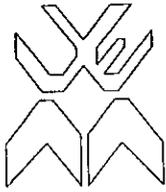


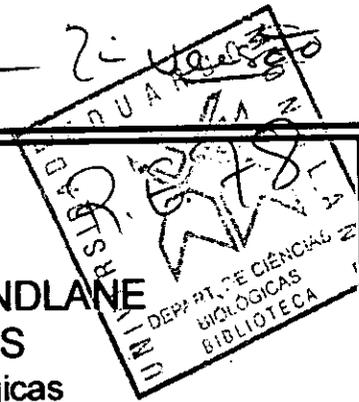
B10-167

26.11.01

— 2:44:30

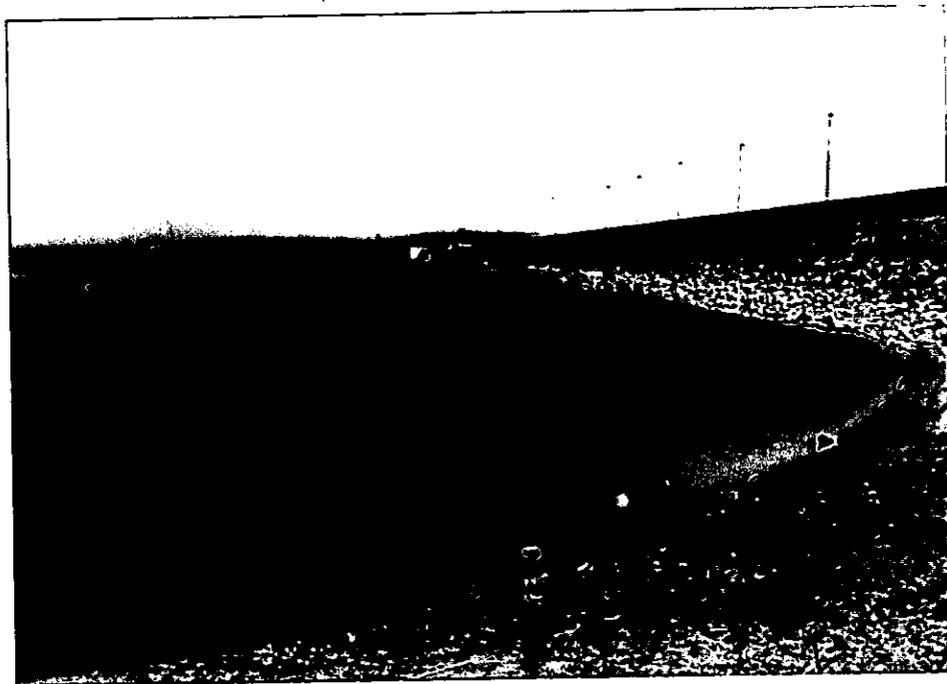


UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
Departamento de Ciências Biológicas



Trabalho de Licenciatura

TEMA: Avaliação do plano de ocupação da bacia hidrográfica da Barragem dos Pequenos Libombos e Balanço de Fósforo

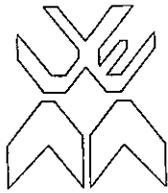


Autor: Garciano Francisco Cumaio

Maputo, Novembro 2001

B10-167

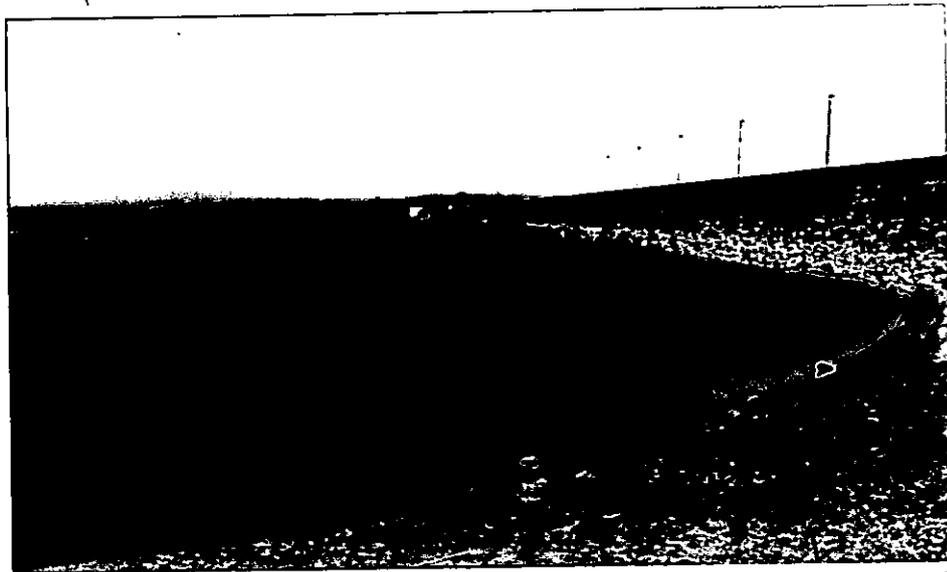
R.E. 78



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
Departamento de Ciências Biológicas

Trabalho de Licenciatura

TEMA: Avaliação do plano de ocupação da bacia hidrográfica da
Barragem dos Pequenos Libombos e Balanço de Fósforo



Autor: Garciano Francisco Cumaio

Supervisora: dr^a Aidate Mussagy

Maputo, Novembro 2001

Agradecimentos

O meu agradecimento especial vai á dr^a Aidate Mussagy, supervisora deste trabalho pela pronta disponibilidade dispensada para a supervisão, apoio técnico-científico e material durante a realização deste trabalho.

Endereço a mais profunda gratidão á União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) pelo apoio financeiro sem o qual não teria sido possível realizar o presente trabalho.

Á Direcção Nacional de Águas (DNA) pela autorização concedida para a consulta da bibliografia.

Á Administração Regional Sul (ARA-Sul) pela autorização concedida afim de realizar o trabalho do campo na Albufeira dos Pequenos Libombos.

Ao Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências da UEM pela disponibilização de material de campo, laboratorial e transporte.

Á Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal pela autorização de uso e cedência do material e dos laboratórios de carência e de análise dos solos.

Aos técnicos do laboratório da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal pela ajuda dispensada durante a análise laboratorial dos solos, em especial Eng. Albano Tomo, os Srs. António Machava e Virgílio Matusse.

Ao Sr Maurício Juma Lipassula e a Sr^a Sabina Fernando pelo acompanhamento e apoio durante a análise da água e do sedimento no laboratório de Ecologia do Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências da UEM.

Ao Sr. Luís Mateulane pelo apoio prestado como acompanhante, guia e ajuda durante toda a realização do trabalho de campo, vai um agradecimento muito especial.

Ao dr Almeida Guissamulo e dr Domingos Gove pelo apoio científico prestado no tratamento estatístico, análise e interpretação dos dados.

Ao Sr. Veriato Chiconela pelo apoio que prestou no arranjo dos mapas, vai uma gratidão especial.

A todos docentes, funcionários e colegas do Departamento de Ciências Biológicas que directa ou indirectamente acompanharam e tornaram possível a realização do curso de Biologia.

Finalmente, á minha mãe Rosita Muchave, meus irmãos e sobrinhos pelo apoio e paciência que prestaram durante a minha formação.

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado

À memória do meu pai Francisco Cumaio.

À minha mãe Rosita Muchave.

Ao meu irmão Simião Bernardo Cumaio.

E a todos meus irmãos e sobrinhos,

dedico este trabalho com muito carinho e respeito.

Declaração de Honra

Declaro pôr minha honra que este trabalho foi por mim realizado.

Garciano Francisco Cumaio
(Garciano Francisco Cumaio)

Lista das Figuras

Figura 1. Mapa da localização da área de estudo.

Figura 2. Mapa da localização dos pontos de amostragem da água e do sedimento na Albufeira dos Pequenos Libombos e nas bocas dos rios Umbeluzi e Calichane.

Figura 3. Mapa que ilustra o nível de ocupação das margens da bacia hidrográfica da Albufeira dos Pequenos Libombos.

Figura 6. Gráfico das concentrações médias de fósforo disponível no solo e desvio padrão nas 5 zonas seleccionadas para estudo.

Figura 4. Gráfico das concentrações médias de fósforo total no solo e desvio padrão nas 5 zonas seleccionadas para estudo.

Figura 5. Gráfico das concentrações médias de fósforo disponível e fósforo total na água dos rios Calichane, Umbeluzi e na coluna da água da Albufeira.

Figura 6. Mapa de distribuição do fósforo no sedimento da Albufeira dos Pequenos Libombos mostrando as três zonas (I, II e III).

Figura 7. Gráfico das concentrações médias de fósforo total (% de peso seco) no sedimento.

Figura 8. Esquema das concentrações médias de PO_4^{3-} -P e P-total nos diferentes compartimentos analisados neste trabalho.

Lista das Tabelas

Tabela 1. Resultados de inquéritos realizados aos ocupantes das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos mostrando as áreas ocupadas, tempo de ocupação, distância do limite da margem até ao início das propriedades de exploração (tipo de actividade) como o uso ou não de fertilizantes e pesticidas.

Tabela 2. Fósforo disponível dos solos das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos.

Tabela 3. Fósforo total dos solos das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos.

Tabela 4. Fósforo disponível e fósforo total na água dos rios Umbeluzi e Calichane.

Tabela 5. Fósforo na água da Albufeira dos Pequenos Libombos.

Tabela 6. Fósforo no sedimento (% de peso seco).

Tabela 7. Valores limites de fósforo fixados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD) para a classificação trófica dos lagos e Albufeiras.

