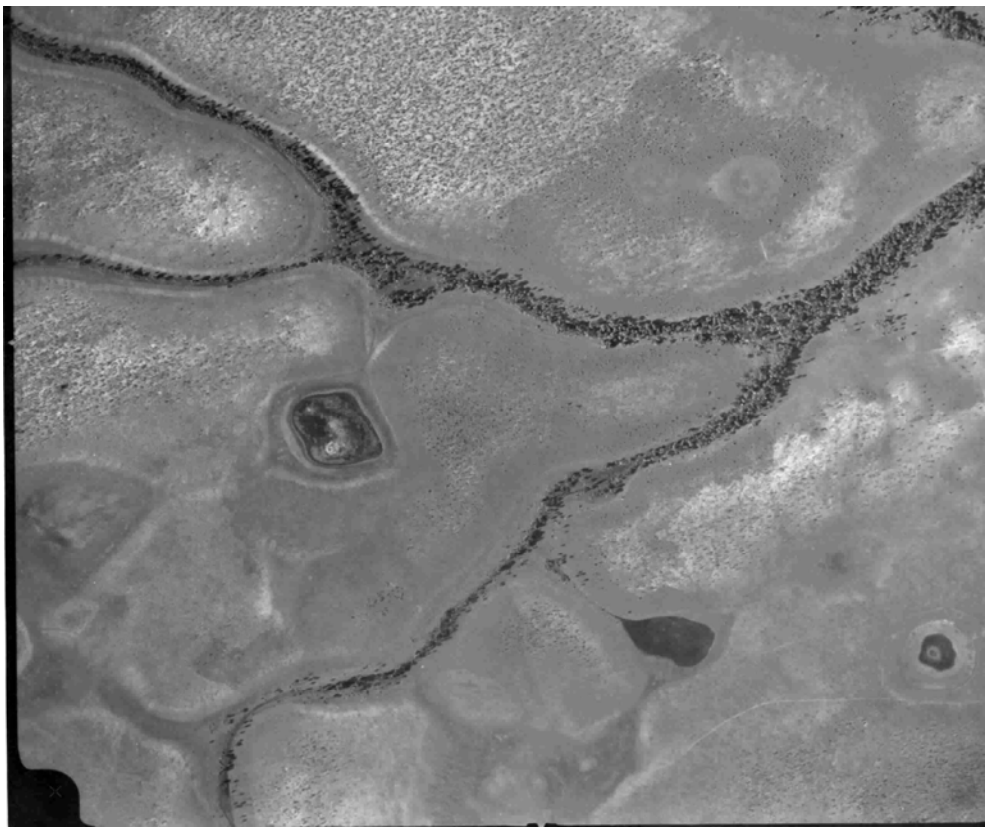


Figura 24 – Fotografia aérea, obtida no mês de novembro (inicio da estação seca) mostrando lagos isolados, ligeiramente desconectados da rede fluvial em função da intermitência de pequenos canais (fonte: Prefeitura Municipal de Boa Vista).

Figura 25 – Aspecto de um lago geminado no inicio do período seco, em processo de individualização das duas bacias causado pela redução da área de drenagem.(Foto: Margi Moss – Brasil das Águas).

Figura 26 – Lago praticamente seco, fotografado no mês de fevereiro, ápice da estiagem.

3.1.4 Vegetação

A maioria dos lagos se caracteriza por apresentar densas comunidades de macrófitas aquáticas no interior de suas bacias. Estas macrófitas estão representadas principalmente por ciperáceas (macrófitas emergentes) e ninfeáceas (macrófitas enraizadas no fundo com folhas flutuantes). Em torno dos lagos, em ambiente tipicamente terrestre, a vegetação é composta por poáceas, que majoritariamente formam o estrato graminoso, ocorrendo também, embora em menor freqüência, apiáceas e malpighiáceas (Fig 27).

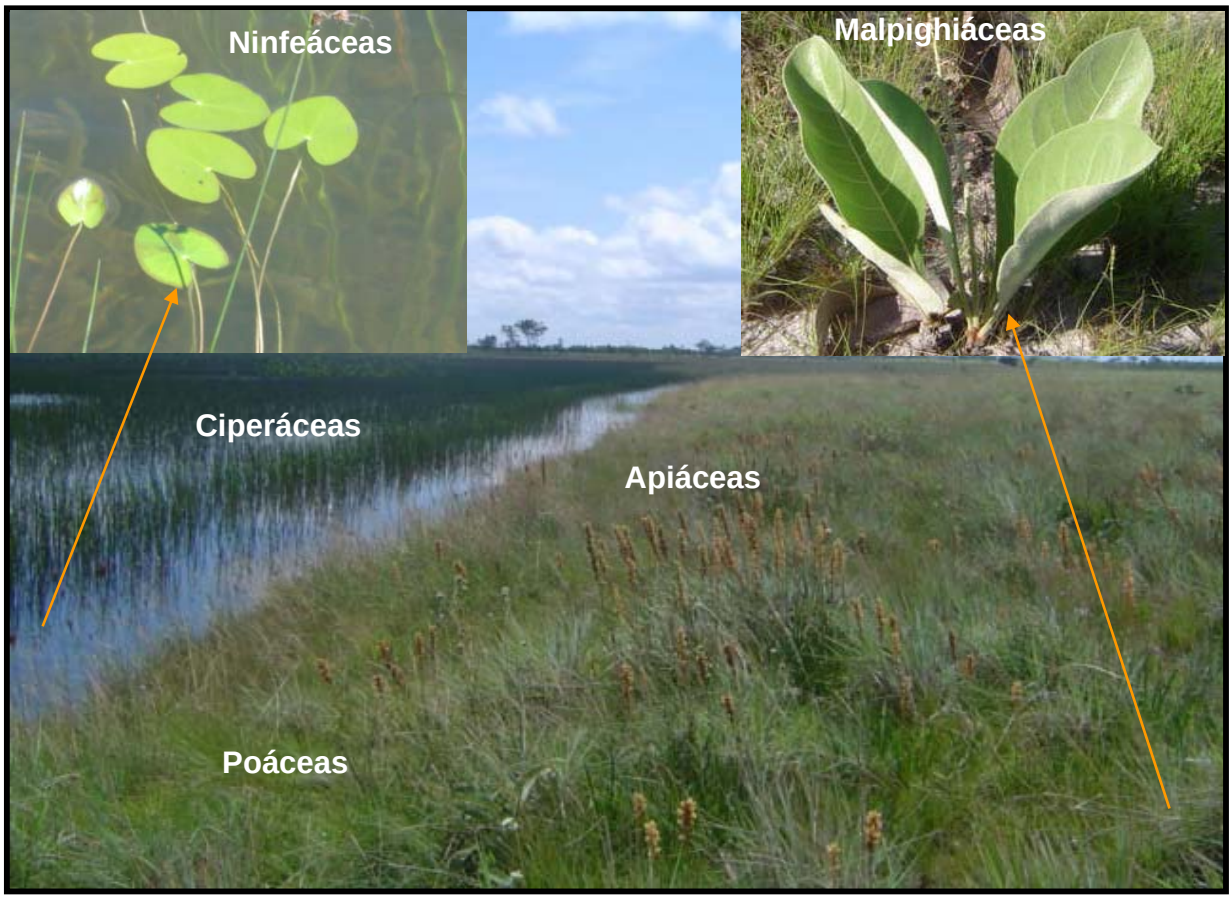


Figura 27 – Principais famílias da composição florística do estrato graminoso de entorno e do interior dos lagos.

A distribuição espacial das ciperáceas no interior das bacias lacustres é variável, podendo-se identificar três padrões principais:

1. Lagos intensamente colonizados por ciperáceas (Fig.28);
2. Lagos colonizados de forma zoneada (Fig. 29);
3. Lagos com colonização restrita às margens ou ausente (Fig. 30).

Figura 28 – Lago quase totalmente colonizado por ciperáceas, excetuando-se um pequeno trecho na parte central.

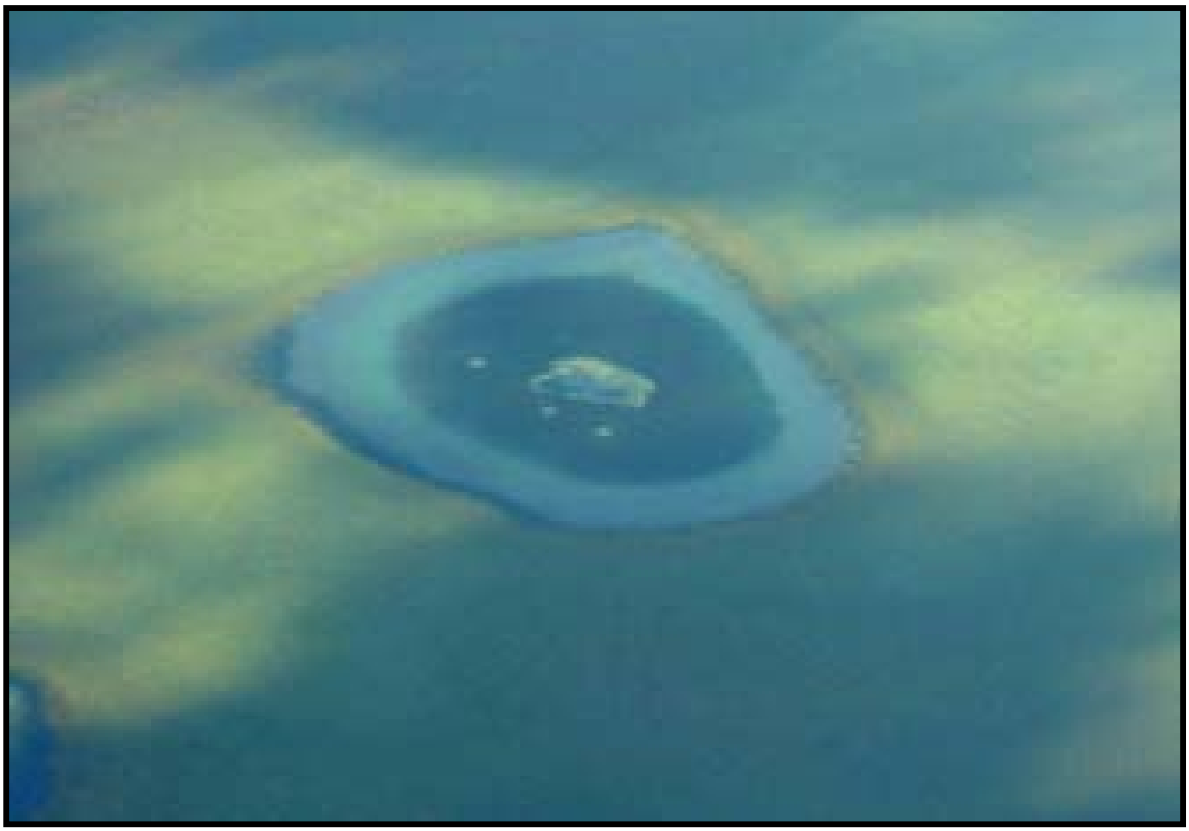


Figura 29 – Lago colonizado por um anel de ciperáceas limitando um pequeno núcleo d’água (Foto: Marcondes Lima da Costa).

Figura 30 – Lago onde não ocorrem macrófitas da família das ciperáceas, apresentando-se colonizado apenas por ninfeáceas.

A maioria dos lagos analisados enquadra-se no tipo 1. Nestes lagos, as ciperáceas cobrem quase toda a área do lago. Em alguns casos pode-se observar apenas uma pequena zona central desprovida dessa vegetação conforme observado na figura 28. O tipo 2 também engloba um número significativo de lagos, que se caracterizam por apresentar um zoneamento na distribuição das ciperáceas ao longo de suas bacias. Ou seja, essas macrófitas ocorrem na forma de uma auréola concêntrica circular, intercalada por trechos d'água desprovidos das mesmas. A ocorrência de lagos do tipo 3 é menos freqüente; nestes lagos a presença de ciperáceas é restrita às margens e em muitos deles simplesmente não ocorrem nem mesmo nesses locais. A vegetação predominante então é composta por ninfeáceas,

cuja presença também é observada nos demais tipos de lagos estudados, embora em menores proporções, dada a competitividade com as ciperáceas.

Essas ciperáceas possuem tamanhos variáveis entre 0,5 a 1,2 metros, como verificado nos trabalhos de campo. Nas bordas dos lagos elas são menores e mais esparsas do que nas porções mais centrais, fato este decorrente da redução das áreas de drenagens desses corpos d'água durante a estiagem, ocasionando o perecimento dessas plantas, que voltarão a se desenvolver somente no período chuvoso seguinte.

O estabelecimento das ciperáceas no interior das bacias lacustres, de modo geral, depende da profundidade do lago. Por se tratar de vegetais de pequeno porte, os mesmos só se desenvolvem nas partes mais rasas dos lagos. Os lagos que integram o tipo 1, por exemplo, são extremamente rasos, de uma a outra borda da bacia, permitindo o desenvolvimento de macrófitas emergentes em toda a sua extensão. Alguns poucos lagos apresentam um pequeno aumento de profundidade, em sua parte central, e por isso não se observa a presença de ciperáceas nessa região. Já os lagos que se apresentam zoneados quanto à ocupação por essas macrófitas, possuem profundidades variadas, apresentando-se rasos nas bordas, aprofundando-se em direção ao centro, para novamente se tornarem mais rasos. Ou seja, tais lagos, apresentam uma protuberância circular em seu interior possibilitando o desenvolvimento dessas plantas na configuração de um anel, ou uma auréola concêntrica (Fig. 29). Os lagos sem ciperáceas ou cuja ocupação é restrita às margens (tipo 3) são os mais profundos, como os lagos Cidade (Fig. 30) e da Embrapa (Fig.31), com profundidades em torno de 2,5 e 3,7 metros (período chuvoso), respectivamente. Nesses lagos, a profundidade não permite o desenvolvimento de macrófitas emergentes, ocorrendo apenas ninfeáceas, que são macrófitas fixas de folhas flutuantes, capazes de colonizar tanto ambientes rasos como ambientes com profundidades um pouco maiores.

Figura 31 – Lago da Embrapa, cuja profundidade mede 3,7 metros, para uma área de 5 hectares, sem a presença de ciperáceas.

A partir da correlação dos dados referentes à profundidade e a distribuição da vegetação, foi possível traçar um modelo representativo para cada um dos três tipos de lagos mencionados acima (Fig. 32).

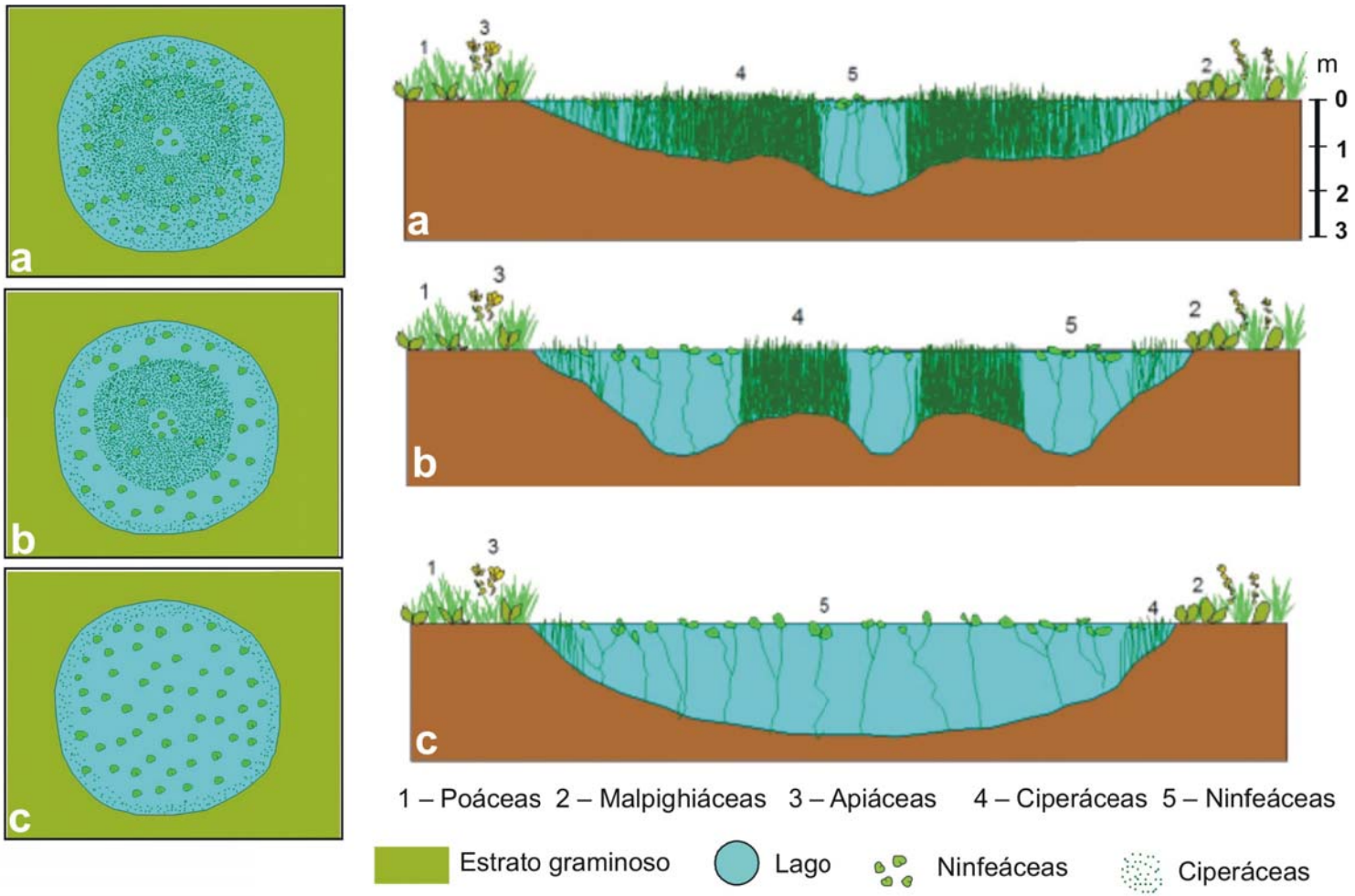


Figura 32 - Modelo esquemático representando os padrões de distribuição da vegetação nas margens e interior das bacias lacustres, conforme a variação de profundidade, vistos de cima e em perfil: a) lago raso integralmente ocupado pelas ciperáceas; b) lago com zoneamento devido uma elevação aureolar; c) lago com maiores profundidades onde a vegetação emersa é restrita às margens.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS

Nos trabalhos de sondagens, realizados no interior das bacias lacustres, não foram encontrados sedimentos tipicamente lacustres, como era esperado. Portanto, o material coletado nos lagos e analisado quanto às suas características granulométricas, mineralógicas e químicas é referido no decorrer deste trabalho como sedimento de substrato lacustre.