Lista dos Anexos

- Anexo 1. Ficha de Inquérito.
- Anexo 2. Esquema de amostragem dos solos em zig-zag.
- Anexo 3. Tabelas 2 e 3 de fósforo disponível e total dos solos das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos.
- Anexo 4. Testes estatísticos para o fósforo disponível e total no solo.
- Anexo 5. Testes estatísticos para o fósforo total no solo.
- Anexo 6. Tabelas 4 e 5 de fósforo disponível e total na água dos rios Umbeluzi e Calichane e na água da Albufeira dos Pequenos Libombos.
- Anexo 7. Testes estatísticos para o P-ortofosfato e P-total na água dos rios Umbeluzi e Calichane.
- Anexo 8. Cálculo da concentração de fósforo total teórico na Albufeira dos Pequenos Libombos.
- Anexo 9. Tabela de fósforo no sedimento (% de peso seco) e valores limites de fósforo fixados pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD) para a classificação trófica dos lagos e Albufeiras.
- Anexo 10. Testes estatísticos para o P-total (% de peso seco) no sedimento da Albufeira dos Pequenos Libombos.
- Anexo 11. Figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 mostrando os diversos níveis e formas de ocupação das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos, o estado precário de saneamento (das latrinas), a lavagem de roupa, zona pouco perturbada pelas actividades humanas e efeito erosivo das águas sobre a vegetação quando o nível das águas for elevado.

RESUMO

O presente trabalho é mais uma contribuição para o conhecimento da ecologia da Albufeira dos Pequenos Libombos.

Tendo em conta que o lago, a sua bacia de drenagem e seus afluentes formam uma unidade ecológica com influências mútuas, este trabalho faz uma avaliação do nível de cumprimento da faixa de protecção decretada na lei de terras na bacia de drenagem da Albufeira dos Pequenos Libombos. Faz também uma avaliação da carga externa e interna de fósforo na Albufeira dos Pequenos Libombos.

Foi feita uma avaliação qualitativa da situação ecológica das margens da bacia hidrográfica da Barragem dos Pequenos Libombos.

Para tal, o trabalho do campo consistiu na realização de inquéritos e observação visual na faixa dos 250 metros, a faixa de protecção onde em princípio não se deveria desenvolver nenhuma actividade.

Para a quantificação de fósforo foram colhidas amostras de solos de diferentes locais seleccionados dentro da faixa dos 250 metros, na coluna de água dos principais rios afluentes (Calichane e Umbelúzi), na Albufeira e no sedimento da Albufeira.

Constatou-se que, não há cumprimento da faixa de protecção, verificando-se uma ocupação de extensas áreas para agricultura e nalguns casos, o uso de fertilizantes e pesticidas na margem Sul da Albufeira dos Pequenos Libombos e uma expansão populacional na margem Sul da Albufeira que podem contribuir no transporte de nutrientes para o corpo de água.

Constatou-se ainda que a agricultura e o assentamento populacional são as principais fontes pontuais de fósforo que podem ter um impacto no aumento de fósforo na Albufeira.

Constatou-se que há uma elevada concentração de P-ortofosfato na zona habitacional (2,53 mg de P/100 g de solo) e nas machambas quer com uso assim como sem uso de fertilizantes e as baixas concentrações foram encontradas na zona sem actividades humanas (0,88 mg de P/100 g de solo).

Em relação ao P-total no solo, foi verificada a concentração mais elevada na zona sem actividades humanas na margem Norte da Albufeira (57,18 mg de P/100 g de solo) seguida da zona habitacional na margem Sul da Albufeira com (40,49 mg de P/100 g de solo) e por fim as machambas com fertilizantes também da margem Sul da Albufeira com (34,24 mg de P/100 g de solo). As concentrações mais baixas (14,82 mg de P/100 g de solo), foram encontradas na machamba sem fertilizantes na margem Norte da Albufeira.

Foi também verificada uma entrada de concentrações elevadas de fósforo (90,30 µg/l e 258,78 µg/l) para a Albufeira dos Pequenos Libombos através do rio Umbelúzi.

Pelos resultados obtidos de fósforo no sedimento, foi possível dividir a área da Albufeira em três zonas, tendo se constatado que a % mais baixa de fósforo no sedimento (2,05%) foi encontrada na boca do rio Calichane e a % mais alta de fósforo no sedimento (8,03%) foi encontrada na boca do rio Umbeluzi e (9,05%) perto das comportas da Barragem.

O estado trófico actual da Albufeira dos Pequenos Libombos é mesotrófico baseando no modelo da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD).

Ressalta-se a necessidade da demarcação e cumprimento da faixa de segurança nas margens da Albufeira dos Pequenos Libombos.

ÍNDICE

Pág.

1.	Introdução.....	1
1.1	Revisão bibliográfica.....	5
1.2	A eutroficação dos lagos.....	5
1.3.	Causas da eutroficação.....	5
1.4.	Consequências da eutroficação.....	8
1.5.	Como prevenir a eutroficação.....	9
2.	Objectivos.....	10
3.	Metodologia.....	11
3.1	Área de Estudo.....	11
3.2.	Material e Equipamento	14
3.3.	Amostragem	15
3.3.1	Avaliação do plano de ocupação.....	15
3.3.2	Inquéritos.....	15
3.3.3.	Observação visual.....	15
3.3.4.	Amostragem e análise dos solos das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos.....	16
3.3.4.1.	Análise laboratorial.....	17
3.3.5.	Amostragem e análise do fósforo na água.....	18
3.3.5.1.	Análise laboratorial.....	18
3.3.6.	Amostragem e análise do sedimento.....	20
3.3.6.1.	Análise laboratorial.....	20
4.	Análise de dados.....	20
5.	Resultados.....	23
5.1	Nível de ocupação das margens da Albufeira dos Pequeno Libombos..	23
5.2	Avaliação do fósforo no solo.....	28
5.2.1	Fósforo disponível.....	28
5.2.2:	Fósforo total.....	29
5.3.	Determinação do fósforo na água dos rios Calichane e Umbeluzi e na coluna de água da Albufeira dos Pequenos Libombos.....	31
5.4.	Determinação do fósforo no sedimento.....	33
6.	Discussão.....	34
6.1.	Avaliação da ocupação das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos.....	34
6.2	Avaliação de fósforo nos solos.....	36
6.3.	Quantificação de fósforo nos principais afluentes e na coluna de água da Albufeira dos Pequenos Libombos.....	39
6.4.	Fósforo no sedimento.....	42
6.5.	Alterações ecológicas do aumento de fósforo.....	45
7.	Conclusões.....	49
8.	Recomendações.....	50
9.	Referências bibliográficas.....	52

1. INTRODUÇÃO

A construção da Barragem dos Pequenos Libombos, é típica do que actualmente tem acontecido em muitos países em desenvolvimento.

A proliferação de lagos artificiais nas últimas décadas, quer para fins de gerar energia como para irrigação, é uma das características do "processo de desenvolvimento" no mundo e mais ainda nos chamados países em desenvolvimento (Odingo, 1979).

Estes grandes projectos tem sido assumidos pelos economistas como as melhores soluções para os problemas do sub-desenvolvimento em muitos países (Odingo, 1979).

No caso da Barragem dos Pequenos Libombos, que resultou na formação de um lago artificial (Mussagy, 1990 e Hatton *et al*, 1993), foi construída com os seguintes objectivos:

- Abastecimento de água á cidade de Maputo, Matola, Machava e arredores tendo em conta a sua crescente população.
- Fornecer água para os projectos de irrigação das actividades agrícolas nos vales de Umbelúzi e Tembe.
- Gerar energia hidro-eléctrica para abastecer as áreas circunvizinhas.
- Controlar as cheias de modo a proteger e melhorar as actividades agrícolas na planície de inundação, situada á jusante da barragem.

Pelos diferentes usos acima citados, esta barragem pode ser considerada uma barragem de usos múltiplos.

Experiências em outras regiões mostraram que para assegurar a sua longevidade, barragens de usos múltiplos devem ser adequadamente planificadas tendo em conta de entre outros aspectos, precaução contra a rápida sedimentação, eutroficação e outras formas de poluição (Odingo, 1979).

O crescente aumento da entrada de sedimentos e nutrientes, tem acelerado o processo de eutroficação de muitos lagos a nível mundial e as mudanças ecológicas que deveriam ocorrer em milhares de anos, têm ocorrido em apenas algumas décadas (Odingo, 1979 e Moreau, 1997).

A eutroficação em lagos tropicais e sub-tropicais tem sido pouco estudada em comparação com a dos lagos temperados. Contudo, alguns exemplos como o reservatório de Hartbeespoort na África do Sul (Talling e Lemoalle, 1998); Kamburu e Gtaru no Quênia (Odingo, 1979); lago Mcllwaine no Zimbabwe (Ryding e Rast, 1989) e lago Vitória no Uganda, Tanzania e Quênia (Lehman, 1998) evidenciam um aspecto crítico nos ecossistemas aquáticos tropicais.

De entre as várias causas de eutroficação, o crescimento da população associado ao desenvolvimento urbano, agrícola e industrial são os que tem levado a deposição de resíduos em grande escala, para os ambientes aquáticos (Persson e Jansson, 1985; Ryding e Rast, 1989).

Resíduos domésticos e industriais, fertilizantes comerciais e de origem animal usados na agricultura são ricos em nitrogénio e fósforo e estes entram nos corpos de água por via superficial ou escoamento subterrâneo. O fósforo tem sido reconhecido como o principal nutriente limitante á produção nos lagos e uma carga excessiva de fósforo, pode afectar o estado trófico do corpo de água recipiente (Moss, 1988 e Wetzel, 1993).

Vários estudos foram já realizados na Albufeira dos Pequenos Libombos com o objectivo de avaliar as suas condições ecológicas. De entre estes, pode se citar os trabalhos de Mussagy (1990), Obrovac (1994), Chonguiça (1995), Pettersson (1995), Mussagy (1997), Muando (2000) e Seródio (2001).

Todos estes estudos concluíram que a Albufeira dos Pequenos Libombos é vulnerável ao fenómeno de sedimentação e eutroficação e que alterações resultantes dos distúrbios inflingidos pelo Homem na bacia de drenagem podem resultar num grande aumento de exportação de sedimento e nutrientes para a Albufeira.

Com o desenvolvimento agrícola na zona, onde a população local frequentemente faz o abate de árvores, existe o perigo de contaminação do solo e das águas da Albufeira por fertilizantes e pesticidas, visto não haver um sistema de controle do seu uso, os tipos e as quantidades aplicadas (Pires, 1994).