3.2.1 pH

Os valores de pH das amostras (determinados em H_2O), de um modo geral, oscilaram entre 4,17 e 5,83, com valor médio de 4,80, revelando na maioria dos casos sedimentos muito ácidos (pH em H_2O < 5,0), conforme o manual para interpretação de solos (TOMÉ JÚNIOR, 1997). Observa-se que os valores mais baixos estão no topo do perfil (0-20 cm), aumentando ligeiramente com a profundidade (Fig.33). Este fato decorre possivelmente da liberação de ácidos orgânicos, através da decomposição de matéria orgânica, cujo acúmulo se dá principalmente nas áreas mais superficiais. De qualquer modo, os valores de pH medidos nestes sedimentos estão de acordo com aqueles encontrados em solos de savanas da região, cujos valores médios variam entre 4,37 e 4,55 para os mesmos intervalos de profundidade (DESJARDINS *et al.* 1997).

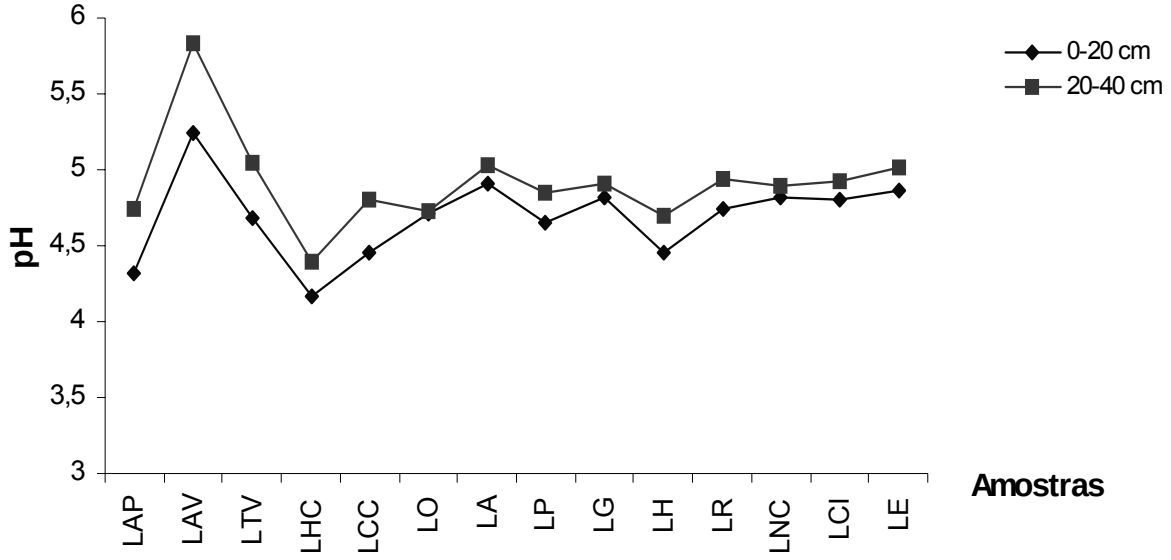


Figura 33 – Distribuição comparativa dos valores de pH medidos nas amostras coletadas nos intervalos de 0-20 e de 20-40 cm, nos lagos: Apoteri (LAP), Velho (LAV), Trevo (LTV), Hélio Campos (LHC), Conj. Cidadão (LCC), Operário (LO), Apressado (LA), Piscicultura (LP), das Garças (LG), das Hortas (LH), Redondo (LR), Nova Cidade (LNC), Cidade (LCI) e da Embrapa (LE).

3.2.2 Granulometria

Os sedimentos coletados no interior e nas margens dos lagos, apresentaram indistintamente predominância da fração areia, principalmente areia média e fina, seguidos de silte e argila. A fração areia variou entre 70 e 85 %, enquanto que a fração fina (silte e argila) oscilou entre 15 e 30%. A distribuição granulométrica, na maioria das amostras, apresentou tendência bimodal e por vezes, polimodal, com grãos pobre a moderadamente selecionados (Figs. 34 e 35).

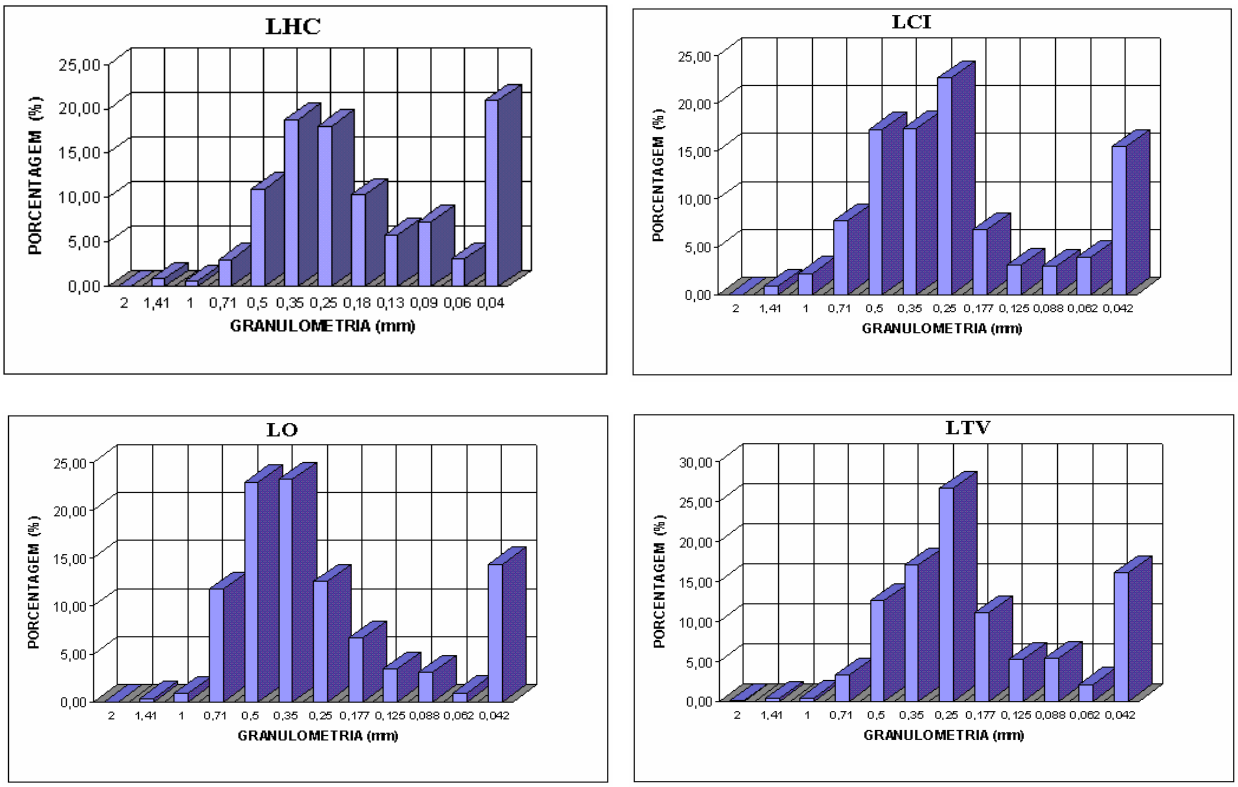


Figura 34 – Histogramas representativos da distribuição das frações granulométricas de sedimentos coletados no interior de diferentes lagos (intervalos de 0-20 cm de profundidade): predominância da fração areia (média a fina), distribuição bimodal e mal a moderado grau de seleção.

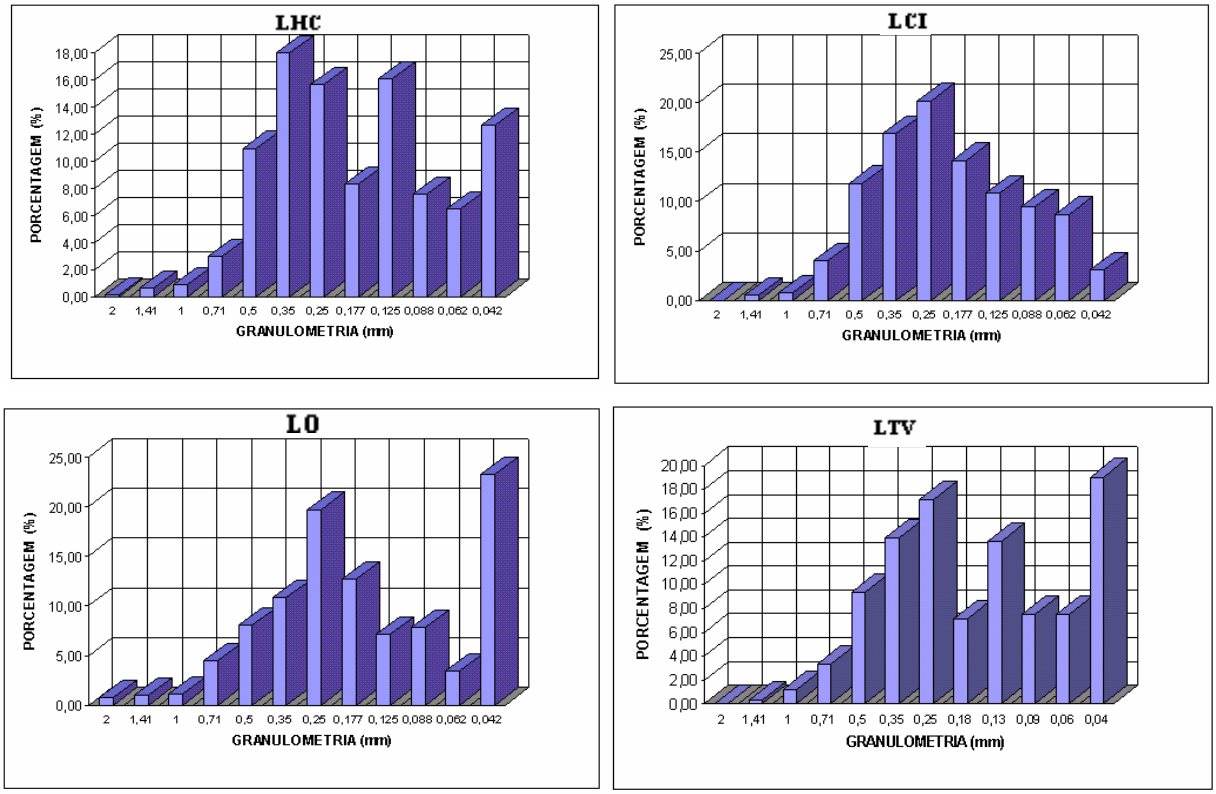


Figura 35 – Histogramas representativos mostrando a variação granulométrica de sedimentos coletados nas margens das bacias lacustres no intervalo de 0-20 de profundidade.

A predominância de areia nos sedimentos destes lagos os torna incompatíveis com sedimentos tipicamente lacustres. Não foi observada diferença na granulometria dos sedimentos coletados em ambos os locais (margens e centro dos lagos) (Figs. 23 e 24), como normalmente ocorre em bacias lacustres. Dessa forma, o modelo ideal de deposição sedimentar proposto por Twenhofel (1932), para lagos clásticos, não é aplicável aos lagos em questão. Segundo o referido modelo a granulometria dos sedimentos ao longo da bacia lacustre é variável conforme as diferenças de energia hidrodinâmica, apresentando-se mais fina nas partes centrais e mais grossa nas margens.

3.2.3 Morfologia dos Grãos

Os grãos dos sedimentos analisados são essencialmente cristalinos/translúcidos, em alguns poucos casos apresentando tonalidades acastanhadas, possivelmente

relacionadas à presença de oxi-hidróxidos de ferro (goethita e hematita). As análises morfológicas dos grãos revelaram heterogêneidade quanto ao grau de arredondamento. Os valores médios das amostras apontam que cerca de 40 % destes grãos são angulosos, 50% são subangulosos, e os 10 % restante são sub-arredondados (Fig.36). Aproximadamente 90 % destes grãos apresentam baixa esfericidade, predominando formas achatadas e alongadas (Fig. 36). A baixa esfericidade e a angulosidade a subangulosidade dos grãos indicam tratar-se de sedimentos provenientes de áreas próximas, tendo sofrido pouco transporte.

Sedimentos desta natureza foram descritos por Montalvão *et. al.* (1975) na Formação Boa Vista, que ocupa dominantemente a área de localização dos lagos estudados (ver fig. 4). Estes resultados discordam dos trabalhos de Latrubesse e Nelson (2001), que advogam sedimentos eólicos para áreas imediatamente ao norte, a partir da margem direita do rio Cauamé.

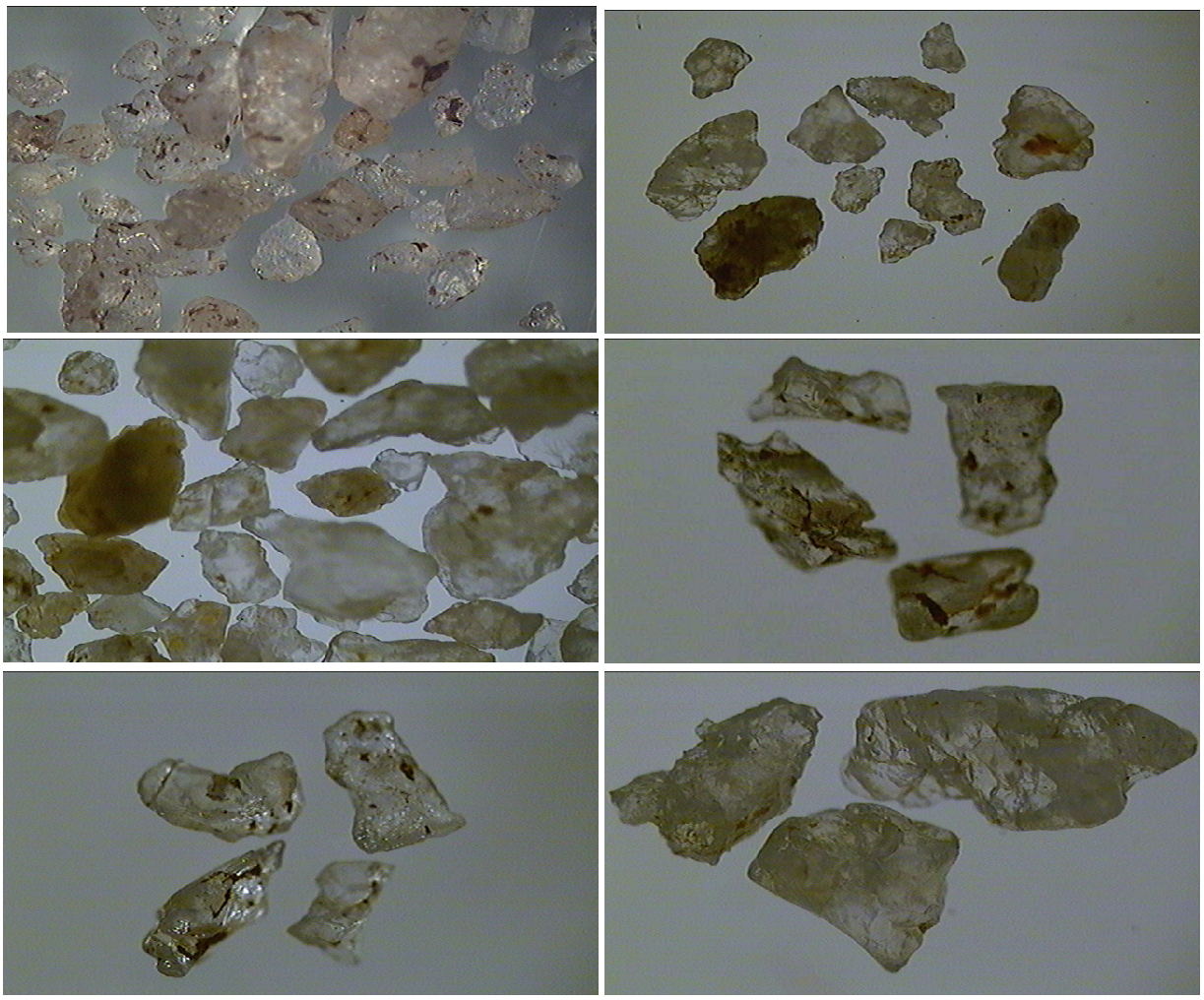


Figura 36 – Fotografias de grãos em diferentes escalas e sob diferentes graus de intensidade luminosa, mostrando grãos angulosos e subangulosos de baixa esfericidade.

3.2.4 Mineralogia

3.2.4.1 Identificação dos Minerais

As análises de DRX das amostras de sedimentos coletadas nas margens e substrato dos lagos mostram que estas são constituídas principalmente de quartzo. Ocorrem ainda pequenas quantidades de caulinita, a exemplo do lago do Conjunto Cidadão (Figs. 37a 39).

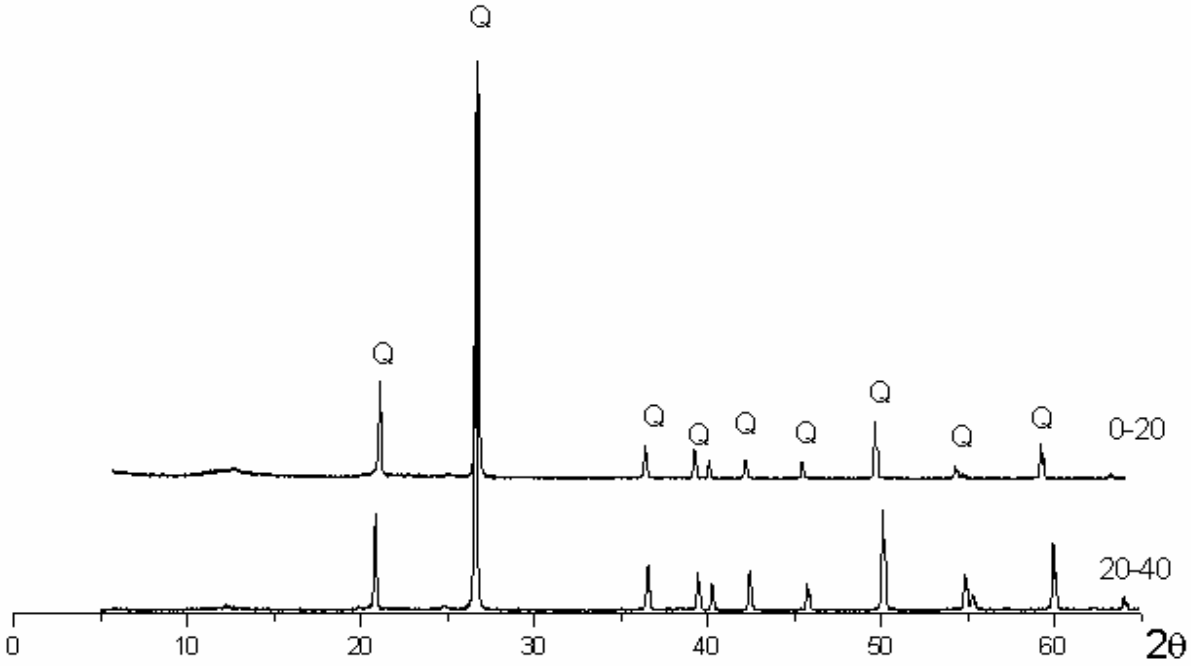


Figura 37 – Quartzo identificado nos sedimentos do lago Operário (LO), nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade (Q – quartzo).

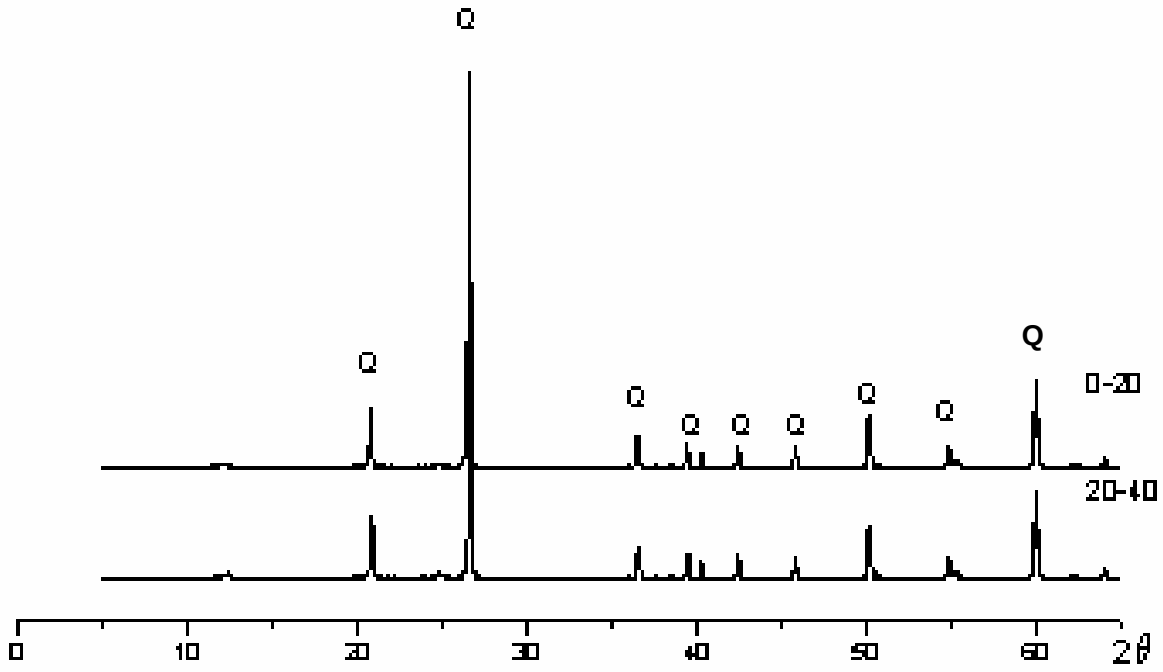


Figura 38 – Quartzo (Q) identificado nos sedimentos do lago Velho (LAV) nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade (Q – quartzo).

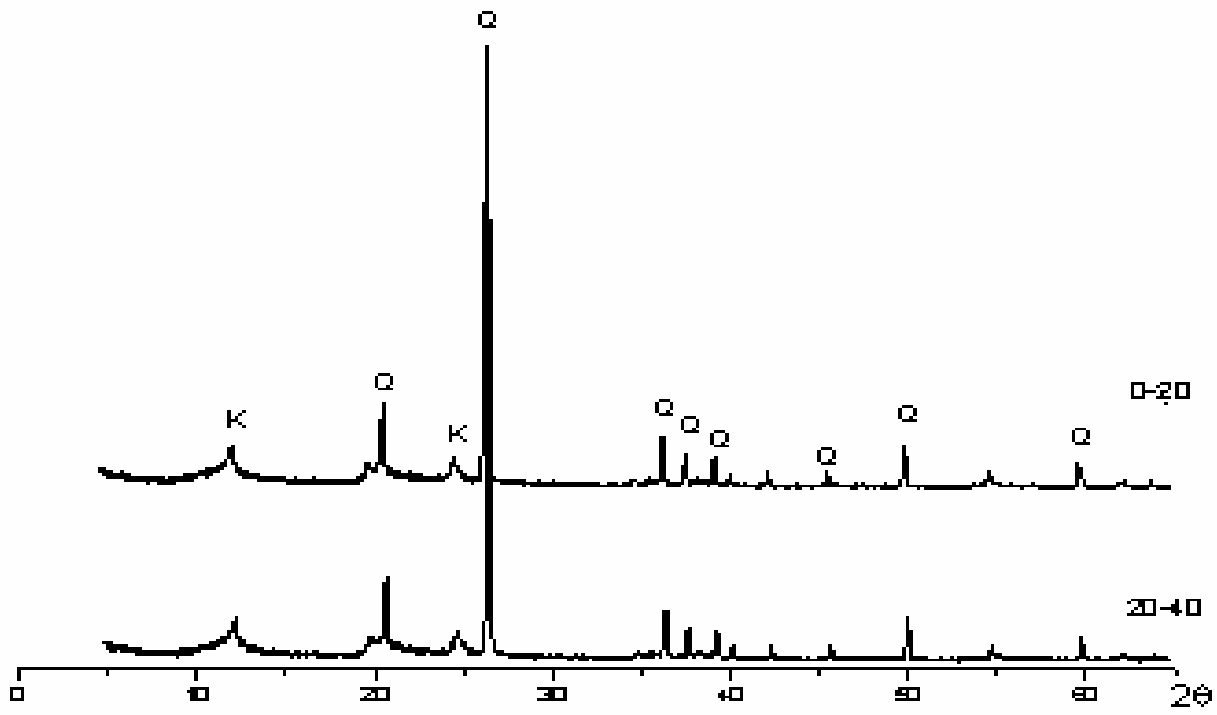


Figura 39 – Quartzo (Q) e caulinita (K) identificados nos sedimentos do lago Conjunto Cidadão (LCC), nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade.

A caulinita foi o único mineral de argila identificado e sua presença foi confirmada por análises de amostras orientadas, em condições normais, glicoladas e aquecidas (Figs. 40, a 42). Observa-se ainda, em algumas poucas amostras, a presença de picos de quartzo também encontrados na fração argila.

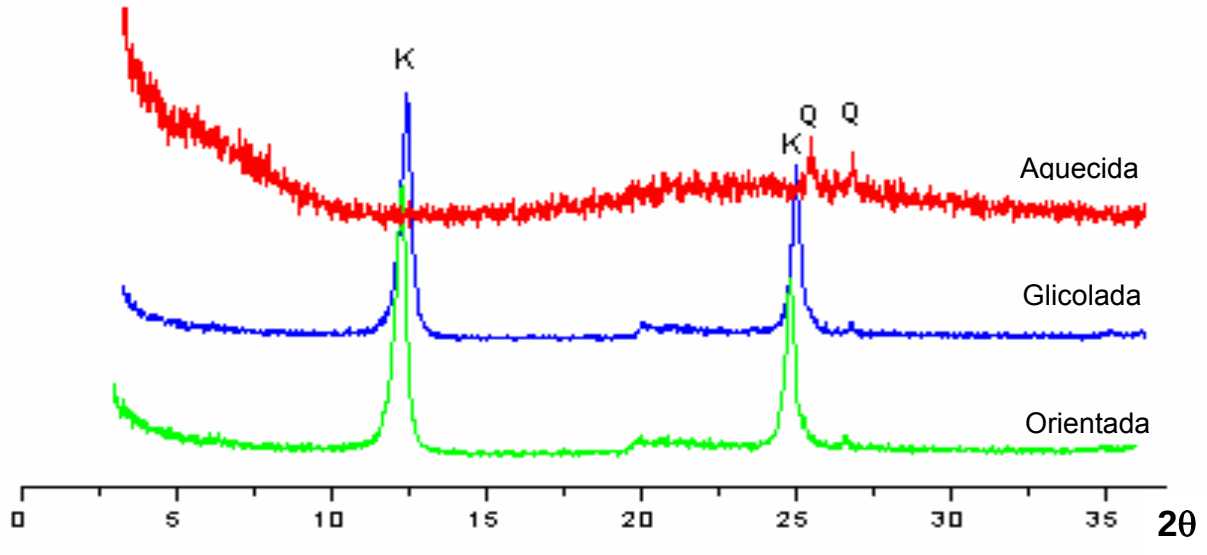


Figura 40 – Caulinita (K) e quartzo (Q) identificados na fração argila no lago Operário - LO (intervalo de 0-20 cm).

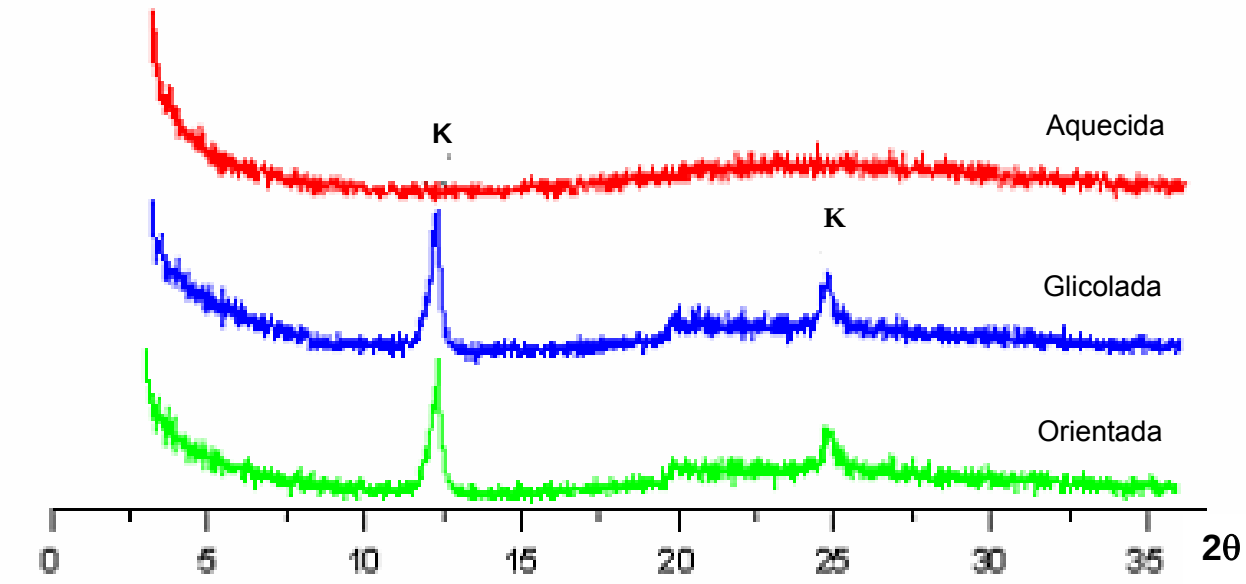


Figura 41 – Caulinita (K) identificada na fração argila no lago Velho - LAV (intervalo de 0-20 cm).

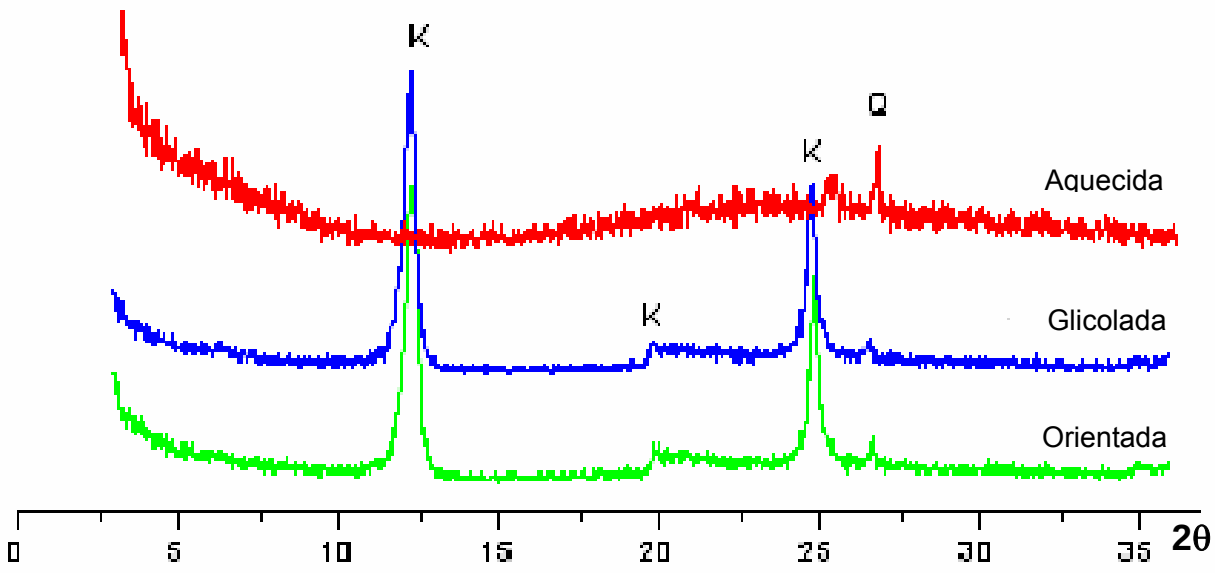


Figura 42 – Caulinita (K) e quartzo (Q) na fração argila no lago Conjunto Cidadão (intervalo de 0-20 cm).

O domínio do quartzo e a presença restrita da caulinita nos sedimentos do substrato dos lagos, mostra sua semelhança com os sedimentos da Formação Boa Vista, os quais segundo Carneiro Filho (1991) incluem ainda pequenas quantidades de gibbsita, hematita e goethita. Nos difratogramas de raios-x das amostras de sedimentos analisadas, não foram identificados picos referentes a estes minerais, provavelmente devido a sua baixa concentração.

3.2.4.2 Correlação com os Sedimentos do Rio Branco

Os sedimentos dos substratos lacustres analisados são mineralogicamente diferentes dos sedimentos encontrados na planície de inundação do rio Branco, uma vez que estes últimos apresentam em sua composição, além do quartzo e da caulinita encontrados nos lagos, a presença de illita, identificada nos difratogramas pelas reflexões basais características em 10, 05 e 3,33 Å (Fig 43). Baseando-se nestes resultados pode-se inferir que a dinâmica do rio Branco, atualmente não exerce qualquer influência sobre a paisagem de lagos estudada.