À montante da Albufeira dos Pequenos Libombos, está planificada uma área de regadio de 13.680 hectares para o cultivo de milho, trigo, amendoim, batata, cebola e hortaliças e foi planificada igual área de regadio á jusante (Robelus, 1984).

O controlo de erosão na bacia de drenagem associado aos actuais programas de reflorestamento e conservação dos solos são também necessários, de forma que no final, todo o esforço deve ser feito para produzir um lago artificial o qual seja "ecologicamente estável" (Odingo, 1979).

A atenção não só deve ser posta ao lago mas também á bacia de drenagem apartir da qual os rios correm e alimentam a Albufeira (Odingo, 1979).

Com a construção de uma barragem, ocorrem muitas mudanças ambientais onde as inundações lideram a deposição de materiais que são transportados através dos rios para a Albufeira (Ross, 1947).

O presente estudo foi realizado um ano após um acontecimento climático não frequente, "as inundações de Fevereiro e Março do ano 2000" que afectaram o país com mais incidência nas bacias de Umbelúzi e do Limpopo. Particularmente, as precipitações ocorridas no ano 2000, inundaram por completo a Albufeira dos Pequenos Libombos e toda a bacia hidrográfica da Barragem trazendo consigo grandes quantidades de sedimento e nutrientes para a Albufeira.

As elevadas precipitações, tiveram um forte impacto no transporte de materiais suspensos e sedimento para a Albufeira assim como quantidades elevadas de nutrientes como o fósforo e nitrogénio trazidos pelos principais afluentes (Calichane e

Umbelúzi) e das terras agrícolas em redor da Albufeira como consequência da inundação (Muando, 2000).

O aumento de nutrientes como o fósforo, pode acelerar o processo de eutroficação já visível na Albufeira dos Pequenos Libombos (Mussagy, 1990; Hatton *et al.*, 1993 e Muando, 2000).

O processo de eutroficação pode diminuir o valor ecológico e comercial da Albufeira pondo em risco a utilização da água, para o consumo público, um dos principais objectivos deste empreendimento.

Uma estimativa mostrou que a cidade de Maputo e arredores estão dependentes do abastecimento de água da Barragem dos Pequenos Libombos, sendo de grande importância manter uma boa qualidade de água na Albufeira (Robelus, 1984).

Tendo em conta que o lago, a sua bacia de drenagem e seus afluentes formam uma unidade ecológica com influências mútuas, este trabalho pretende fazer uma avaliação da bacia de drenagem da Albufeira dos Pequenos Libombos no que refere ao nível de cumprimento da faixa de protecção decretada na lei de terras segundo a qual:

"O limite de protecção admissível da margem de uma Albufeira é de 250 metros".

Pretende também avaliar a carga actual externa e interna de fósforo na Albufeira dos Pequenos Libombos.

1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2. A eutroficação dos lagos

1.3. Causas de eutroficação

A eutroficação é o aumento da condição trófica dos lagos, e tem sido considerada uma das formas mais sérias de distúrbio antropogénico para os ecossistemas aquáticos (Lampert e Sommer, 1997).

Actualmente existe quase um consenso de que a maior causa para a eutroficação tem sido o incremento da carga de nutrientes, particularmente o fósforo. Tal incremento antropogénico da carga de nutrientes tem mesmo conduzido a eutroficação de grandes lagos tais como lago Erie (25.800 km²) e o lago Ontário (24.500 km²) (Lampert e Sommer, 1997).

Uma avaliação recentemente realizada em Uppsala, Suécia sobre os efeitos negativos causados nos ecossistemas aquáticos por influência antropogénica concluiu que dos 108 lagos estudados, 50 deram indicação de possuírem uma carga elevada de fósforo e 4 mostraram uma severa eutroficação ($> 100 \text{ mg PO}_4^{3-} - \text{P}_{\text{total}}$) (Brunberg e Blomqvist, 2001).

Na África, o lago Mcllwaine no Zimbabwe (Ryding e Rast, 1989); a Albufeira de Hartbeespoort na África do Sul (Talling e Lemoalle, 1998), lago Victória no Uganda, Kénia e Tanzania (Lehman, 1998) são os casos de eutroficação antropogénica severa mais reportados, sendo as causas de eutroficação destes lagos, o despejo de resíduos domésticos, as práticas de agricultura nas bacias de drenagem e outras pressões exercidas pelo crescente aumento da população.

Hinton *et al*, (1992) citado por Brunberg e Blomqvist (2001) referiu que as fontes de fósforo que geram a eutroficação antropogénica nos sistemas aquáticos dependem de uma série de actividades humanas.

O aumento de águas residuais, a introdução de detergentes contendo fosfatos, o aumento do uso de fertilizantes e a erosão das margens nas bacias de drenagem são as maiores causas para o aumento da carga de nutrientes, com destaque para o fósforo (Persson e Jansson, 1985).

As mais importantes são as fontes pontuais que incluem as descargas de resíduos domésticos e industriais contendo entre outros materiais, os detergentes usados na limpeza. As fontes não pontuais geralmente são associados às actividades agrícolas praticadas nas bacias de drenagens. Estes podem assumir uma grande importância dependendo da intensidade do uso de fertilizantes (Brunberg e Blomqvist, 2001).

A agricultura é considerada a outra maior fonte de fósforo, quer proveniente dos fertilizantes químicos aplicados para aumentar a produção quer a partir de resíduos animais (Ryding e Rast, 1989).

Perkins e Lockett (1943) citados por Persson e Jansson (1985), calcularam que um adulto normalmente excreta 1.3 – 1.5 g de fósforo por dia e este valor pode aumentar se se adicionar a quantidade de fósforo contido nos detergentes usados na limpeza diária.

Por exemplo, na Dinamarca a quantidade de fósforo aplicada nas terras agrícolas pelo uso de fertilizantes químicos e resíduos animais, aumentaram de aproximadamente 9 kg/ha/ano em 1900 para aproximadamente 42 kg/ha/ano em 1985 (Persson e Jansson, 1985).

Existe uma grande variação de contribuição de fósforo escoado a partir das terras agrícolas. Na Suécia por exemplo Ahl e Oden (1975) citados por Persson e Jansson (1985), calcularam que a perda de fósforo nas terras agrícolas era de 0,4% do total de fósforo aplicado pela fertilização química quer pelos resíduos animais.

Na Suíça, Gahchter e Funer (1972) citados por Persson e Jansson (1985) calcularam que a perda era entre 0,7 a 1,9%.

Na Noruega, Berg *et al* (1979) citado por Persson e Jansson (1985), reportaram um valor de 2,5% de fósforo perdido para os ambientes aquáticos a partir dos fertilizantes.

O papel dos sedimentos na dinâmica do ciclo de fósforo entre o sedimento e a coluna de água tem sido um aspecto de particular interesse nos sistemas aquáticos eutróficos (Ryding e Rast, 1989).

Uma fracção substancial de fósforo importado para os lagos, é retido nos sedimentos, assim os sedimentos actuam como um reservatório interno de nutrientes (Persson e Jansson, 1985).

Nos lagos com uma carga interna de fósforo, onde os sedimentos com o tempo se tornaram ricos em fósforo, a libertação de fósforo dos sedimentos pode exceder o fluxo externo de fósforo, especialmente quando o hipolímnio dos lagos se torna anóxico o que ocorre em muitos lagos em condições de estratificação térmica (Brönmark e Hansson, 2001).

Na fase inicial da eutroficação dos lagos, a remobilização do fósforo é quase sempre retardada pela absorção e ligação química do fósforo com os sedimentos, entretanto a libertação do fósforo dos sedimentos pode-se tornar significativa quando os sedimentos ficam saturados de fosfatos (Persson e Jansson, 1985).

A importância do fósforo como o nutriente mais importante no processo de eutroficação, tem sido demonstrado em vários estudos (Wetzel, 1993).

Moss (1969) citado por Moss (1988), reportou que o fósforo era o factor limitante para muitos lagos na África Central baseado em estudos de bioensaios com algas.

Lindmark (1979) citado por Moreau (1997), mostrou que o fósforo era o factor limitante ao crescimento das algas no lago Paranoá no Brasil.

Melack *et al* (1982) citado por Talling e Lemoalle (1998), em experiências de fertilização da população natural de algas colhidas em vários lagos de África Equatorial também concluiu que o fósforo era o factor limitante da biomassa de algas.

Thornton e Nduku (1982) citados por Talling e Lemoalle (1998), reportaram que o fósforo era o factor limitante no lago Mcllwaine no Zimbabwe.

Mussagy (1997), realizou experiências de fertilização "in situ" na Albufeira dos Pequenos Libombos e também concluiu que o fósforo era o factor limitante á produção de algas portanto, o aumento significativo de fósforo levaria a um aumento de produtividade das algas.

1.4. Consequências da eutroficação

A eutroficação conduz ao desenvolvimento massivo de algas, particularmente as algas verdes-azuis (cyanobactérias), que tendem a formar uma densa camada á superfície dos lagos denominado por "bloom de algas" (Brönmark e Hansson, 2001).

Algumas algas que se desenvolvem na altura do "bloom" produzem toxinas como produtos metabólicos secundários. Alguns géneros de cyanobactérias como *Anabaena*, *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Cilindrospermopsis*, são as algas que mais dominam nos "blooms aquáticos" (Lampert e Sommer, 1997).

Tem sido notório o desenvolvimento de cyanobactérias na Albufeira dos Pequenos Libombos desde a sua formação (Mussagy, 1990; Muando, 2000 e Seródio, 2001).

As cyanobactérias excretam compostos orgânicos criando odores e sabores desagradáveis a água, aumentando os custos de tratamento de água, particularmente a água de abastecimento público (Robelus, 1984 e Pires, 1994).

O desenvolvimento de florações de macrófitas aquáticas é uma outra consequência do processo de eutroficação (Brönmark e Hansson, 2001).