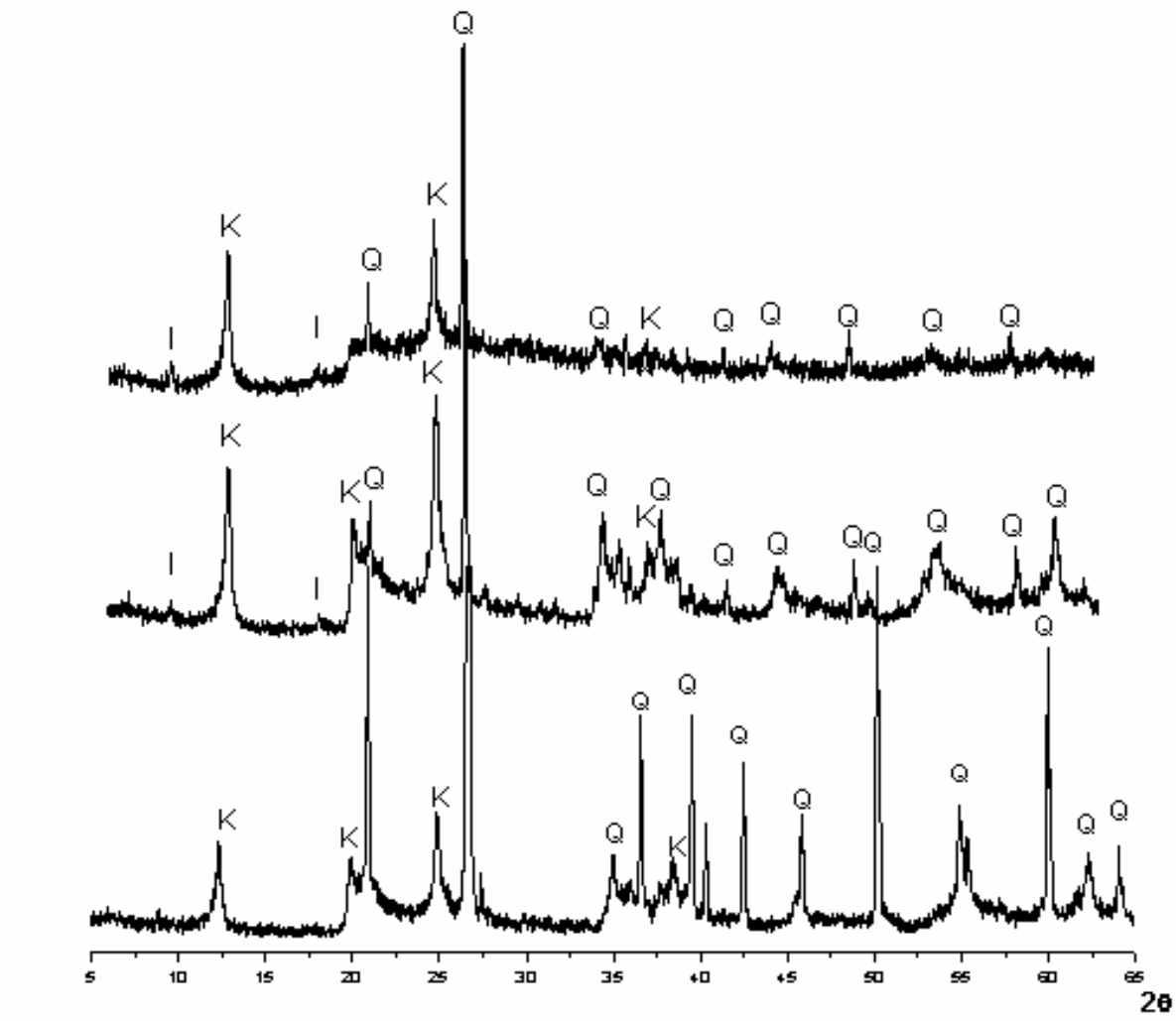


Figura 43 – Difratogramas de raios-x de amostras de sedimentos coletados na planície de inundação do rio Branco, mostrando a presença de quartzo (Q), caulinita (K) e illita (I) I – illita.

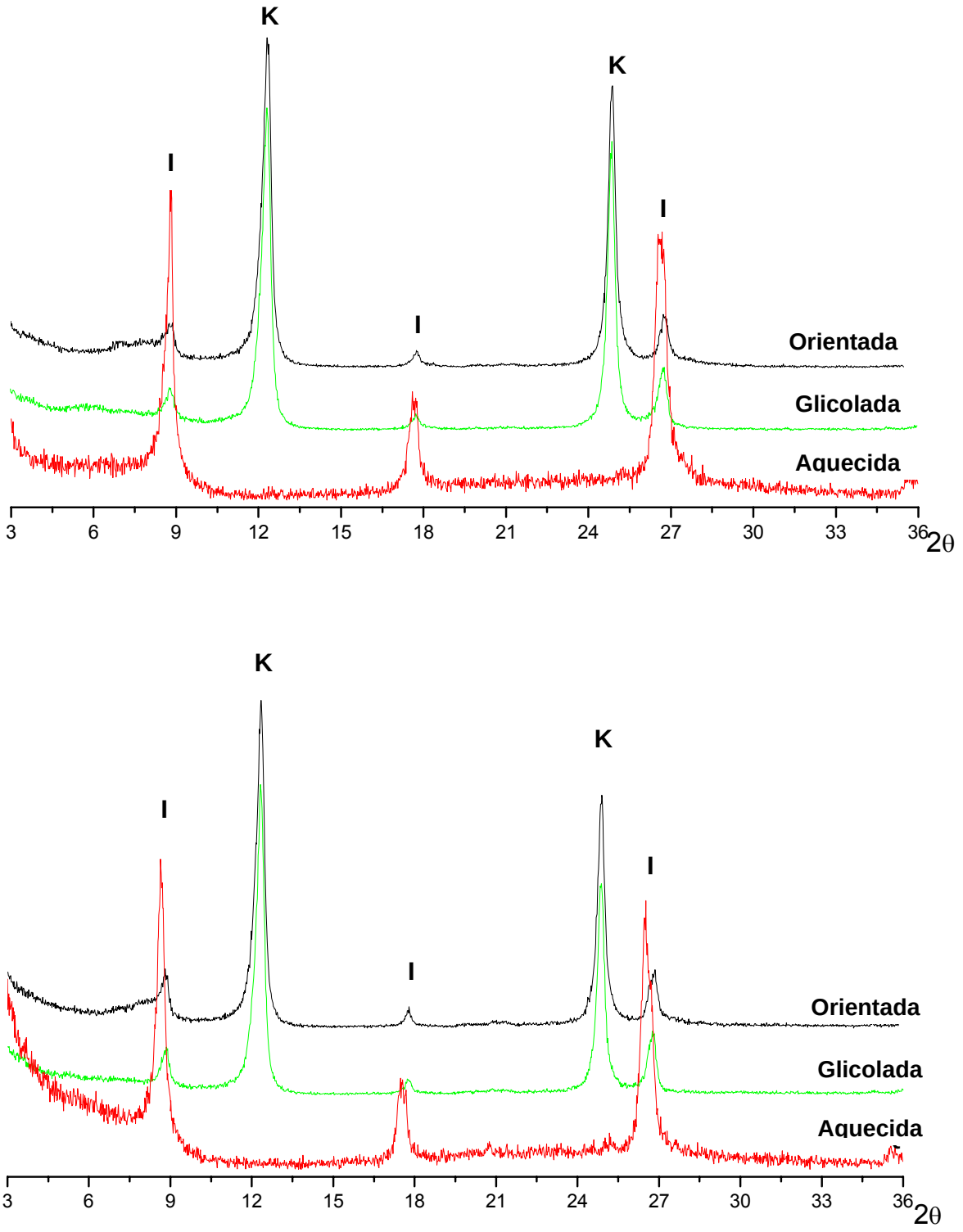


Figura 44 – Difratogramas de raios – x mostrando a presença de illita (I) e caulinita (K) em amostras de sedimentos coletadas na planície de inundação do rio Branco.

3.2.4.3 Composição Mineralógica

Os percentuais mineralógicos obtidos por cálculos estequiométricos, em algumas das amostras de sedimentos de substrato lacustre, apresentados na tabela 2, evidenciam para os mesmos uma composição essencialmente quartzosa, com teores de quartzo variando entre 72,3 e 96,5 %, e com pequenas quantidades de caulinita, a exceção das amostras LCI 20-40 e LCC 20-40 que apresentaram concentrações mais elevadas desse argilomineral, motivadas pela maior quantidade de argila. Os teores de goethita são muitos baixos oscilando entre 0,1 e 0,5 %, assim como também os óxidos de titânio, rutilo e/ou anatásio que estão na faixa percentual de 0,3 a 0,8 %.

A figura 45 mostra a ocorrência de uma ligeira diminuição na concentração de quartzo nas amostras coletadas nos intervalos de 20-40 cm de profundidade, quando comparados aos intervalos de 0-20 cm. Conseqüentemente, os teores de caulinita, goethita e óxidos de titânio estão mais concentrados nos intervalos de 20-40 cm, e mais empobrecidos nos intervalos de 0-20 cm de profundidade, principalmente com relação as amostras LCI 20-40 e LCC 20-40, como já foi mencionado. Estas características são consideradas tipicamente normais em se tratando de solos tropicais. Entretanto, podem sugerir ambientes sob regência de processos de podzolização, dada a presença abundante do quartzo, em detrimento de caulinita e goethita, as quais, nos referidos ambientes, são decompostas e lixiviadas das camadas superficiais (HORBE *et al*. 2003).

Tabela 2 - Percentuais mineralógicos (%) das amostras de sedimentos dos lagos

Amostras	Quartzo	Caulinita	Goethita	Rutilo/Anatásio	Mat. Org.	Total (%)
LO 0-20	89,3	7,3	0,1	0,3	1,9	98,9
LO 20-40	90,4	7,8	0,1	0,3	0,3	98,9
LAP 0-20	96,5	1,2	0,1	0,2	1,3	99,3
LAP 20-40	95,2	2	0,1	0,3	1,8	99,4
LCI 0-20	91,3	6,7	0,2	0,3	0,7	99,2
LCI 20-40	77,3	19	0,7	0,6	1	98,6
LTV0-20	90,6	6,4	0,3	0,3	1,9	99,5
LTV20-40	87,2	9,7	0,4	0,3	1,6	99,2
LCC 20-40	72,3	19,2	0,5	0,8	5,9	98,7
Média	87,7	8,8	0,3	0,4	1,8	-

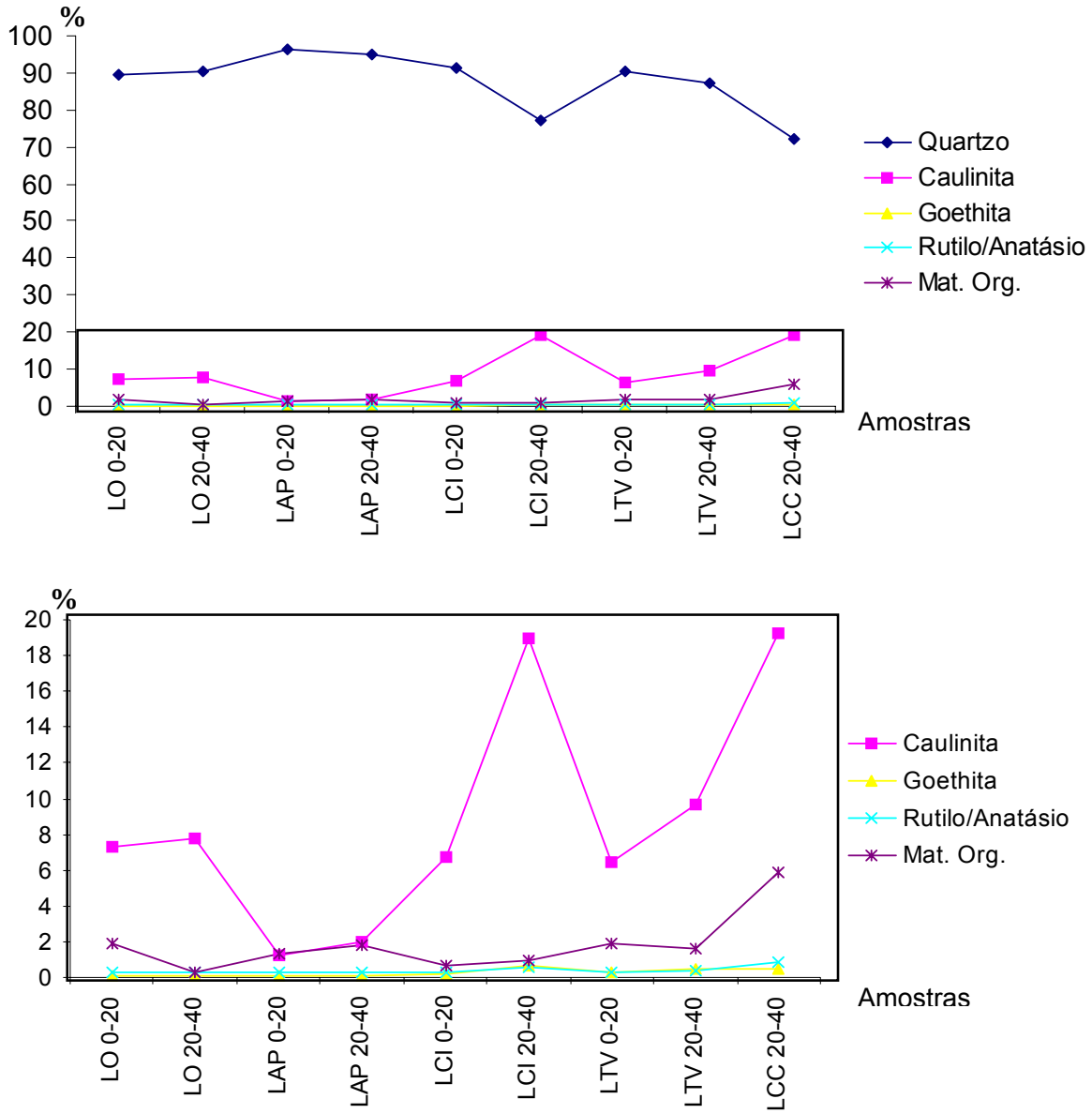


Figura 45 – Distribuição dos percentuais mineralógicos nas amostras analisadas: No gráfico superior observa-se altos valores (%) de quartzo em relação aos demais minerais e no segundo tem-se em detalhe as variações e percentagens dos minerais menos abundantes. Legenda: LO (lago Operário), LAP (lago Apoteri), LCI (lago Cidade), LTV (lago do Trevo) e LCC (lago Conj. Cidadão) nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm.

3.2.5 Composição Química

3.2.5.1 Elementos Maiores

Os sedimentos de substrato dos lagos aqui estudados são compostos principalmente por SiO_2, apresentando valores entre 81, 26 e % e 97,08 % com média de 91,92 %. Secundariamente, aparece o Al_2O_3 com valores variáveis entre 0,48 a 7,54 % apresentando valor médio de 3,46 %. Fe_2O_3 e TiO_2 ocorrem em pequenas quantidades variando de 0,06 % a 0,42 %, e de 0,23 % a 0,81 % com valores médios em torno de 0,24% e 0,37 % respectivamente (Fig.46 e Tab.3). Os valores de perda ao fogo (PF) variaram entre 1,37 e 8,52, e os demais constituintes (MnO, CaO, MgO, Na_2O, K_2O e P_2O_5) apresentaram-se em teores muito baixos geralmente inferiores a 0.01% (Tab. 3).

A presença abundante de SiO_2 reflete o caráter essencialmente quartzoso destes sedimentos, como já foi observado através das análises mineralógicas. Os baixos valores percentuais de Al_2O_3 devem-se à pequena participação da caulinita na composição dessas amostras. A presença pouco expressiva de Fe_2O_3 está relacionada às baixas concentrações de oxi-hidróxidos de ferro, os quais em virtude disso, não foram identificados nos difratogramas de raios-x.

Os valores mais altos de Al_2O_3, bem como Fe_2O_3 e TiO_2, foram encontrados no lago Cidade (LCI) e Conjunto Cidadão (LCC), no intervalo de 20 a 40 cm, que correspondem às amostras que apresentaram os maiores teores de argila, e portanto, mais ricas em caulinita em relação as demais analisadas.

A composição química observada nestes sedimentos, quando comparada àquela encontrada nos sedimentos do rio Branco (coletados em sua planície de inundação), apresenta-se bastante diferenciada, corroborando as análises mineralógicas (Tab.3). Com exceção da SiO_2, todos os demais óxidos são relativamente mais enriquecidos nos sedimentos da planície do rio Branco, do que nos sedimentos dos lagos. Esse fato denota principalmente o caráter argiloso dos sedimentos do rio Branco e também confirma a mineralogia encontrada nestes sedimentos, que em função da presença da illita, apresenta teores significativos de K_2O, sendo que nos lagos, este argilomineral

não foi identificado, pois as concentrações de K_2O estão abaixo do limite de detecção (0, 01%).

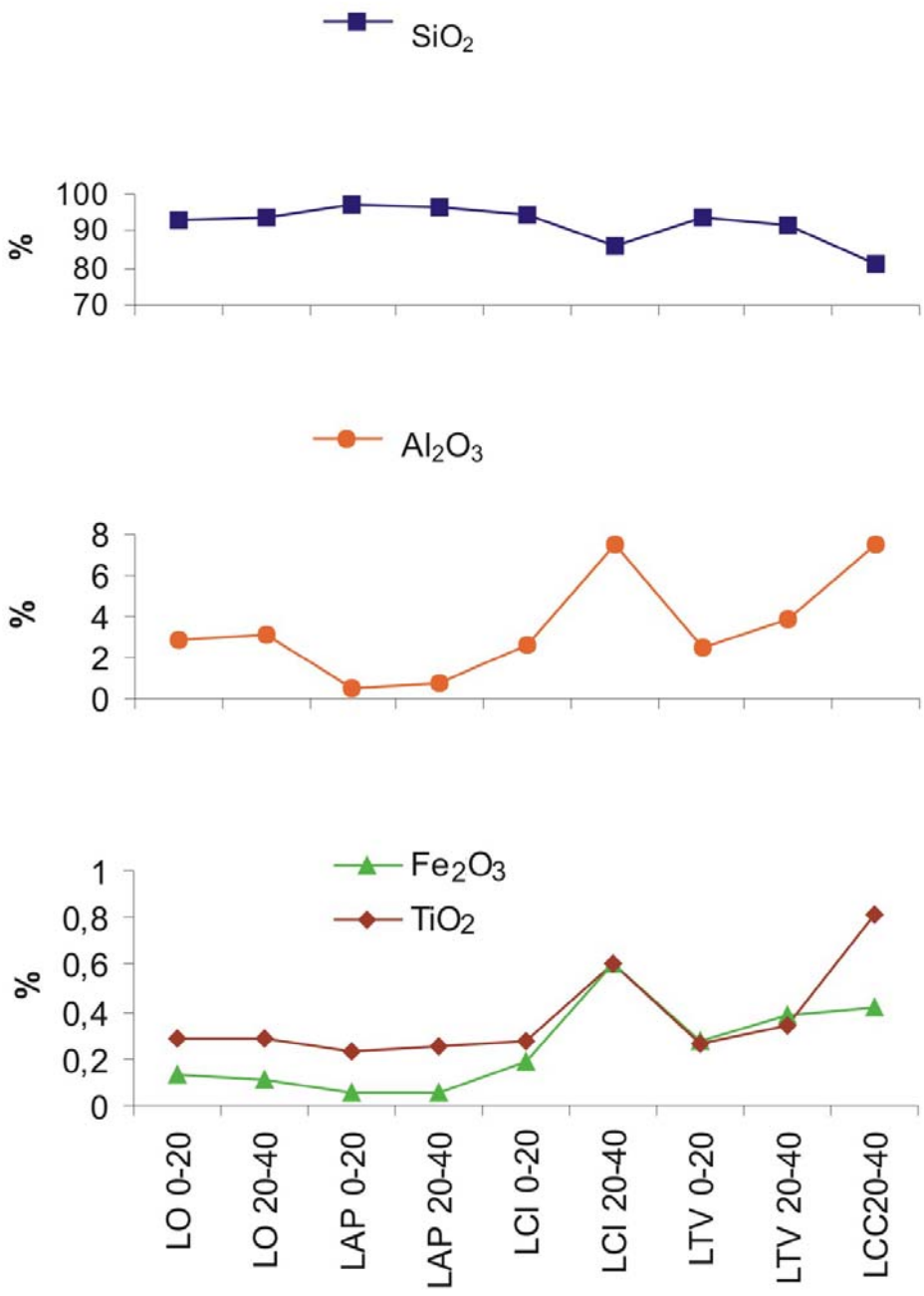


Figura 46 – Distribuição dos valores percentuais de SiO_2, Al_2O_3, TiO_2 e Fe_2O_3 na composição química das amostras dos lagos: Operário (LO); Apoteri (LAP); Cidade (LCI); do Trevo (LTV); e do Conjunto Cidadão (LCC), nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm.

Tabela 3 – Composição química (%) das amostras de sedimentos do substrato dos lagos, em comparação com a composição química dos sedimentos da planície de inundação do rio Branco.

Amostras	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	PF	TOTAL (%)
LO 0-20	92,77	2,87	0,13	0,002	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,29	<0,01	2,9	98,93
LO 20-40	94,03	3,07	0,11	0,002	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,29	0,01	1,37	99,42
LAP 0-20	97,08	0,48	0,06	0,003	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,23	<0,01	1,53	99,37
LAP 20-40	96,17	0,80	0,06	0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,25	0,01	2,09	99.39
LCI 0-20	94,48	2,65	0,19	0,003	<0,01	<0,01	0,04	0,02	0,27	0,02	1,64	99,32
LCI 20-40	86,23	7,46	0,6	0,007	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	0,60	0,01	3,62	98,53
LTV 0-20	93,59	2,52	0,28	0,002	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,26	0,01	2,78	99,44
LTV 20-40	91,73	3,82	0,39	0,002	<0,01	<0,01	0,06	0,07	0,34	0,02	2,91	99,35
LCC 20-40	81,26	7,54	0,42	0,007	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	0,81	0,02	8,52	98,57
Média	91,92	3,46	0,24	0,03	-	-	-	-	0,37	-	3,04	-
Rio Branco (média)	55,6	25,4	3,43	0,16	0,32	0,03	0,08	1,19	0,79	0,03	12,2	

PF - Perda ao fogo

As concentrações dos elementos maiores, presentes nos sedimentos dos lagos, foram normalizadas para a crosta continental superior, com os dados de Wedepohl (1995), (Fig. 47).

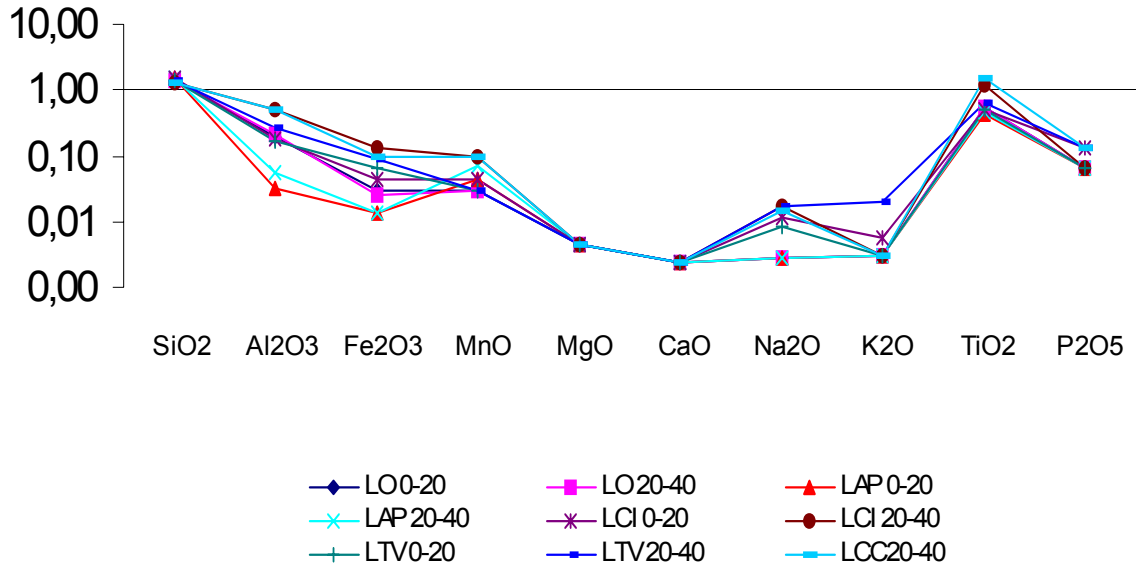


Figura 47 – Elementos maiores nos sedimentos dos lagos normalizados para a crosta continental segundo Wedepohl (1995).

Observa-se que apenas a SiO_2 e TiO_2, encontram-se aos níveis crustais, enquanto que Al_2O_3 Fe_2O_3 e MnO apresentam-se empobrecidos em relação à crosta continental. A maior discrepância, porém, é visualizada com relação aos elementos MgO, CaO, Na_2O e K_2O, os quais se encontram em proporções extremamente inferiores, quando comparados à crosta.

Quando normalizados para o padrão PAAS (Folhelhos Pós Arqueanos Australianos), a partir dos dados de Taylor e McLennan (1985) estes sedimentos de substrato lacustre mostram um padrão similar aquele apresentado em relação à crosta continental. Com exceção da SiO_2, que se encontra enriquecida, todos os demais elementos estão em concentrações inferiores ao padrão PAAS (Fig. 48), inclusive o TiO_2, que em relação à crosta apresentou um ligeiro enriquecimento.

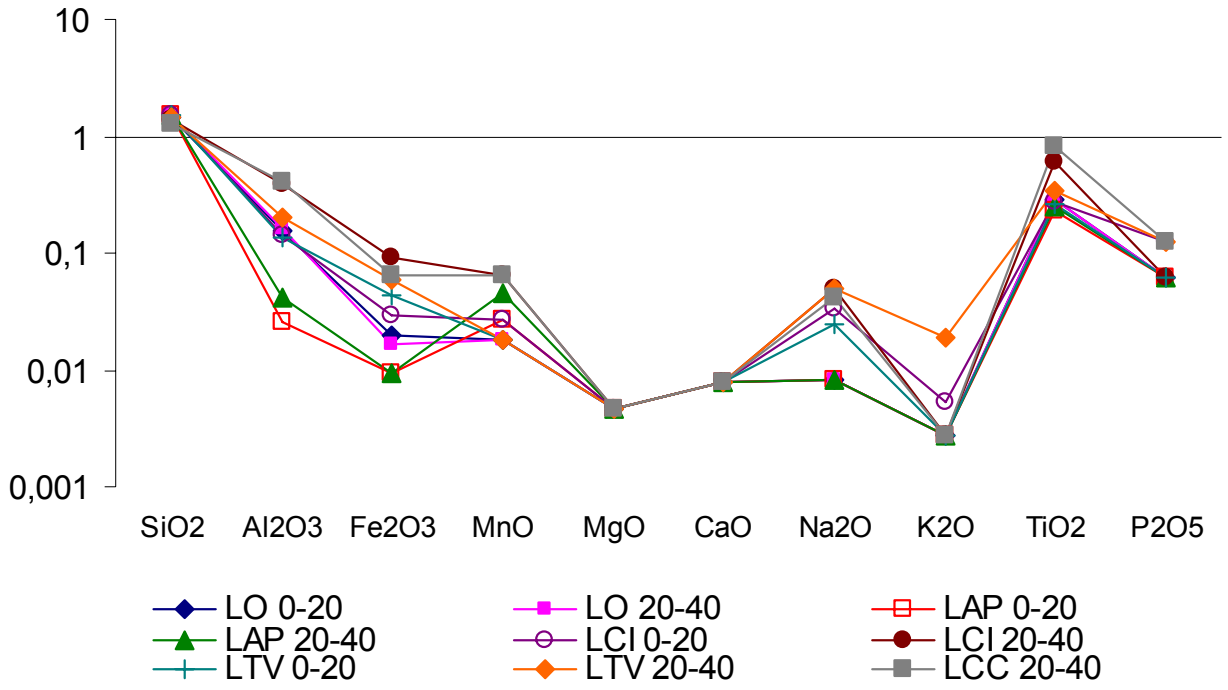


Figura 48 - Elementos maiores nos sedimentos dos lagos normalizados com o padrão PAAS (Folhelhos Pós Arqueano Australiano) observa-se que apenas a SiO_2 apresenta-se enriquecida nos sedimentos estudados.

A composição química dos sedimentos estudados, ricos em SiO_2 e pobres em Al_2O_3 e Fe_2O_3, aliada as características granulométricas (predominância de areia) e mineralógicas (abundancia de quartzo, e pobreza em caulinita e oxi-hidróxidos de ferro) e ainda a julgar pelas condições de hidromorfismo observadas nestas áreas, permitem inferir que estes ambientes estão submetidos à formação de podzóis. Segundo Krauskopf (1972) o empobrecimento dos solos em MgO, CaO, Na_2O e K_2O se deve à alta mobilidade que apresentam frente ao intemperismo químico, o qual, em ambientes sob podzolização, torna-se fortalecido pela presença de águas de pH ácido decorrentes do acúmulo de matéria orgânica. Estas águas causam a lixiviação desses íons, retirando-os do horizonte A, e são também suficientemente agressivas para remover grande parte do Fe e Al. Dessa forma, o horizonte A, é enriquecido em SiO_2 o que lhe confere cores brancas acinzentadas. Este autor acrescenta ainda que, nos referidos ambientes, a presença dominante da caulinita (fato aqui observado através

das análises mineralógicas), ocorre em função do ambiente tipicamente ácido e empobrecido em CaO e MgO. A tabela 4 apresenta dados sobre a composição química de areias podzólicas encontradas em algumas regiões da Amazônia brasileira, as quais são em parte comparáveis aos sedimentos arenosos estudados neste trabalho.

Tabela 4 – Comparação da composição química (valores médios) dos sedimentos arenosos dos substratos dos lagos estudados com areias podzólicas e com os sedimentos da planície de inundação do o rio Branco.

Areias	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	PF
Substrato dos lagos (1)	91,92	3,46	0,24	0,03	-	-	-	-	0,37	-	3,04
Podzólicas - NE do Amazonas (2)	93,33	3,98	0,44	0,08	0,12	-	-	-	0,14	-	1,86
Podzólicas -Zona Bragantina (3)	99,10	0,44	0,07	-	-	-	-	-	-	-	0,23

PF – perda ao fogo

1 - Este estudo 2 - Horbe *et al.* (2003) 3 - Ackermann (1962)

Observa-se que os valores médios de SiO_2, Fe_2O_3 e TiO_2, que compõem os sedimentos do substrato dos lagos, apresentam compatibilidade com aqueles encontrados em areias de solos podzólicos da região nordeste do Estado do Amazonas (Tab.4), divergindo entretanto daqueles encontrados nas areias podzólicas da Zona Bragantina no Estado do Pará, as quais são extremamente pobres em Al_2O_3 (0,44%) e ricas em SiO_2. (99,10 %). Estas últimas foram consideradas por Ackermann (1962) como de origem eólica, por estarem no litoral paraense. Entretanto, Sá (1969), através de análises granulométricas, concluiu tratar-se de solos de podzols.

3.2.5.2 Elementos-traço

As concentrações dos elementos-traço (ppm) incluindo os elementos terras raras (ETR) dos sedimentos dos substratos lacustres mostram valores médios abaixo da crosta continental superior (Tab. 5; Figs. 49 a 51), sendo que Mo, Ag, In, Ge, As, Rb, Sn, Bi, Cs, Tl, W, Be, Cr, Co, Pb, Cu, Ni e Zn estão em níveis inferiores aos limites de detecção. Apenas Zr e Hf encontram-se acima dos níveis crustais, e portanto muito mais abundantes do que os demais elementos. As amostras LAP 0-20, LAP 20-40, LCI 20-40 e LCC 20-40 se destacam pelos valores mais altos de Zr e Hf e em parte ETR. Zr e Hf apresentam-se fortemente correlacionáveis entre si, sugerindo uma íntima ligação com o mineral zircão, um resistato comum em solos diversos, incluindo os podzols. Os elementos terras raras encontram-se com níveis mais elevados nas amostras de material do substrato lacustre que contém maior abundância de óxi-hidróxidos de ferro, embora estes sejam pouco expressivo, e ainda caulinita. O padrão de distribuição dos ETR normalizados aos condritos mostra ainda a anomalia negativa de európio, pouco desenvolvida, e também uma tendência a enriquecimento nos ETRP (Fig. 53). O Sb também apresentou valores muito superiores a média crustal e não foi encontrada uma possível explicação para esta aparente anomalia. As baixíssimas concentrações dos elementos-traço, excetuando Zr e Hf, fortemente ligados ao resistato zircão, reforçam a natureza dos sedimentos dos substratos dos lagos de Boa Vista como ligados a processos de podzolização dos sedimentos da formação Boa Vista, que promovem a lixiviação dos minerais de argila e dos oxi-hidróxidos de ferro entre outros minerais, e conseqüentemente dos elementos-traço, pois não têm afinidade com o quartzo, praticamente o único mineral residual, além do raro acessório zircão.

Tabela 5 – Concentrações dos elementos - traço (ppm) em amostras de sedimentos dos substratos lacustres.

Elementos	LO 0-20	LO 20-40	LAP 0-20	LAP 20-40	LCI 0-20	LCI 20-40	LTV 0-20	LTV 20-40	LCC 20-40	Média	*Crosta
Sc	2	2	1	1	2	4	4	6	7	3,2	7
V	6	5	5	7	8	25	26	33	20	15	53
Ba	11	11	35	42	10	11	11	11	12	17	668
Sr	2	2	2	2	2	3	<2	<2	4	2,4	316
Y	10	5	4	5	6	10	5	7	17	7	20,7
Zr	221	216	427	514	261	473	217	221	682	360	237
Ga	4	5	1	2	4	11	4	6	13	5,5	14
Nb	6	6	6	7	6	12	3	4	15	7,2	26
Sb	1,2	2,5	1,8	1,2	2,2	1,9	1,2	1,2	1,1	1,5	0,31
Hf	6,3	5,8	10,9	13,8	7,4	13,4	6	5,8	19,8	9,9	5,8
Ta	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5	1	0,3	0,3	1,2	0,5	1,5
Th	3,5	2,9	1	1,4	3	6,7	1,6	2,3	7,6	3,3	10,3
U	0,9	0,8	0,7	0,9	0,9	1,4	0,8	0,9	4	1,2	2,5
La	4,8	3,6	1,2	1,7	3,1	6,7	2,9	5	8,8	4,2	32,3
Ce	8,3	5,8	2,5	3,2	5,1	10,3	5,6	9,8	14,1	7,2	65,7
Pr	0,82	0,56	0,23	0,3	0,5	0,98	0,54	0,96	1,4	0,7	6,3
Nd	2,8	1,9	0,8	1,1	1,6	3,2	2	3,4	4,7	2,4	29,9
Sm	0,6	0,4	0,2	0,3	0,4	0,6	0,4	0,7	1	0,5	4,7
Eu	0,08	0,06	<0,05	<0,05	0,05	0,13	0,09	0,14	0,2	0,11	0,95
Gd	0,6	0,4	0,2	0,3	0,3	0,7	0,4	0,6	1,1	0,5	2,8
Tb	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,1	0,3	0,1	0,5
Dy	1,1	0,7	0,4	0,6	0,6	1,3	0,7	0,9	2	0,9	2,9
Ho	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,5	0,2	0,62
Er	0,9	0,6	0,4	0,6	0,6	1,1	0,6	0,7	1,9	0,8	2,1
Tm	0,15	0,11	0,08	0,12	0,1	0,2	0,1	0,12	0,33	0,14	0,48
Yb	0,6	0,8	0,6	0,9	0,7	1,4	0,7	0,9	2,3	1	1,5
Lu	0,18	0,13	0,12	0,17	0,12	0,24	0,12	0,13	0,38	0,17	0,27

* Wedepohl (1995)

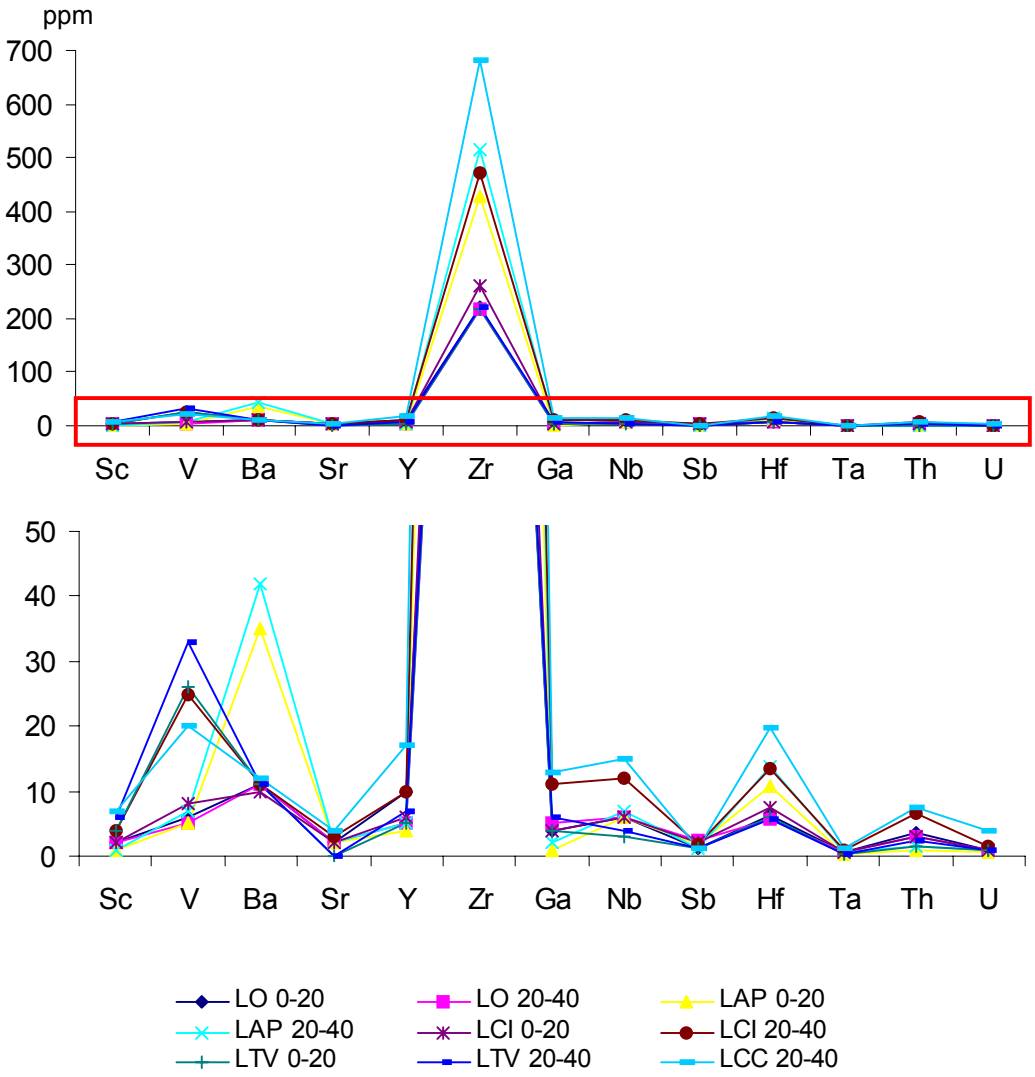


Figura 49 – Concentrações de elementos- traço nas amostras de sedimentos do substrato dos lagos. Abaixo, detalhe das concentrações de elementos < 50 ppm.