Nos lagos eutróficos regista-se também o aumento do consumo de oxigénio no processo de decomposição de uma carga elevada de matéria orgânica, levando muitas águas à condição de anoxia nas zonas profundas dos lagos. Condições de anoxia reduzem a fauna bentónica não adaptada a viverem nestas condições, assim como desencadeiam uma série de processos químicos e microbiológicos culminando com a formação de gases tóxicos como metano e sulfureto de hidrogénio (Lampert e Sommer, 1997).

1.5. Como prevenir a eutroficação

O fósforo é geralmente considerado o factor limitante para a produtividade das algas nos lagos, este nutriente tem sido apontado como o principal determinante no processo de eutroficação (Ryding e Rast, 1989).

O melhor método de lutar contra a eutroficação antropogénica é a prevenção do fluxo externo do fósforo, e por isso é importante conhecer as maiores fontes de fósforo na bacia hidrográfica e a forma em que este fósforo entra nos ecossistemas aquáticos (Ryding e Rast, 1989).

Várias técnicas existem para a redução de entrada de fósforo nos lagos como por exemplo a construção de sistemas de tratamento de resíduos domésticos e industriais com vista a redução da carga orgânica e dos nutrientes. Os resíduos fecais podem ser tratados e utilizados na fertilização ao invés de estes serem lançados directamente nos lagos e rios.

Grandes esforços tem sido realizados com vista a redução de fósforo nos detergentes. Por exemplo, no Canadá o limite de fósforo nos detergentes é de 2,2% por peso, na Suíça não é permitida nenhum fósforo nos detergentes (Ryding e Rast, 1989).

Na maioria dos Estados Americanos, o limite máximo de fósforo possível nos detergentes é de 0.5% por peso (Ryding e Rast, 1989).

A fertilização em terras agrícolas continua a ser presentemente um problema sério, e muito tempo será necessário para se mudarem as práticas agrícolas comuns.

O manejo sustentável dos lagos deve incluir todos os possíveis distúrbios na bacia de drenagem, tendo em conta as perspectivas históricas, é importante considerar a bacia de drenagem na sua totalidade como uma unidade sobre o ponto de vista hidrológico.

2. OBJECTIVOS

- Determinar o nível de ocupação actual das terras na faixa dos 250 metros da margem da bacia hidrográfica da Albufeira dos Pequenos Libombos.
- Determinar os níveis de fósforo nos solos de algumas áreas seleccionadas (Machamba sem fertilizantes e uma zona tipo savana aberta na margem Norte, uma machamba sem fertilizantes, uma machamba com fertilizantes e na zona habitacional na margem Sul) na faixa dos 250 metros da margem da Albufeira dos Pequenos Libombos.
- Quantificar os níveis de fósforo nos dois principais rios que afluem na Albufeira dos Pequenos Libombos (Umbelúzi e Calichane).
- Determinar os níveis de fósforo na coluna de água e no sedimento da Albufeira dos Pequenos Libombos.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de Estudo

A Barragem dos Pequenos Libombos foi construída entre os anos de 1983 e 1987, na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Umbelúzi e recebe água dos rios Umbelúzi e Calichane (Mussagy, 1990).

Localiza-se no distrito de Boane a 35 km da cidade de Maputo e a 5 km da vila sede do distrito de Boane entre as latitudes 25° 40' e 26° 20' S e entre as longitudes 32° 12' e 32° 20' E (Mussagy 1990, Hatton *et al.* 1993 e Obrovac 1994). Mapa da fig.1

Estima-se que a parte Moçambicana, na bacia de drenagem contém uma área total de 32.400 hectares adequados à irrigação. Desta área, 17.600 hectares estão localizados a montante da barragem e 3.300 hectares estão localizados nas áreas a jusante da barragem dentro da principal planície de irrigação e os restantes 11.500 hectares estão localizados na bacia hidrográfica secundária do rio Moveve (Nombora e Novela, 1993).

A Barragem dos Pequenos Libombos cobre parcialmente a depressão inter-Libombos entre os Grandes Libombos e os Pequenos Libombos e tem as seguintes características morfológicas segundo Mussagy (1990) e Pettersson (1995).

Área = 38 - 42 km²

Volume total da reserva = 307 - 386 milhões de m³

Profundidade média = 10.5m

Nível médio das águas = 47m

Área máxima de armazenamento = 43 km²

Entradas médias de água = 7m³/s (valor estimado)

Saídas máxima das águas = 4m³/s (valores estimadas)

Tempo médio de retenção das águas = 1.3 anos

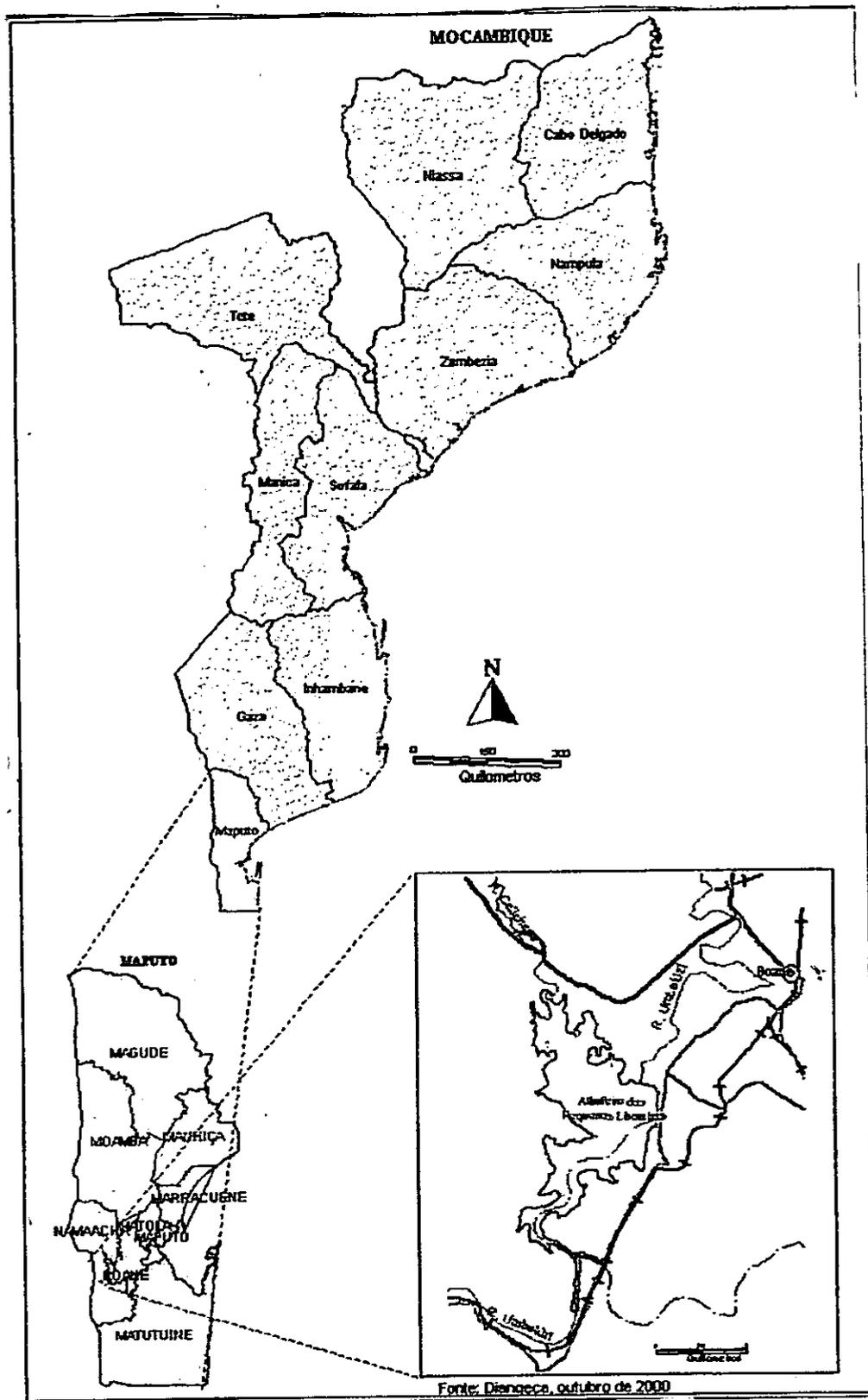


Figura 1: Mapa da localização da área de estudo

Fonte: Muando, 2000

A Barragem dos Pequenos Libombos é um lago artificial, da região tropical onde as estações chuvosas são curtas e o pico da pluviosidade é alto (Mussagy, 1990 e Obrovac, 1994).

A estação quente e chuvosa, estende-se desde Outubro a Março e a estação seca e fria, estende-se de Abril a Setembro. Os maiores picos de chuvas, registam-se nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro com as médias de 86.2, 138.1 e 113.2mm respectivamente. O mês de Agosto é que regista o valor mais baixo com a média de 13.5mm (Miambo, 1996).

Ao longo do ano, a temperatura média é de 23°C. O mês mais quente é de Janeiro com a temperatura média de 26.7°C e os meses mais frios são Junho e Julho com uma temperatura média de 18.1°C. (Obrovac 1994, Chonguiça 1995 e Miambo 1996).

Os solos na bacia do Umbelúzi são do tipo Leptosolos, Luvisolos e Lixisolos. Solos aluvionais podem ser encontrados ao longo dos canais dos principais rios. Os tipos de solos dominantes são os Fluvisolos e Leptosolos (Obrovac, 1994).

Grupos de solos dominantes em volta da Albufeira dos Pequenos Libombos são Lixisolos e Leptosolos, todos bastante sensíveis à erosão. Os Lixisolos, são caracterizados pela erodibilidade quando a sua superfície está exposta ao impacto directo da chuva. Estes são solos altamente secos, com baixas reservas e disponibilidades de nutrientes (Obrovac, 1994).

Visto que a Albufeira está localizada na bacia de sedimentação inter-Libombos, sofre o efeito do escoamento do sedimento e de muitos solos (Obrovac, 1994).