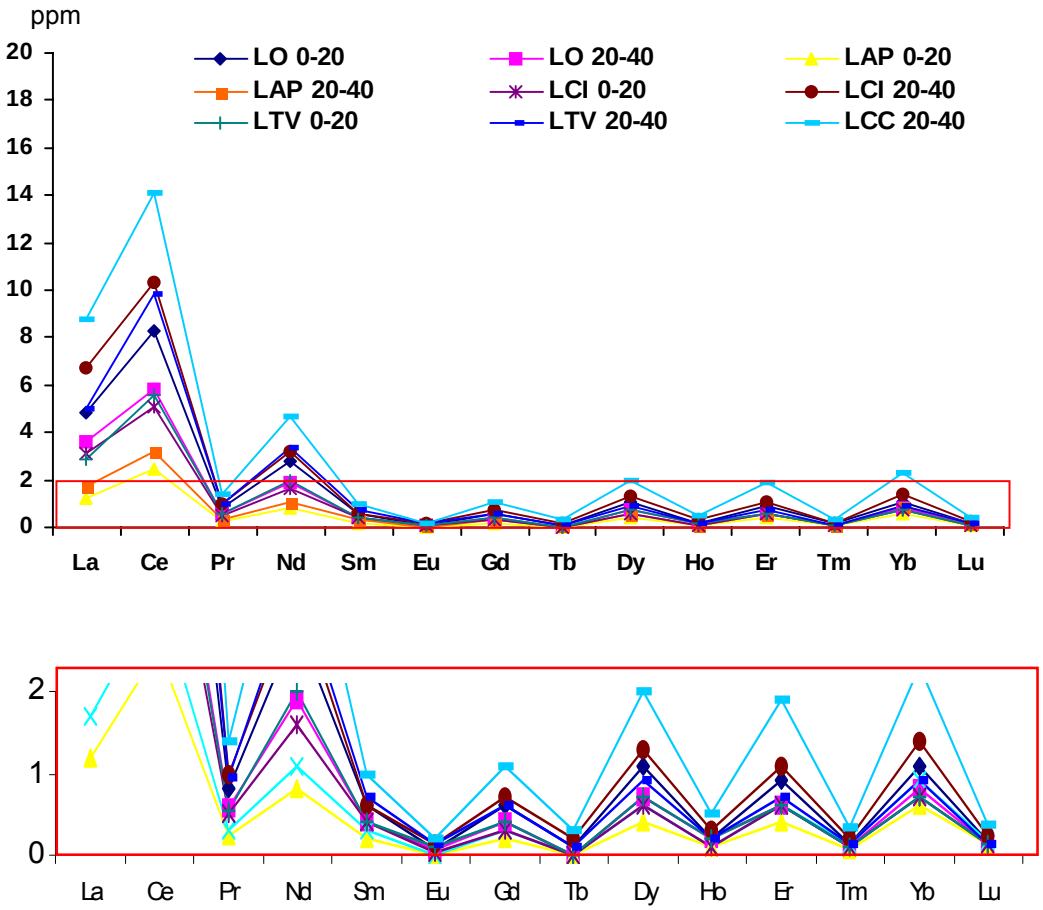


Figura 50 – Concentrações de elementos terras raras (ETR) nas amostras de sedimentos do substrato dos lagos. Abaixo, detalhe das concentrações <2 ppm

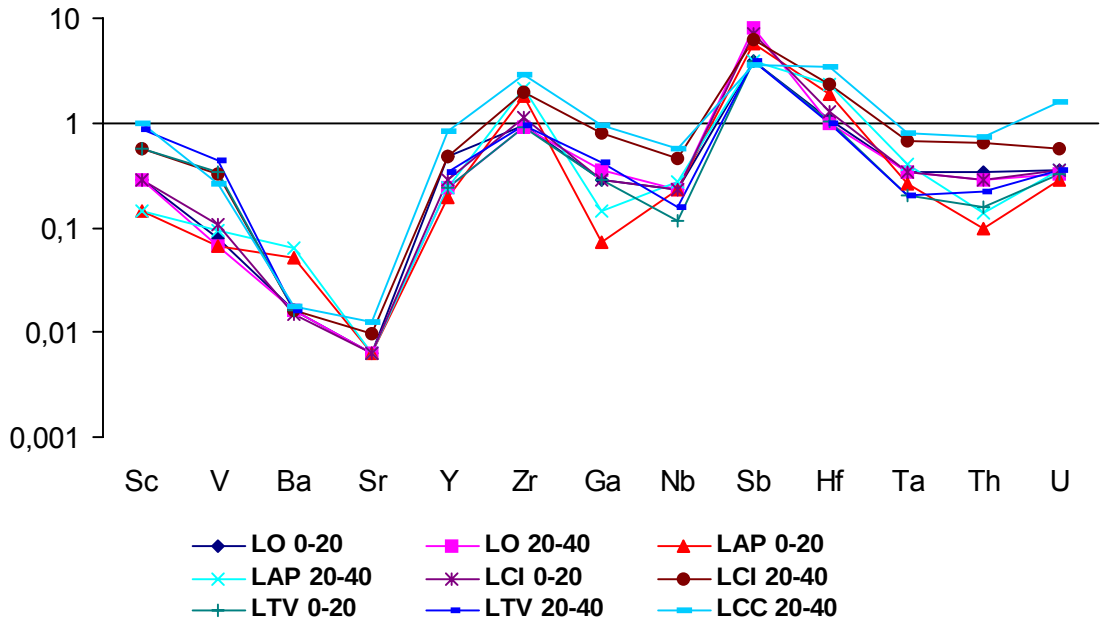


Figura 51 – Elementos - traço nos sedimentos do substratos lacustres normalizados para a crosta continental (WEDEPOHL,1995). Enriquecimento em Zr, Hf e Sb nestes sedimentos em relação à crosta continental.

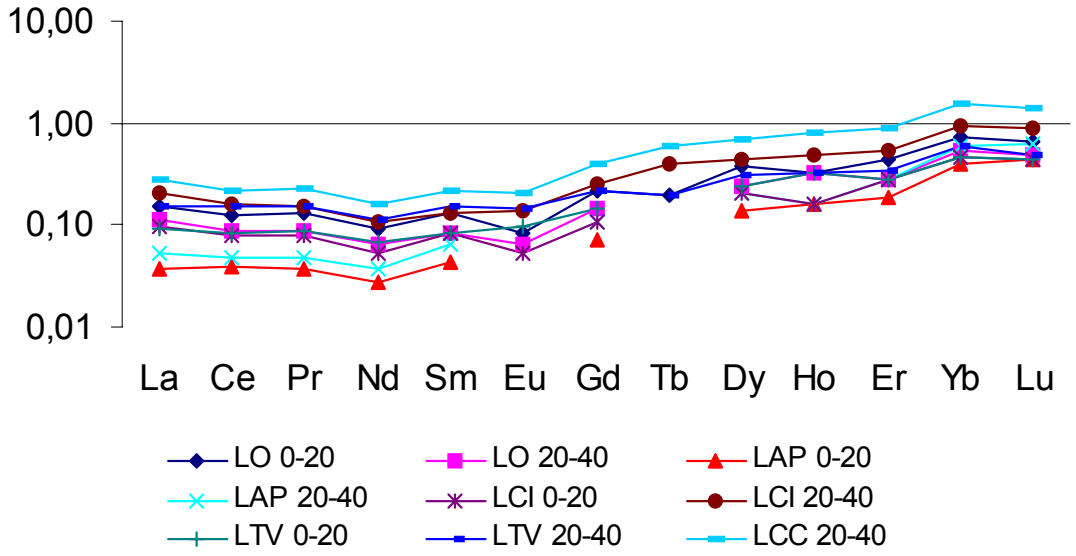


Figura 52 - Padrão de elementos terras raras (ETR) normalizados para a crosta continental (WEDEPOHL,1995) nos sedimentos do substratos lacustres.

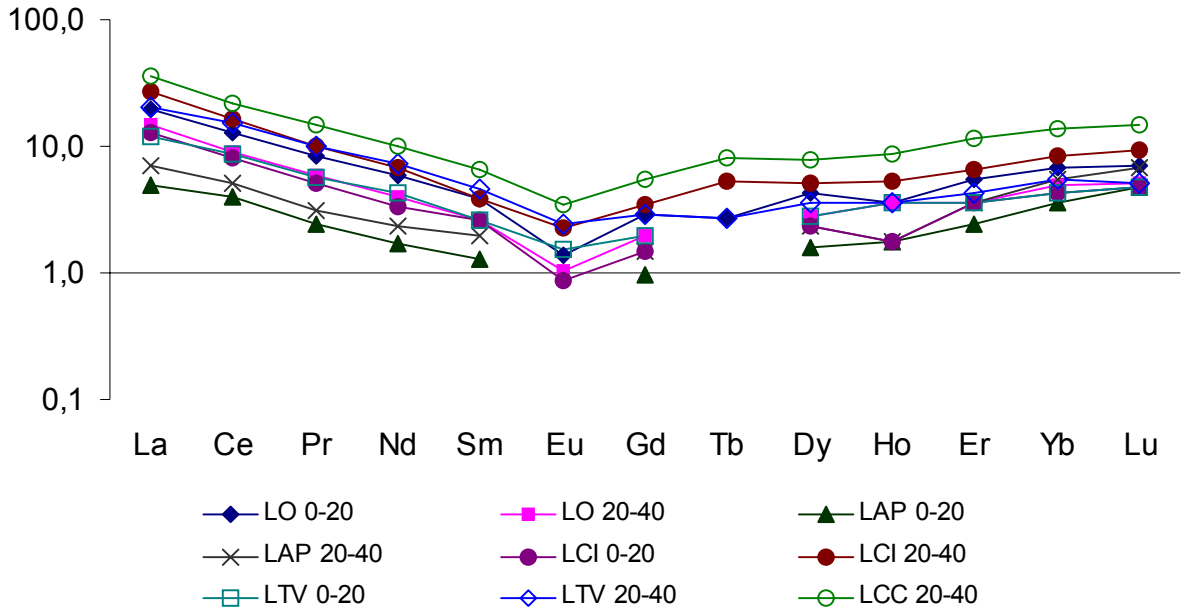


Figura 53 - Padrão de elementos terras raras, normalizados para os condritos nos sedimentos dos lagos estudados. Os dados dos condritos são de Evensen *et al*. (1978).

3.3 - ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS DOS LAGOS

3.3.1 - Temperatura

Os valores de temperatura medidos em 14 lagos variaram entre 30 e 34 ºC, com valor médio de 32 ºC (Fig. 54). Os lagos Apoteri, Piscicultura e da Embrapa, foram aqueles que apresentaram os maiores valores, oscilando entre 33 e 34 °C. Estes valores mais elevados provavelmente decorrem do fato de terem sido obtidos em horários de maior incidência da radiação solar (intervalo de 12 às 15 horas). De modo geral, as temperaturas dessas águas refletem as temperaturas do ar, típicas do clima local (Awi de Köppen), que diurnamente chegam a atingir 42 °C. Devido a pequena profundidade destes corpos lacustres (< 4 m) não se observa o desenvolvimento de estratificação térmica, uma vez que, são constituídos apenas de epilímnio. Segundo Branco (1986) o fenômeno de estratificação térmica só ocorre em lagos com profundidades superiores a 12 metros.

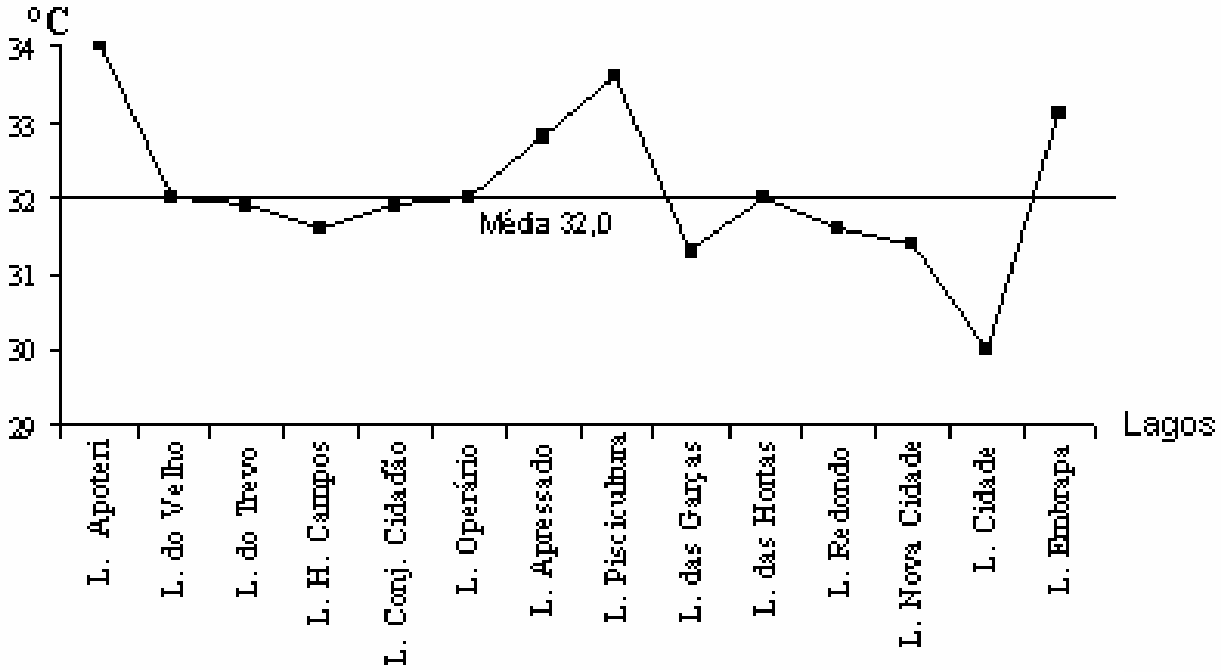


Figura 54 – Distribuição dos valores de temperatura mensurados nos lagos

3.3.2 - pH

Os valores de pH oscilaram entre 5,00 e 8,20, com valor médio de 5,90, sendo que alguns lagos como o Hélio Campos, Nova Cidade e Cidade, apresentaram valores elevados (6,57, 7,25 e 8,20 respectivamente) em relação aos demais (Fig. 55).

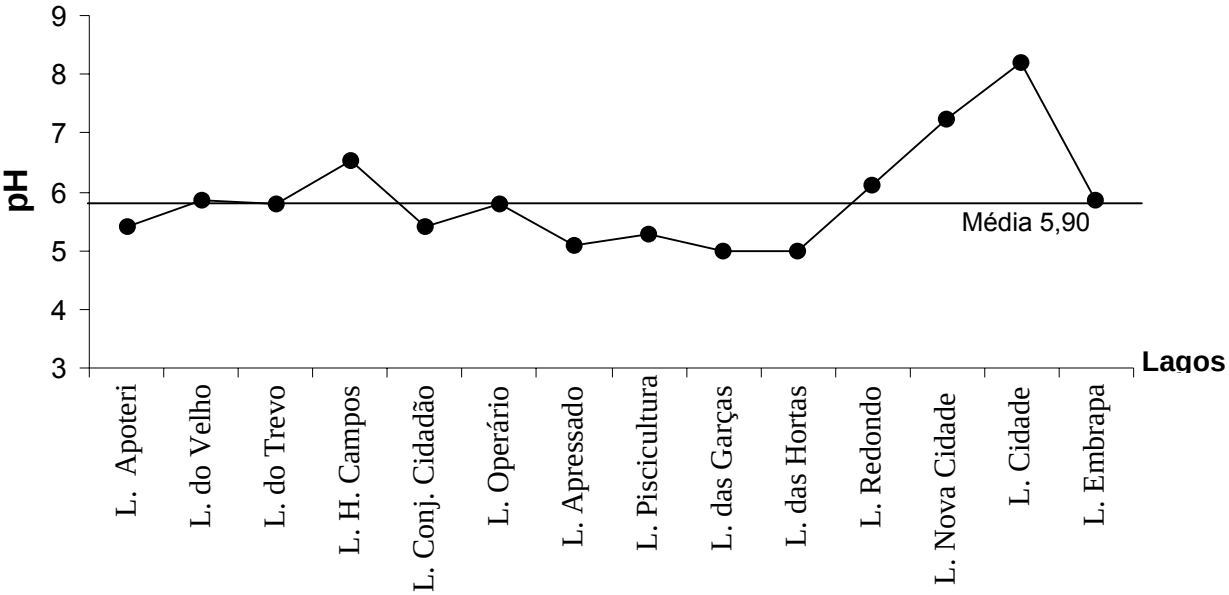


Figura 55 – Distribuição dos valores de pH medidos nos lagos, onde os valores mais elevados são encontrados nos lagos Hélio Campos, Nova Cidade e Cidade, todos localizados na área urbana.

Observa-se que estes três lagos, diferentemente dos demais, estão situados em áreas de intensa e desordenada ocupação urbana, onde ainda não há o fornecimento dos serviços básicos (água tratada, rede de esgotos, coleta de lixo etc). Em função disso, estes corpos lacustres passam a ser utilizados pela população, para os mais diversos fins, tais como, lavagem de roupas e utensílios domésticos, lançamento de efluentes domésticos, balneário e fonte de alimento (pesca) (Fig. 56).

Figura 56 – Águas lacustres sendo utilizadas para fins domésticos (lavagem de roupas); lago Hélio Campos (à direita) e lago Nova Cidade (à esquerda).

Conforme Esteves (1998), os saponáceos e detergentes utilizados na lavagem de roupas e os efluentes domésticos (urina, excrementos humanos e de outros animais etc.) são ricos em nutrientes (N, P e K), os quais fertilizam as águas, acelerando o metabolismo vegetal e promovendo a proliferação da vegetação aquática em geral. Este fato pode ser claramente observado nestes lagos urbanos, através das densas comunidades de macrófitas aquáticas que ocupam parcelas significativas de suas bacias (Fig. 57). De acordo com Schaffer (1985) os processos produtivos (fotossintéticos) podem elevar o pH das águas, uma vez que reduzem a disponibilidade do gás carbônico (responsável pela acidificação) no meio hídrico através da reação: $6CO_2 + 6H_2O$ + presença de luz $\rightarrow$ $C_6H_{12}O_6 + 6O_2$. Dessa forma, atribui - se os altos valores de pH encontrados nestes lagos à intensa atividade biológica dessas macrófitas que especificamente nestes lagos apresentam–se em maior número e diversidade de famílias (ciperáceas, ninfeáceas, convolvuláceas, onagráceas e ponteridáceas), diferenciando-os dos demais lagos estudados, onde as ciperáceas são dominantes.

Figura 57 – Lagos densamente ocupados por macrófitas aquáticas: lago Nova Cidade onde ocorre ciperáceas, convolvuláceas e onagráceas (à direita) e lago Cidade com predominância de ninfeáceas e ponteridáceas (à esquerda).

3.3.3 - Condutividade Elétrica - CE

Os valores de condutividade elétrica (CE) encontrados nas águas desses lagos apresentaram-se entre 4,0 e 14,0 µS/cm (Fig. 58). Os mais elevados valores, foram obtidos nos lagos Nova Cidade (14 µS/cm), Cidade (13 µS/cm), e no lago das Hortas (11 µS/cm). Os dois primeiros lagos são coincidentemente os mesmos que apresentaram valores discrepantes de pH, que como já foi discutido anteriormente, estão relacionados às atividades antrópicas. Da mesma forma, a CE dessas águas pode estar sendo alterada por essas atividades apresentando-se mais elevadas nestes lagos. Conforme assinala Esteves (1998), a condutividade elétrica das águas além de refletir as condições geológicas e climáticas de uma determinada região, pode também revelar indícios de poluição antropogênica.

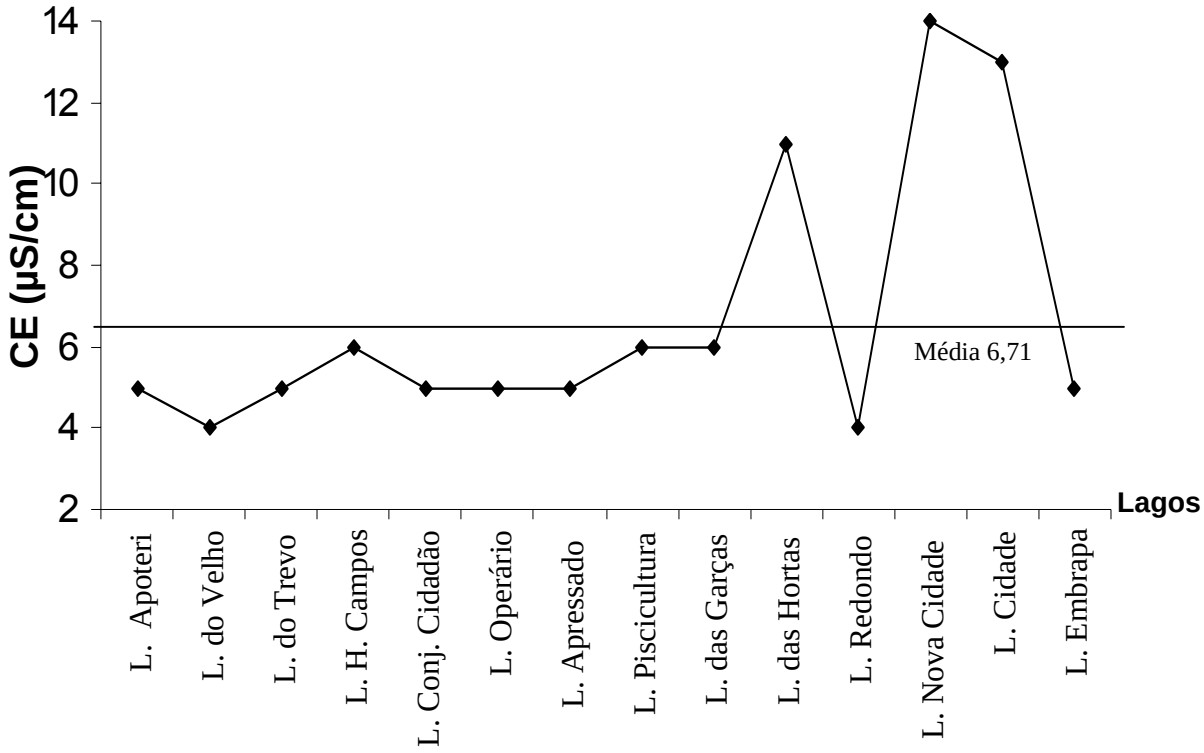


Figura 58 – Distribuição dos valores de condutividade elétrica – CE, mensurados nos lagos.

De um modo geral, estes valores de condutividade elétrica são muito baixos. Certamente o fato de terem sido tomados durante a estação chuvosa contribuiu para a obtenção de números tão baixos, uma vez que devido o aumento do volume das águas, ocorre uma maior diluição dos íons presentes nas mesmas. Entretanto, os valores de CE, medidos durante a estiagem em quatro desses mesmos lagos, mostraram-se também baixos (Tab 6), indicando que estas águas são de fato pouco condutivas. A razão pela qual, estas águas lacustres apresentam valores tão baixos de CE, provavelmente reside no fato de que drenam terrenos relativamente pobres em íons como, Ca^{+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}, e Cl^{-} neste caso representados pelos sedimentos terciários da Formação Boa Vista, sobre os quais estão instalados estes corpos lacustres. De um modo geral, estes valores estão dentro ou bem próximos da faixa de CE estipulada por Fitkau[3] *apud* Esteves (1998), para esta região da Amazônia, que é variável entre 10

[3] FITKAU, E. J.. Okologish gliederung das Amazonas gebiets aff geochemischer grundlage minister. *Forsch Geol. Palaönt*. p.35-50. 1971.

Tabela 6 – Valores de condutividade medidos sazonalmente em alguns dos lagos estudados

Lagos	Valores de CE medidos no período chuvoso (µS/cm)	Valores de CE medidos no período seco (µS/cm)
Hélio Campos (LHC)	6,0	26,3
Conjunto Cidadão (LCC)	5,0	12,3
Operário (LO)	5,0	16,5
Embrapa (LE)	5,1	14,4

3.3.4 - Sólidos Totais Dissolvidos – STD

Os valores de sólidos totais dissolvidos nessas águas variaram entre 2 e 7 mg/L. Comparando-se estes valores com os valores obtidos para a condutividade elétrica (Fig. 59), verifica-se que a relação existente entre estas variáveis, onde a condutividade elétrica de uma solução depende da concentração de sólidos totais dissolvidos, se confirma nestes lagos, ou seja, os mais elevados valores de STD ocorrem justamente onde também se verificou os mais altos valores de CE, a saber, os lagos Nova Cidade, Cidade e das Hortas.

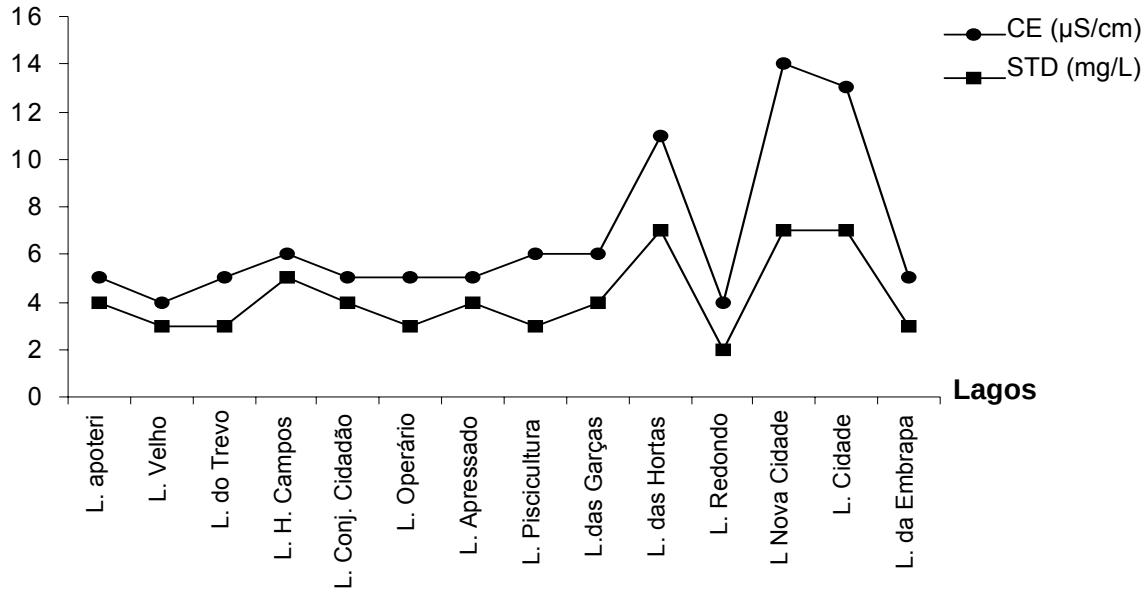


Figura 59 - Comparação dos valores de condutividade elétrica – CE (µS/cm) e sólidos totais dissolvidos – STD (mg/L) nos lagos

3.3.5 - Oxigênio Dissolvido – OD

Os valores de oxigênio dissolvido mensurados nas águas dos lagos, mantiveram-se em geral na faixa de 4,0 a 5, 7 mg/L (Fig. 52). Entretanto, no lago Nova Cidade, o valor encontrado (2,2 mg/L) foi bem menor que nos demais lagos, refletindo possivelmente as condições de degradação a que vem sendo submetido, em função do lançamento de cargas orgânicas (lixo doméstico, cadáveres de animais etc.) em sua bacia e margens.

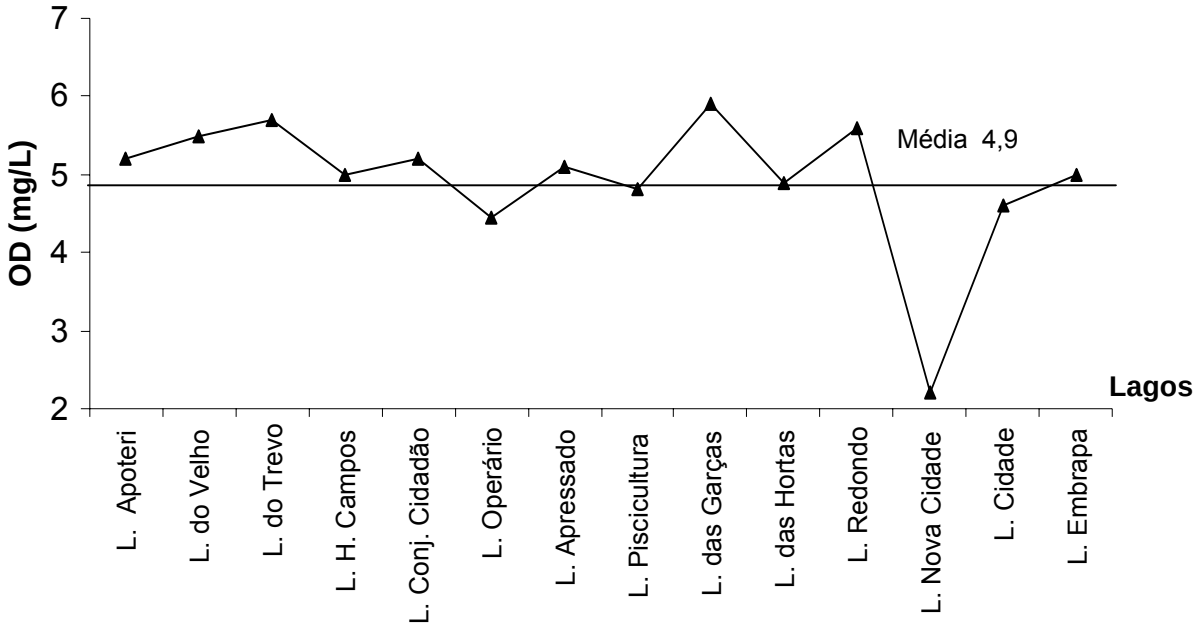


Figura 60 – Distribuição dos valores de oxigênio dissolvido (mg/L) nas águas dos lagos, com destaque para o lago Nova Cidade, cujos teores de OD apresentam-se discrepantes em relação aos demais.

Figura 61 – Depósitos de lixo nas proximidades do lago Nova Cidade, onde foi registrado o menor valor de OD.

Segundo Santos (2001), águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam grande quantidade de matéria orgânica, geralmente provenientes de esgotos domésticos ou industriais. Segundo este autor, quanto maior for a carga orgânica lançada nos corpos hídricos, maior será o número de microorganismos decompositores e conseqüentemente haverá um maior consumo de oxigênio dissolvido. No caso do lago Nova Cidade, a perda de oxigênio pode estar decorrendo em função tanto da decomposição da carga orgânica lançada em sua bacia, como também daquela produzida dentro da própria bacia, uma vez que este lago encontra-se intensamente colonizado por macrófitas aquáticas, como já foi mostrado na figura 57.

4. CONCLUSÕES

Os lagos estudados inserem-se em uma unidade fisiográfica atípica no âmbito das paisagens florestais observadas na região amazônica. A extensa superfície aplanada coberta por savanas popularmente denominada “lavrado” que caracteriza a porção nordeste do Estado de Roraima, por si só já constitui um elemento diferenciador; somados a esta aparecem inúmeros lagos que ao contrário da maioria dos lagos brasileiros e em particular amazônicos, não estão associados às atividades de rios, embora pertençam à bacia hidrográfica do rio Branco, estando geralmente localizados à montante dos cursos d’água (igarapés), onde desempenham o papel de suas nascentes. São lagos que apresentam morfologias variadas, em geral relacionadas ao tipo de relação mantida com a drenagem, a exemplo dos lagos de contorno goticular que assumem tal forma devido a um prolongamento marginal que dá origem aos cursos d’água lineares. A maioria destes lagos apresenta pequena extensão e lâmina d’água pouco profunda. Em função disso, apresentam caráter intermitente diante do longo período de estiagem (6 meses) característico da região. Estes lagos se caracterizam ainda por exibirem densa ocupação por macrófitas aquáticas, principalmente ciperáceas (emersas), as quais, dependendo de alguns fatores como profundidade e flutuação do nível da água, podem colonizar total ou parcialmente as bacias lacustres. Alguns lagos, em função de suas maiores profundidades (> 1,5 m), apresentam-se desprovidos desse tipo de vegetação, enquanto outros muito rasos permitem o desenvolvimento de ciperáceas em quase toda a sua extensão. Entretanto, o tipo de ocupação que mais se destaca é aquele em que os lagos apresentam-se colonizados por ciperáceas distribuídas de modo zoneado, onde a lâmina d’água desprovida de vegetação se alterna com trechos vegetados, configurando um sistema de ocupação na forma de um anel concêntrico, evidenciando a presença de uma protuberância interior ao lago, neste formato, que por ser uma área mais rasa, permite a instalação das referidas macrófitas.

Estes lagos se caracterizam por não apresentarem sedimentos tipicamente lacustres, o que impossibilitou a determinação precisa da idade de formação destes. A ausência de sedimentos finos, por outro lado, permitiu inferir que estes lagos, podem

ser bem mais jovens, que outros lagos encontrados no Estado de Roraima, a exemplo dos lagos Caracaranã, Periquito e São Joaquim (localizados respectivamente nos municípios de Normandia, Mucajaí e Bonfim), os quais foram estudados por Simões Filho *et al.* (1997) que através da datações de seus sedimentos, atestaram um período de formação para o lago Caracaranã em cerca de 9.000 anos e para os outros dois entre 6.000 e 1.600 anos A. P.