A ocupação da bacia hidrográfica de Umbelúzi, é já apreciável quer no campo agrícola, quer no da pecuária. Os centros populacionais mais importantes são: Boane, Umbelúzi, Namaacha e Goba (Santos e Mangue, 1991).

3.2. Material e Equipamento

Fichas de Inquéritos

Canetas e Marcadores permanentes

Etiquetas

Fita métrica

Pá

4 estacas

200 sacos plásticos de 1 kg e 20 sacos plásticos de 10 kg

4 caixas de cartolina e 1 caixa térmica

Crivo de 4 mm

Balança analítica Mettler PM 200

Homogeneizador eléctrico GFL Eijkelkamp 3015

Aparelhagem de medição de pH

Bloco de digestão BUCHI 435

Frascos de 250 e de 1000ml

Colector Van Dorm

Colector Van Veen

Um balde

Espectrofotómetro Perkin ELMER

Papel de filtro Whatmen GFF 42

Papel absorvente

Suportes e Tubos de ensaios

Esguicho de água destilada

Espátulas

Bacias Plastimex

Funis

Balões volumétricos

Balões e Copos Erlenmeyer

Buretas, Pipetas e Provetas

Balões e Tubos de digestão

Produtos químicos diversos para análise de PO_4^{3-} -P e P-total dos solos e da água.

3.3. Amostragem

3.3.1. Avaliação do plano de ocupação

O trabalho de campo consistiu de duas componentes: Realização de inquéritos e observação visual no campo.

3.3.2. Inquéritos

Nesta componente sócio-cultural, utilizou-se a metodologia do diagnóstico participativo onde fez-se uma amostragem nos terrenos distribuídos ao longo das margens da bacia hidrográfica da Barragem dos Pequenos Libombos na faixa dos 250 metros.

Para uma avaliação exaustiva do plano de ocupação das margens da bacia hidrográfica da Albufeira dos Pequenos Libombos foi escolhida a faixa dos 250 metros, como faixa de protecção onde não se deve desenvolver nenhuma actividade segundo a lei de terras (in Boletim da República, 1997, I SÉRIE nº 40 Artigo 8).

As entrevistas foram idênticas para todos os inquiridos (elementos da população e gestores de infra-estruturas agrícolas) e foram conduzidas com a ajuda de um inquérito fácil de compreender e de responder (Anexo 1).

3.3.3. Observação visual

Na observação visual (componente ecológica), foram percorridas as faixas das margens da Albufeira na direcção do rio Umbelúzi até à aldeia 25 de Junho, bairro Mahanhane a Sul da Albufeira e na direcção do rio Calichane a Norte da Albufeira.

Foi feita uma avaliação qualitativa da situação ecológica das margens da bacia hidrográfica da Barragem dos Pequenos Libombos através de caminhadas pelas picadas ao longo das margens da bacia dentro da faixa dos 250 metros onde se fez uma apreciação dos efeitos do nível de ocupação das terras e a identificação das

actividades desenvolvidas ao longo das margens da bacia hidrográfica da Barragem dos Pequenos Libombos.

Os resultados obtidos nesta observação foram registados e serviram de base para a elaboração do mapa de ocupação da faixa de 250 metros nas margens da Albufeira dos Pequenos Libombos.

3.3.4. Amostragem e análise dos solos das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos

A amostragem dos solos foi feita em Março de 2001, dentro da faixa dos 250 metros da margem da Albufeira. A escolha do local de amostragem foi feita com base no tipo de actividade desenvolvida em cada zona agrícola com o uso ou não de fertilizantes e pesticidas, área habitacional e área não ocupada pelo homem, informações obtidas durante os inquéritos e observação visual.

Foram escolhidas 5 áreas de amostragem das quais, três do lado do rio Umbelúzi a Sul da Albufeira e duas do lado do rio Calichane, a Norte da Albufeira.

Da margem Sul da Albufeira, foram escolhidas 3 áreas de amostragem. Uma machamba onde o inquirido declarou não usar fertilizantes nem pesticidas, uma machamba onde o inquirido declarou usar fertilizantes químicos e pesticidas (herbicidas, insecticidas e fungicidas) e uma zona habitacional (aldeia 25 de Junho, bairro Mahanhane) e na margem a Norte, foram escolhidas, 2 áreas de amostragem, uma machamba onde também o inquirido declarou não usar fertilizantes e uma zona tipo Savana aberta onde não se desenvolve nenhuma actividade humana.

Para a tomada das amostras foram feitos transectos de 80 metros de comprimento e 40 metros de largura com a ajuda de estacas ao longo e paralelos á margem. O procedimento foi repetido para todas 5 áreas seleccionadas representando assim diferentes zonas de acordo com a actividade desenvolvida e situação ecológica.

Foram feitos 3 transectos em cada local de amostragem escolhido dentro da faixa dos 250 metros da margem da Albufeira e com ajuda de uma pá plana foram colhidas 20 amostras individuais em cada transecto para os sacos plásticos. Segundo Jackson (1964), são aconselhadas 20 a 30 amostras por transecto.

As amostras foram colhidas a uma profundidade de 0 a 30 cm (profundidade onde se encontra o sistema radicular de muitas culturas herbáceas) e foram devidamente etiquetadas e colocadas num plástico médio para formar uma amostra composta, representativa de cada transecto segundo Jackson (1964) e Andersson e Ingran (1993).

A amostragem obedeceu o sistema de colecta em zigue-zague segundo Jackson (1964) nos pontos indicados com a letra "S" representado no anexo 2.

3.3.4.1. Análise laboratorial

Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, fósforo disponível e fósforo total.

Para cada amostra foram analisadas 3 réplicas.

Foi feita a secagem das amostras no laboratório de carência da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal a temperatura ambiente durante dois dias e depois feita a crivagem com ajuda do crivo de 4mm e por fim conservadas em frascos.

Com ajuda de um pH-metro, determinou-se o pH do solo para orientar na escolha do método a usar na determinação do fósforo (Houba *et al.*, 1989).

A determinação do fósforo disponível no solo foi feita no espectrofotómetro a 880nm seguindo o método de Olsen's descrito no manual "Métodos de Análises Química e Física dos Solos" (Houba *et al.*, 1989).

A determinação do fósforo total no solo foi feita no espectrofotómetro a 880nm pelo método azul molibdato depois da digestão das amostras com H_2O_2 , HNO_3 e H_2SO_4 .

concentrados. Este método é descrito no manual "Methods for Soil Analysis" (Analytical Methods) descritos por Anderson e Ingran (1993).

3.3.5. Amostragem e análise de fósforo na Água

A amostragem da água foi feita em Abril na Albufeira dos Pequenos Libombos e nas bocas dos principais rios Umbelúzi e Calichane, que afluem na Albufeira.

A amostragem da água para análise de fósforo disponível e total, foi aleatória ao longo da Albufeira dos Pequenos Libombos como também nos dois principais rios (Umbelúzi e Calichane) que afluem na bacia da Barragem dos Pequenos Libombos nos locais indicados com o sinal (*) no mapa, fig. 2.

Para a amostragem da água, foi usada a garrafa Van Dorm e um balde onde foram misturadas águas de diferentes profundidades (0, 5, 10, 15, e 20 metros) para se obter uma amostra representativa dos diferentes extratos ao longo da coluna de água.

Foram colhidas 10 amostras na boca do rio Umbelúzi, 10 amostras na boca do rio Calichane e 20 amostras ao longo da Albufeira.

As amostras foram colectadas em frascos de um litro e transportadas para o laboratório de Ecologia do Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências da UEM, onde foram analisadas no mesmo dia da colheita.

3.3.5.1. Análise laboratorial

Para a determinação do ortofosfato, as amostras da água foram filtradas com a ajuda do papel de filtro Whatmen GFF, para eliminar todos sólidos particulados presentes na amostra.

Para o fósforo total, as amostras não foram filtradas. A determinação do P-ortofosfato e do P-total foi feita no espectrofotómetro a 880nm pelo método molibdato após a

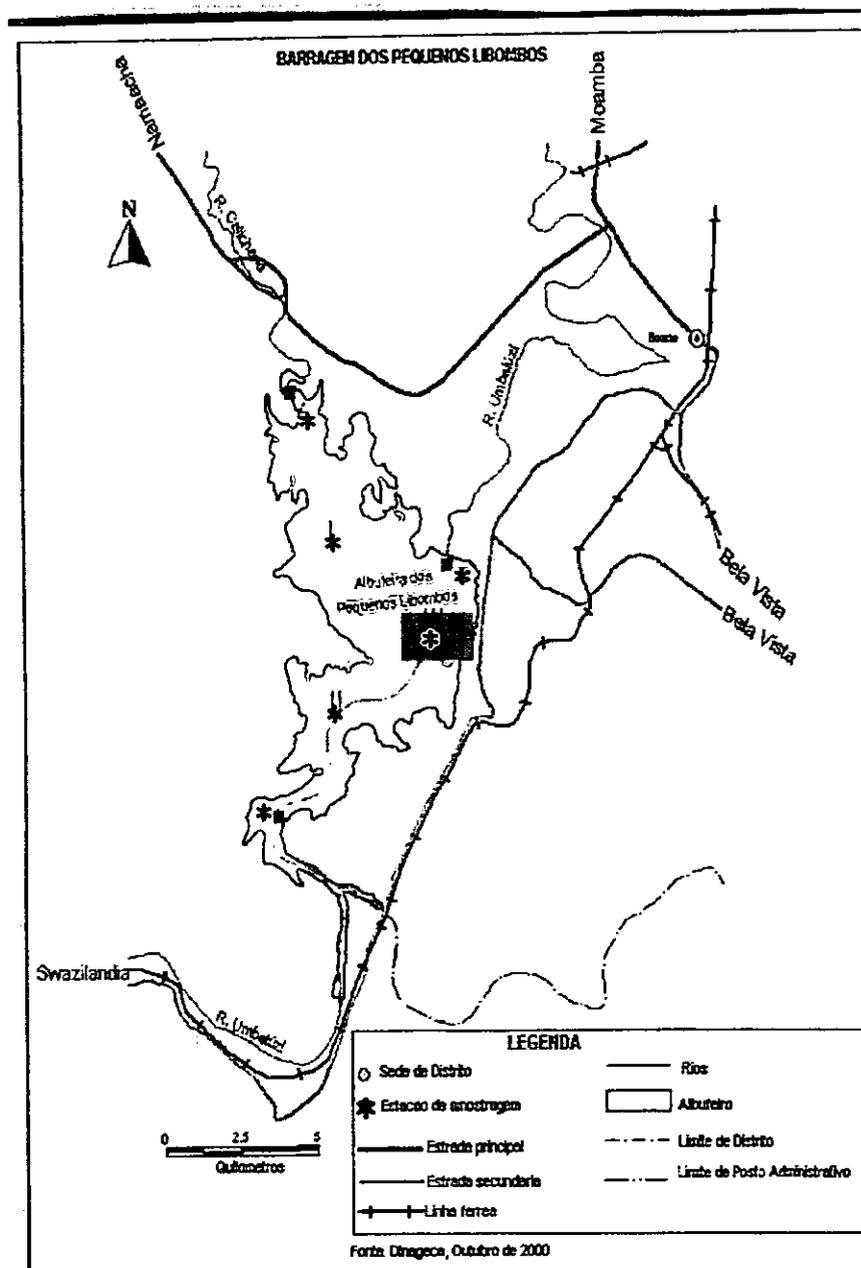


Figura 2: Mapa da localização dos pontos de amostragem da água e do sedimento na Albufeira dos Pequenos Libombos e nas bocas dos rios Umbelúzi e Calichane.

Adaptado de Muando, 2000

digestão das amostras, (só para o fósforo total) método descrito no manual "Métodos de análisis del Água e Sédimento" por Ahlgren e Ahlgren (1976).

Para cada amostra foram analisadas 3 réplicas.

3.3.6. Amostragem e análise do sedimento

A amostragem do sedimento foi feita no mês de Maio ao longo da Albufeira dos Pequenos Libombos nos locais da amostragem da água da Albufeira nas zonas indicadas no mapa, fig.2.

Para esta amostragem foi usado o colector Van Veen e foi feita aleatoriamente ao longo da Albufeira. A amostragem abrangeu uma profundidade entre 0 a 10 cm do sedimento.

Foram colhidas 20 amostras no total.

3.3.6.1. Análise laboratorial

Depois de colhidas, as amostras foram levadas para o laboratório de Ecologia do Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências da UEM onde foram conservadas no frio a temperatura de 4°C.

A determinação do fósforo no sedimento (% de peso seco) foi feita no espectrofotómetro a 880nm pelo método molibdato após a digestão das amostras com H_2SO_4 e $HClO_4$ concentrados e H_2O_2 , método descrito por Ahlgren e Ahlgren (1976).

Para cada amostra foram analisadas 3 réplicas.

4. ANÁLISE DE DADOS

Os resultados dos inquéritos, valores de resultados das análises de fósforo nos solos, do fósforo na água e do fósforo no sedimento foram registados em tabelas.

Para análise dos resultados de fósforo, foram calculadas as médias e o desvio padrão e foram representados graficamente usando os valores médios de cada local de amostragem.

A concentração dos nutrientes foi obtida através das suas concentrações médias obtidas durante o período da amostragem e análise laboratorial e calculada de acordo com Ahlgren e Ahlgren (1976).

Foi feita a comparação estatística das cinco estações de amostragem dos solos utilizando-se o teste estatístico Kruskal-Wallis para o P-ortofosfato (Fowler e Cohen, 1990) e Siegel e Castellan, 1988).

O P_{total} das cinco estações de amostragem dos solos assim como para o P-ortofosfato e P-total na água dos principais rios afluentes (rio Umbelúzi e rio Calichane), foi analisado com base no teste estatístico Mann-Whitney (Fowler e Cohen, 1990 e Siegel e Castellan, 1988).

As análises estatísticas foram feitas no Programa Statistix e para a sua interpretação, foi usada a bibliografia, Fowler e Cohen (1990) e Siegel e Castellan (1988).

Foi calculada a concentração teórica (P_L) de fósforo total na Albufeira dos Pequenos Libombos usando as concentrações médias de P_{total} que aflui através dos principais rios afluentes (Calichane e Umbelúzi) usando a fórmula: (Ryding e Rast, 1989).

$$P_L = 1,55 [P_{in} / (1 + \sqrt{tw})]^{0,82}$$

Onde:

PL = Concentração teórica de fósforo total na Albufeira dos Pequenos Libombos.

Pin = Concentração de fósforo total dos rios tributários (Calichane e Umbelúzi).

Tw = Tempo de residência da água na Albufeira dos Pequenos Libombos.

O estado trófico da Albufeira dos Pequenos Libombos foi determinado usando o modelo da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD) (1982) (Ryding e Rast, 1989) (Tabela 7 anexo 9).

5. RESULTADOS

5.1. Nível de ocupação das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos

O nível de ocupação das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos particularmente na faixa dos 250 metros foi avaliado através de inquéritos e observação visual.

Os inquéritos realizados, dão indicação de que grande parte da área na faixa dos 250 metros, é ocupada pelas actividades agrícolas. As dimensões das parcelas variam de 4-30 hectares com o tempo de ocupação que varia de 3-14 anos. (Tabela 1).

Das medições feitas da margem até ao início das propriedades de exploração agrícola, verificou-se que a faixa mínima de ocupação é de "0" metros e a faixa máxima de ocupação é de 100 metros, estando todos dentro da faixa de protecção (Tabela 1).

Os ocupantes das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos não estão informados sobre a necessidade de proteger as margens e sobre a faixa de protecção decretada na lei de terras de acordo com as declarações dos inquiridos.

Foi constatado o uso quer de fertilizantes orgânicos como de fertilizantes químicos. As quantidades aplicadas não são quantificadas para os fertilizantes orgânicos e quanto aos fertilizantes químicos, as quantidades aplicadas segundo estimativas dos inquiridos, variam de 10-20 kg/ha e estes são aplicados na altura de preparação das terras para a nova cultura (Tabela 1).

Foi declarado também o uso de pesticidas (insecticidas, herbicidas e fungicidas) contudo, os inquiridos não precisaram as quantidades aplicadas tendo afirmado que as quantidades aplicadas dependem da gravidade da peste.

Tabela 1. Resultados do inquérito realizado aos ocupantes das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos, mostrando as áreas ocupadas, tempo de ocupação, distâncias do limite da margem até ao início das propriedades de exploração e tipo de exploração (tipo de actividade) como o uso ou não de fertilizantes e pesticidas.

Nome do entrevistado	Área Ocupada (ha)	Tempo de ocupação (anos)	Distância do limite da água (m)	Tipo de actividade													
				Agricultura				Pesticidas							Pecuária		
				Fertilizantes		Herbívora	Insecticida	Fungicida	Quant. (l)	Bovino	Ovino	Caprino	Suíno				
				Orgânico	Químico									Quant. (kg)			
A. J. Novela	10	7	35	X	-	-	-	-	-	-	-	0	10	15	0		
R. Mangué	9	3	45	-	X	20	-	X	X	?	?	0	0	0	0		
F. Magaia	4	5	70	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0		
E. M. Sítio	4	3	70	-	X	10	-	X	X	?	?	0	0	0	0		
A. M. Mondlane	7	3	15	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0		
A. Xavier	8	10	10	X	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	17		
Rojasse	8	6	15	-	X	20	-	X	X	?	?	0	0	15	0		
Chivambo	30	8	20	-	X	10	X	X	X	?	?	0	7	19	0		
Roberto M.	6	7	5	-	X	10	-	X	X	?	?	0	0	0	0		
José (aldeão)	0	8	35	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	5	3		
Isabel M. (aldeã)	0	10	20	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	2	0		
A. A. Mazivila	28	14	100	X	-	?	-	X	-	?	?	0	0	0	0		
A. Mathe	8	10	10	X	-	?	-	X	-	?	?	0	0	0	0		
Anónimo(aldeão)	4	6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0		

Legenda: - = Não usa fertilizantes nem pesticidas.

X = Usa fertilizantes e pesticidas.

? = Quantidades não especificadas.

ha = hectares e m = metros

Quant. = Quantidades em quilogramas (kg) para fertilizantes e em litros (l) para pesticidas.

No que diz respeito às actividades pecuárias, poucos inquiridos declararam possuírem gado. Contudo os que tem algumas cabeças, pastam longe das suas propriedades agrícolas, mas mantêm os currais junto às casas.

Os dejectos animais, são segundo os inquiridos usados nas machambas nalguns casos e noutros, amontoados em redor das propriedades.

Das observações feitas nas margens da Albufeira dos Pequenos Libombos na faixa dos 250 metros foi possível elaborar o mapa de ocupação apresentado na fig.3.

Da avaliação do plano de ocupação das margens da Albufeira na faixa dos 250 metros, verificou-se que a área é essencialmente agrícola, ocorrendo no entanto algumas faixas de floresta onde não se desenvolve nenhuma actividade junto ao empreendimento (Fig.3) e (Figs.17a e b e 18a e b anexo 11).

É nestas faixas onde se mantêm a vegetação nativa mostrando a predominância de espécies da Família das Fabáceae principalmente os géneros *Sesbânia*, *Dichrostachys* e *Acácia*.

Nas áreas agrícolas quer na margem Sul como na margem Norte a destruição da vegetação nativa e a sua substituição pelas culturas é assinalável.

São desenvolvidas actividades agrícolas de extensas áreas onde predominam culturas de ciclo curto como: O milho, a banana (Fig.12a anexo 11), o tomate, a cebola, o alho e a pimenta, em alguns casos com o uso de fertilizantes e pesticidas, particularmente na margem Sul da Albufeira.

Na margem Sul da Albufeira, ocorre ainda uma expansão populacional (zona habitacional) de construção de materiais locais e precárias (Fig.16a anexo 11), sem sistema de saneamento, que se resume na abertura de latrinas pouco profundas uma vez que os solos desta zona são rochosos (Fig.15a e b anexo 11). Verificam-se ainda

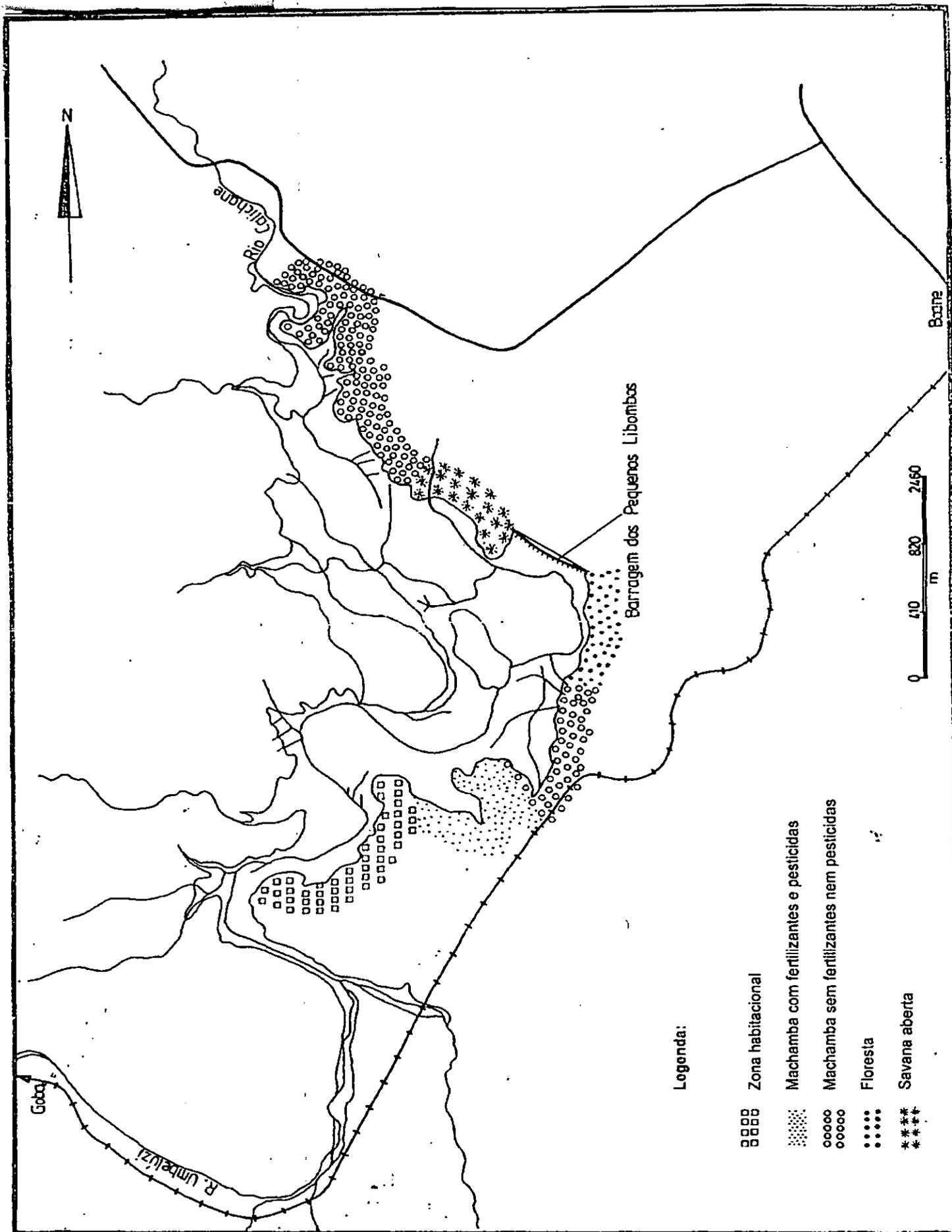


Figura 3 : Mapa que ilustra o nível de ocupação das margens da bacia hidrográfica da Albufeira dos Pequenos Libombos

comportamentos de defecação a céu aberto assim como lavagem de roupa (Fig.16b anexo 11) e despejo de águas com detergentes.

Não foram verificadas actividades pecuárias dentro da faixa dos 250 metros, ocorrendo contudo algumas criações de cabritos, galinhas, patos e de porcos na zona habitacional.

Em resultado das actividades agrícolas, nota-se um nível acentuado de erosão (Fig.13a e b anexo 11) junto às margens da Albufeira principalmente para as zonas da margem Sul onde se usa a tracção mecânica para a lavoura como para a pulverização. É ainda notória a erosão laminar como resultado da remoção da vegetação (Fig.13a e b anexo 11) e da escorrência das águas das chuvas provenientes das terras altas, principalmente na margem Sul da Albufeira transportando grandes quantidades do solo para o interior da Albufeira.

5.2. Avaliação do fósforo no solo

5.2.1. Fósforo disponível

Dos resultados da determinação do P-ortofosfato no solo, verifica-se que há uma elevada concentração de P-ortofosfato na zona habitacional (aldeia 25 de Junho, Bairro Mahanhane) (2.53 mg/100g de solo), como também nas machambas quer com uso de fertilizantes como nas machambas sem o uso de fertilizantes da margem Sul da Albufeira (1.37 mg P/100g solo e 1.28 mg P/100g solo) respectivamente e em relação às zonas localizadas a Norte da Albufeira (machamba sem fertilizantes e zona sem actividades humanas), com (1.27 mg de P/100g de solo e 0.88 mg de P/100g de solo) respectivamente (Tabela 2, anexo 3).

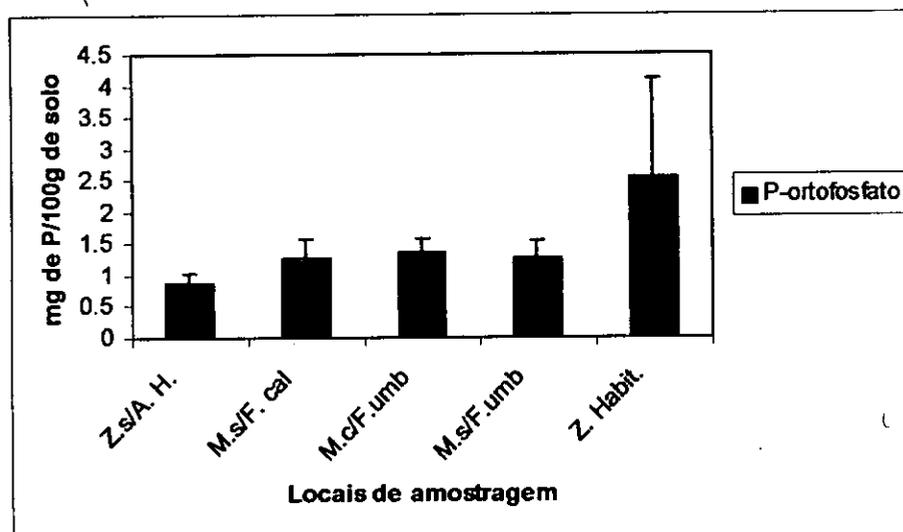


Fig.4 Concentrações médias de fósforo disponível no solo e desvio padrão, nas 5 zonas seleccionadas no estudo

Legenda:

Z.s/A. H. - zona sem actividades humanas na margem Norte.

M. s/F. cal - Machamba sem fertilizantes na margem Norte.

M.c/F. umb - Machamba com fertilizantes na margem Sul.

M.s/F. umb - Machamba sem fertilizantes na margem Sul.

Z. Habit. - zona habitacional na margem Sul.

Dos resultados do teste estatístico Kruskal-Wallis, verifica-se que o valor de "K" calculado (9,76) para o fósforo disponível no solo, excede o valor tabelado (9,49) e o valor de "P" (0,446) é menor que o nível de significância (0,05) e concluiu-se que, há uma diferença significativa entre as amostras.

5.2.2. Fósforo total

Dos resultados da determinação do P-total no solo, verifica-se que há uma concentração elevada na zona sem actividades humanas (57.18 mg P/100g solo) a Norte da Albufeira seguida da zona habitacional (40.49 mg P/100g solo) a Sul da Albufeira (Fig.5 e tabela 3, anexo 3).

A concentração mais baixa foi encontrada na machamba sem fertilizantes da margem Norte da Albufeira (14.8 mg P/100g solo) e a concentração mais alta na zona sem actividades humanas (57.18 mg P/100g solo). (Fig. 5 e tabela 3 em anexo 3).

Para o fósforo total e de acordo com o teste estatístico Kruskal-Wallis, o valor do "K" calculado (8.000) é menor que o valor tabelado (9,49) e o valor de "P" (0,09) é maior que o nível de significância (0,05) e concluiu-se que não há diferenças significativas entre as amostras.(Anexo 4).

Contudo, quando comparadas as amostras referentes ao fósforo total duas a duas pelo teste Mann – Whitney, verifica-se que há diferenças significativas entre as medianas das amostras das zona sem actividades humanas e machamba sem fertilizantes na margem Norte onde foram registadas respectivamente as concentrações mais elevadas e as concentrações mais baixas com o valor de "U" calculado (0) e o "P" (0,030).(Anexo 5).

Verifica-se também diferenças significativas entre as medianas das amostras das machambas sem fertilizantes e da zona habitacional na margem Sul da Albufeira onde também foram registadas as concentrações de fósforo total mínimas e máximas respectivamente (o valor de "U" calculado (0) e o "P" (0,030). E não se verificam

diferenças significativas entre as machambas sem fertilizantes e machambas com fertilizantes todos da margem Sul onde o menor valor de "U" calculado (6) é maior que o valor tabelado (0) e o "P" calculado (0,665) é maior que o nível de significância (0,05). (Anexo 5).

A comparação entre as machambas com fertilizantes e machambas sem fertilizantes da margem Sul da Albufeira mostra não haver uma diferença significativa de fósforo total (34.24 mg P/100g solo e 29.99 mg P/100g solo) segundo mostra o gráfico da fig. 5.

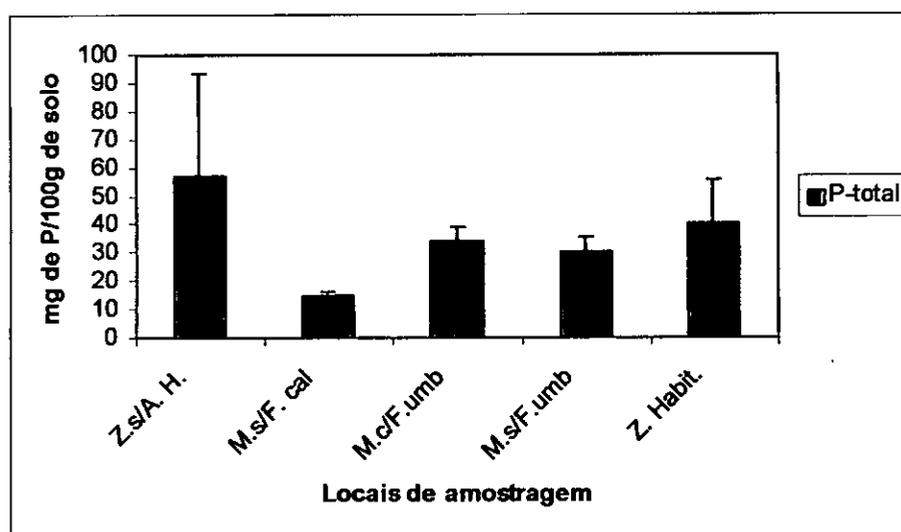


Fig.5 Concentrações médias de fósforo P-total no solo e desvio padrão, nas 5 zonas seleccionadas no estudo

Legenda:

Z.s/A. H. - zona sem actividades humanas na margem Norte.

M.s /F. cal - Machamba sem fertilizantes na margem Norte.

M.c/F. umb - Machamba com fertilizantes na margem Sul.

M.s/F. umb - Machamba sem fertilizantes na margem Sul.

Z. Habit. - zona habitacional na margem Sul.

5.3. Determinação do fósforo na água dos rios Calichane e Umbelúzi e na coluna da água da Albufeira

Os resultados do fósforo na coluna de água, dos dois principais rios tributários (Calichane e Umbelúzi), mostram a elevada concentração de fósforo no rio Umbelúzi em relação ao rio Calichane (90.3 µg/l e 258.78 µg/l) e (10.74 µg/l e 24.91 µg/l) do P-ortofosfato e P-total respectivamente segundo mostra a fig.6 e a tabela 4 em anexo 6.

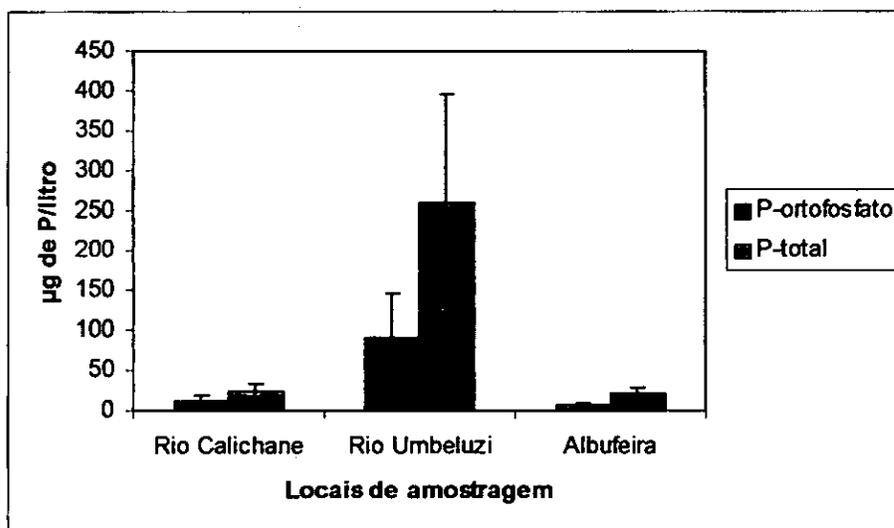


Fig.6 Concentrações médias de fósforo disponível e P-total na água dos rios Calichane, Umbelúzi e na coluna da água da Albufeira

De acordo com os dados do teste estatístico Mann-Whitney, quer para o fósforo disponível como para o fósforo total, o menor valor de "U" calculado (0.000) é menor que o valor tabelado para o nº de observações (10) de cada amostra (23.00) com o nível de significância $P=0.05$. O que quer dizer que estatisticamente há uma diferença significativa entre as amostras (Anexo 7).

Comparando os níveis de fósforo na coluna de água dos principais rios tributários e da Albufeira, verifica-se sempre uma concentração elevada nos principais rios tributários (Calichane e Umbelúzi) (10.7 µg/l e 90.3 µg/l) e (24.9 µg/l e 258.78 µg/l) respectivamente de P-ortofosfato e P-total em relação á coluna da água da Albufeira onde foram registadas as concentrações mais baixas, (7.585 µg/l e 22.04 µg/l) respectivamente fig.6 e (anexo 6).

Foi calculada a concentração teórica (P_L) de fósforo total na Albufeira, usando as concentrações médias do fósforo total que aflui apartir dos principais rios afluentes (Calichane e Umbelúzi) anexo 8. O valor obtido (48,28 µg/l) é superior quando comparado com a concentração do fósforo total observada (22,04 µg/l) na coluna da água da Albufeira dos pequenos Libombos.

As concentrações mais elevadas de P-ortofosfato e fósforo total foram encontradas no rio Umbelúzi 90.3 µg/l e 258.78 µg/l respectivamente e as concentrações mais baixas foram encontradas na Albufeira (7.58 µg/l e 22,04 µg/l) respectivamente como mostra o gráfico da fig.6.

5.4. Determinação do fósforo no sedimento

Dos resultados obtidos foi possível dividir a área de amostragem em três zonas (zona I, zona II e zona III) na boca do rio Calichane, boca do rio Umbeluzi e junto às Comportas respectivamente.

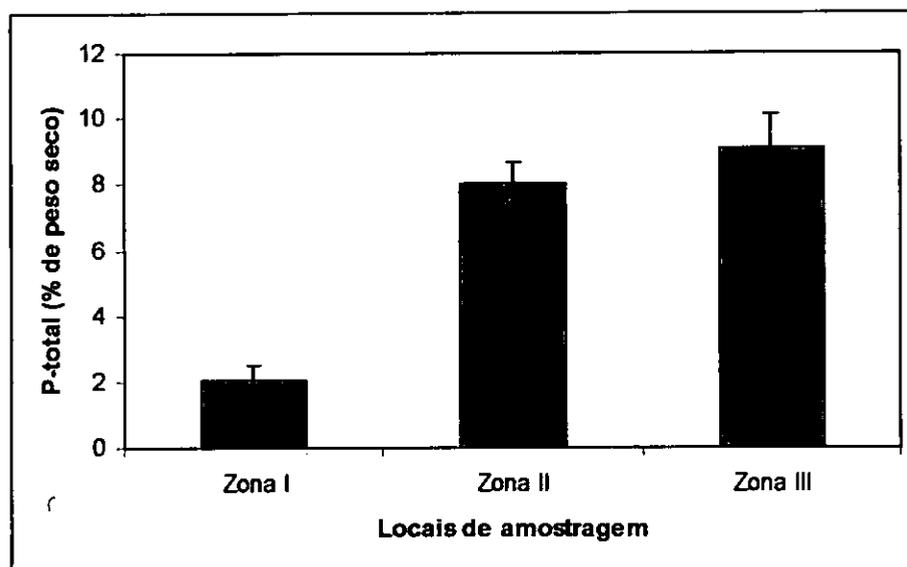


Fig. 7 Concentrações médias de P-total (%de peso seco) no sedimento

Os resultados do fósforo no sedimento da Albufeira, mostram que a percentagem mais elevada foi encontrada nas zonas II e III (8,03% e 9,05%) e na zona I foi encontrada a percentagem mais baixa das três zonas (2,05%) segundo mostra a fig. 7.

Dos resultados do teste estatístico Kruskal-Wallis, o valor de "K" calculado (14,63) excede o valor tabelado (12,59) e o valor de "P" calculado (0,0007) é menor que o nível de significância (0,05) e concluiu-se que há diferença significativa entre as amostras das três zonas (Anexo 10).

6. DISCUSSÃO

6.1. Avaliação da ocupação das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos

Os resultados dos inquéritos e da observação visual indicam que a agricultura é a principal actividade exercida dentro da faixa dos 250 metros ocupando uma área estimada em cerca de 80%. Tanto na margem Sul como na margem Norte, a agricultura é a principal actividade nestas zonas devido a facilidade de acesso a água.

Constatou-se também que para melhorar a fertilidade dos solos em algumas machambas, tem se usado fertilizantes e herbicidas, importantes para obter maiores rendimentos na produção. Infelizmente, estes agroquímicos são aplicados em diferentes quantidades e diferentes épocas do ano seguindo o princípio de que pouco é bom mas muito é melhor.

Neste estudo foi observado a existência de assentamento populacional (Fig.14a e b anexo 11), principalmente na margem Sul estimada em cerca de 150 famílias.

Estas famílias não dispõem de sanitários adequados, lavam roupas e despejam as águas residuais no chão ou lavam directamente no lago (Fig.16b anexo 11). Os poucos animais que possuem, vivem livremente na comunidade ou em currais. Combinando os seus dejectos, com os dejectos humanos, resíduos domésticos, agroquímicos, tudo isto é levado pelas chuvas para o lago.

A construção de uma Barragem resultando na formação de Albufeira, leva quase sempre ao desenvolvimento de assentamento populacional e práticas agrícolas em volta. Odingo (1979), reportou a ocupação das margens da Barragem de Kamburu no Kénia, de cerca de 5000 pessoas nas margens Norte e Sul, das quais a maioria praticava actividades agrícolas.

Outro aspecto importante observado durante este estudo é que o corte e queimadas nas margens da