Embora não apresentem sedimentos de fundo, os lagos se desenvolveram sobre materiais de natureza sedimentar. As análises granulométricas evidenciaram sedimentos essencialmente arenosos, moderados a pobremente selecionados, com predominância de grãos angulosos e subangulosos e de baixa esfericidade, características que excluem a possibilidade de que estes sedimentos sejam de origem eólica. Como não há evidências de deposição eólica na região de estudo, não se pode atribuir origem por deflação para estas depressões lacustres, à semelhança daquelas encontradas por Latrubesse e Nelson (2001), à margem direita do rio Cauamé e nas proximidades do rio Tacutu, desenvolvidas sobre campos de dunas eólicas conforme interpretado pelos referidos autores.

As características granulométricas, somadas ainda à mineralogia destes sedimentos, a qual é composta dominantemente por quartzo e secundariamente por caulinita, permitiram a correlação entre estes e os sedimentos da Formação Boa Vista, que além destes minerais, apresentam ainda segundo Carneiro Filho (1991) outros minerais como gibbsita, goethita e hematita, embora em pequenas quantidades. A ausência destes minerais nos sedimentos do substrato lacustre sugere que estes foram lixiviados, caracterizando ambientes podzólicos. As análises mineralógicas mostraram ainda que apesar da proximidade existente entre o rio Branco e a paisagem de lagos, a composição mineralógica dos sedimentos de substrato lacustre é diferenciada daquela encontrada nos sedimentos trazidos pelo referido rio e depositados em sua planície de inundação, devido a ocorrência abundante de illita nestes últimos. Esse fato denota que o rio Branco não exerce qualquer influência sobre os lagos

As análises químicas confirmaram a mineralogia encontrada nos sedimentos de substrato lacustre, evidenciando, de modo geral, sedimentos enriquecidos em SiO_2, (91,92 %) com baixos teores de Al_2O_3 (3,46 %), refletindo respectivamente o caráter

essencialmente quartzoso dos sedimentos e a pequena participação da caulinita nos mesmos. Os teores extremamente baixos de Fe_2O_3 (0,24 %) e TiO_2 (0,37%) associados à goethita e rutilo/anatásio respectivamente, não permitiram a identificação destes minerais nos sedimentos, através da difração de raios-x; estes, entretanto, foram inferidos por análises químicas. A abundância de SiO_2 observada principalmente nos sedimentos mais superficiais (0-20 cm) em detrimento de Al_2O_3 e Fe_2O_3 que são muito baixos, e a presença restrita da caulinita como o único argilomineral encontrado, permitiram concluir que estes sedimentos são típicos de ambientes de solos podzólicos desenvolvidos a partir de solos latossólicos, onde a presença de lagos e brejos atuam como agente potencializador deste processo, dado as condições de hidromorfismo presentes, em que as águas ácidas decorrentes do acúmulo de matéria orgânica causam a lixiviação desses íons, retirando-os do horizonte superficial.

A integração dos aspectos fisiográficos, a ausência de sedimentos lacustres e as características granulométricas, mineralógicas e químicas dos sedimentos de substrato dos lagos, permitiram contextualizar a ocorrência desses lagos nestes ambientes de savanas, como corpos d'água intrinsecamente relacionados ao afloramento do nível freático. Como mostrado, a região de lagos desenvolveu-se sobre a Formação Boa Vista, cuja espessura sedimentar na região, atinge no máximo cerca de 15 metros (Reis *et al.* 2001), sendo composta por sedimentos arenosos bastante permeáveis, sobrepostos ao embasamento cristalino de natureza menos permeável. Dessa forma, no período chuvoso a infiltração das águas pluviais provoca a súbita elevação do nível freático que intercepta as áreas deprimidas do terreno ou aflora na superfície dando origem aos lagos e brejos. As morfologias dos lagos, geralmente circulares e/ou elípticas, as extensões e profundidades reduzidas, a relação destes com a drenagem onde representam as suas nascentes, e ainda a presença de zoneamento vegetal em algumas bacias onde o centro do lago geralmente é desprovido de ciperáceas, constituem-se fatores que corroboram a ocorrência destes lagos como surgências de águas freáticas, à semelhança de olhos d'água.

O fato destes lagos estarem situados em uma área próxima a zona urbana, cuja expansão notadamente ocorre de modo acelerado e desordenado, e ainda a observação de várias irregularidades, junto às bacias lacustres como, por exemplo, a

retirada de vegetação marginal, construção de residências nas margens dos lagos, lançamento de efluentes domésticos no entorno dos lagos, e por vezes dentro do próprio lago, utilização das águas para lavagem de roupas, etc. são fortes indicadores de que estas águas estão sendo impactadas pelas atividades antrópicas. Este fato é confirmado pelos parâmetros físico-químicos que mostraram significativas variações nas águas dos lagos urbanos quando comparados àquelas dos lagos não urbanos. A principal diferença foi observada com relação ao pH, o qual nos lagos submetidos à antropização apresentou-se mais elevado variando entre 6, 57 e 8,20, enquanto que nos demais lagos os valores se mantiveram entre 5 e 6. Esses altos valores de pH possivelmente se devem à presença dos saponáceos utilizados na lavagem de roupas. Nesses lagos urbanos também foram encontradas as menores concentrações de oxigênio dissolvido, fato que pode estar relacionado à decomposição da matéria orgânica produzida dentro do próprio lago ou daquela oriunda das residências próximas aos lagos, que são lançadas indiscriminadamente em suas bacias.

Estes fatos permitem concluir que, no atual contexto de urbanização acelerada e não planejada da cidade de Boa Vista, os ambientes lacustres e brejosos têm sido submetidos a vários impactos, os quais se manifestam desde o primeiro momento da ocupação, com o aterramento de brejos e de lagos mais rasos, cujas áreas são substituídas por casas, residências, ruas e etc. Após a ocupação, estes impactos continuam ocorrendo sobre corpos d'água remanescentes, de forma muito intensa, culminando com o desaparecimento precoce destes. Dessa forma, faz-se necessário o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para o controle e mitigação destes impactos de forma a garantir a sobrevida desta paisagem, cuja importância se dá não apenas por sua beleza cênica, mas, fundamentalmente, por representar importante fonte de recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSY, M. L.; et al. Registros palinólogicos em sedimentos do Holoceno e vegetação atual de Roraima. In: INPA. *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. Manaus. 1997. p. 462-479.

ACKERMANN, F. L. *Geologia e fisiografia da Região Bragantina (estado do Pará).* Manaus: CNPq/INPA, 1962. 90 p.

ALLEN, P.A.; COLLINSON, J.D. Lakes. In: READING H.G. *Sedimentary environments and facies*. Oxford: Blackwell, 1986. p. 63-94.

AMORIM, M. A.; et al. *Caracterização granulométrica e mineralógica dos sedimentos na várzea do lago Grande de Curuai, para:* compreensão da dinâmica sedimentar*.* Disponível em <http;//www.abequa2005.geologia.ufrj.br/nukleo/pdfs/0130_resumo_abequa4.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2005.

ASSINE, M. L.; SOARES, P. C. Quaternary of the pantanal, west – central Brazil. *Quaternary International,* v. 114, p 23-34, 2004.

BARBOSA, O.; RAMOS, J.R., Território de Rio Branco, aspectos principais da geomorfologýa da geologia e das possibilidades minerais de sua zona setentrional*. Bol. Div. Geol. Miner,* v.196, p 1-49, 1959.

BARROSO, G. F.; SANTOS, J. E. Seleção de variáveis ambientais chave indicadoras da qualidade dos hábitats aquáticos: Procedimento Delphi. *Caderno de Pesquisas da UFES*, v. 4, p. 37-52, 1995.

BEHLING, H.; COSTA, M. L. Holocene environmental changes from the rio Curuá record in the Caxiuanã region, eastern Amazon basin. *Quaternary Research,* v. 53, p. 369 – 377, 2000.

BEHLING, H.; et al. Holocene environmental changes in the Central Amazon Basin inferred from Lago Calado**.** *Palaeogeography,Palaeoclimatology,Palaeoecology,* v. 173, p. 87-101, 2001.

BERNER, E. K.; BERNER, R. A. *Global* Environment. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

BRANCO, S. M. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*, São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 616p.

BRAUN, O.P.; RAMBRAG, G. Geologia do território de Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26 ,1972, Belém. *Resumos e comunicações*. Belém SBG. p. 68–70. 1972. (Boletim, 2)

CARNEIRO FILHO, A. *Contribution to the study of the forest – savanna mosaic in the area of Roraima, nothern Amazon basin*. 1991. 116f. Dissertation (Master) – Netherlands: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. 1991.

CARVALHO, P.; et al. Comparative limnology of South American floodplain lakes and lagoons. *Acta Scientiarum,* v. 23, p. 265-273, 2001.

COSTA, J.A.V. *Tectônica da Região Nordeste de Roraima*. 1999. 315f Tese (Doutorado em Geologia) Centro de Geociência, Universidade Federal do Pará, Belém, 1999.

COSTA M.L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 21, p. 146-160, 1991.

COSTA, M. L; DO CARMO, M. S.; BEHLING, H. Mineralogia e geoquímica de sedimentos lacustres com substrato laterítico na Amazônia brasileira. *Revista Brasileira de Geociências,* v. 35, p. 165-176, 2005.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA EM RECURSOS MINERAIS. *Zoneamento Ecológico Econômico da Região Central do Estado de Roraima*: Relatório técnico. 2002. TOMO II. Mapa Geológico. Escala 1:500.000. CD-ROM.

DESJARDINS, T.; CARNEIRO FILHO, A.; CHAUVEL, A. Flutuações do limite floresta-cerrado durante o Holoceno em Roraima. In: INPA. *Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima*. Manaus. 1997. p. 307-321.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia.* Rio de Janeiro. Interciência/ FINEP. 1998.

EVENSEN, N.M.; HAMILTON, P.J.; O'NIONS, R.K. Rare-earth abundance in hondritic meteoritos. *Geochim. Cosmochim. Acta,* v .31, p. 1637-1665, 1978.

FRANCO, E.M.S.; DEL'ARCO, J. O.; RIVETTI, M. Folha NA. 20 In: BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. *Geomorfologia*. Rio de Janeiro: DNPM, 1975. p. 139 – 180.

FREITAS, L. A. S. *Estudos Sociais de Roraima (Geografia e História*) Manaus. 1997. 65p.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http:/ earth.google.com> Acesso em: 27 de março de 2006.

HESS, L. L.; et al. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. *Remote Sensing of Environment.* v. 87, p. 404–428, 2003.

HORBE, A.M. C.; HORBE, M. A.; SUGUIO, K. A origem dos depósitos de areias brancas no nordeste do estado do Amazonas*. Revista Brasileira de Geociências,* n. 334, p. 41-50, 2003.

IBANEZ, M.S.R.; et al. Limnological characteristics of three aquatic systems of the preamazonian floodplain, Baixada Maranhense (Maranhão, Brazil). *Aquatic Ecosystem Health and Management,* v. 3, p. 521-531, 2000.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico.* Rio de Janeiro. 2000.

JARDIM-LIMA, D; et al. A dinâmica do Pulso de inundação: aplicações de sensoriamento remoto na avaliação da área de águas abertas e morfologia dos lagos de várzea da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - Amazônia Central. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005 Goiânia. *Anais...*p 3069 – 3076. Goiânia: INPE, 2005.

JUNK, W.J. Áreas Inundáveis - Um desafio para Limnologia. *Acta Amazônica,* v. 10, p.775-795, 1980.

JUNK, W.J. *The central Amazon floodplain:* ecology of a pulsing system*.* Springer, 1997.

JURADO, M.C. *Morfometría de lagos una aplicacíon a los lagos del Pirineo*. 1992. 286f. Tese (Doutorado) - Departament d' Ecologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, 1992.

KRAUSKOPF, K. B. *Introdução a geoquímica* I. SP: Polígono, 1972. 293p.

LATRUBESSE, E. M.; NELSON, B. W. Evidence for Late Quaternary Aeolian Activity in the Roraima–Guyana Region. *Rev. Catena*. v. 43, p. 63-80, 2001.

LERMAN, A. *Lakes:* Chemistry, Geology, Physics. Berlin: Springer, 1978.

LOPES, E. S. Hidroclimatologia. In: CPRM. *Zoneamento Ecológico Econômico da Região Central do Estado de Roraima*: Relatório técnico. 2002. TOMO II, Vol. I, Cap. 2. p. 11-16. CD-ROM.

MAIA, M. A. M.; DANTAS, M. E. Geomorfologia. In: CPRM. *Zoneamento Ecológico Econômico da Região Central do Estado de Roraima*: Relatório técnico. 2002. TOMO II, Vol. I, Cap. 4. p. 21-34. CD-ROM.

MELO, A.F.F.; et al. *Projeto Molibdenio em Roraima*: Relatorio Final. 1978. Parte II iB, p 389–400.

MIRANDA, I.S.; ABSY, M.L. A Flora Fanerogâmica das Savanas de Roraima. In: INPA. *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. Manaus, 1997. p 445-453.

MONTALVÃO, R.M.G.; et al. Geologia do Território Federal de Roraima. In: CONFERENCIA GEOLÓGICA INTERGUIANAS, 10. 1975. Belém. *Anais*... Belém: DNPM. 1975. p 198-217.

MÜLLER, G. *Methods in sedimentary petrography* . New York: Hafner pulishing Co, 1967. 283p.

NAUMANN, E. Der-pH Standard des Süsswassers. *Verb Internat Verein. Limnol*. v. 5, p.291 – 304, 1931.

PFLUG, R. Quaternary lakes of eastern Brazil. *Photogrammetria,* v. 24, p. 29-35, 1969.

RAMOS, C.R., *Reconhecimento geológico no território do Rio Branco*: Relatorio Anual. DNPM, 1956. p. 58–62.

REIS, N.J.; FARIA, M.S.G. ; MAIA, M.A.M. O Quadro Cenozóico da Porção Norte-Oriental do Estado de Roraima. *In*: SIMPÓSIO DE. GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 7, 2001. Belém. Verticalização mineral na Amazônia SBG, 2001. p 44-47.

RITCHEY, J. E.; et al. Biogeochemistry of carbon in the Amazon River. *Limnol. Oceanogr,* v. 35, p. 352-371, 1990.

RODRIGUES FILHO, S.; et al. Evidence for lake formation as a response to an inferred holocene climate transition in Brazil. *Quaternary Research*, v. 57, p.131 – 137, 2001.

SÁ, S.H. Contribuição à Geologia dos sedimentos terciários e quaternários da região Bragantina, estado do Pará. *Boletim Geológico*. Belém, v. 3, p. 21-36, 1969.

SANTOS, M.J.M. *Aspectos Limnoquímicos do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí – PA:* uma avaliação temporal entre 1986 e 2001. 2001. 116f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.

SCHAFFER, A. *Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1985. 532p

SCHMIDT, G. W. Amounts of suspended solids and dissolved substances in the middle reaches of the Amazon over the coarse of one year (August, 1969 – July, 1970). *Amazoniana*. v. 3, p. 208-223, 1972.

SERRUYA, N. M. Cobertura vegetal e zonas alteradas. In: CPRM. *Zoneamento Ecológico Econômico da Região Central do Estado de Roraima*: Relatório técnico. 2002. TOMO II, Vol. II, Cap. 1. p. 91-101. CD-ROM.

SILVA, E.L.S. *Inventário preliminar das espécies arbóreas das florestas dos arredores de Boa Vista (Roraima)*: Uma abordagem fitossociológica, 1993. 194 f. Dissertação (Mestrado) INPA/FUA. Manaus, 1993.

SIMÕES FILHO, F.; et al. Registros sedimentares de lagos e brejos dos campos de Roraima: Implicações paleoambientais ao longo do Holoceno. In: INPA. *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. Manaus. 1997. p 295-302.

SLY, P.G. *Sedimentary processes in lakes*. In: PYE, K. *Sediment Transport and Depositional Processes,* Oxford: England: Blackwell Scientific Publications, 1994. p.157–191.

SOARES, A. P.; SOARES, P. C; ASSINE, M. L. Areais e lagoas do pantanal, Brasil: herança paleoclimática?. *Revista Brasileira de Geociências*. v. 33, p. 211-224, 2003.

SUGUIO, K. *Geologia Sedimentar*. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 400 p.

SUGUIO, K. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 1973. 317p.

TAKEUCHI, M. A Estrutura da vegetação na Amazônia: As savanas do norte da Amazônia. *Bol. Mus. Par. Em. Goeldi* (série botânica), v. 7, p. 1-14, 1960.

TAYLOR, S. R; McLENNAN, S. M. *The Continental Crust:* its Composition and Evolution*.* Oxford: Blackwell scientific Publications, 1985. 312 p.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. *Manual para interpretação de análise de solo*. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1997. 247 p.

TRICART, J. El Pantanal: un ejemplo del impacto geomorfologico sobre el ambiente. *Informaciones geograficas* (Chile), v. 29, p. 81-97, 1982.

TUNDISI, J. G.; et al. Limnology of fifteen lakes. *In "Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil*". In: TUNDISI, J. G.; SAIJO, Y. (Ed.). Brazilian Academy of Sciences/University of São Paulo, 1997. p. 409–439.

TURCQ, B.; et al. Acumulation of organic carbon in five brazilian lakes during the Holocene. *Sedimentary Geology,* v. 148, p.319 – 342. 2002.

TWENHOFEL, W. H. *Treatise on sedimentation.* 2ª ed. Baltimore: The Wiliams and Wilkins Co., 1932. 960p

VELOSO, H.P.; et al. Folha NA -.20 Boa Vista e Parte das Folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21 In: BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. *Vegetação*. Rio de Janeiro, DNPM. 1975. p. 307-406.

VIERS, J.; et al. The influence of the Amazonian floodplain ecosystems on the trace element dynamics of the Amazon river mainstem (Brazil). *Science of the Total Environment.* v. 339: 219-232, 2005.

WEDEPOHL, K. H. The composition of the continental crust*. Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 59, n. 7. p1217- 1232, 1995.

WETZEL, R.G*. Limnology.* London: Saunders College, 1983. 767 p.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo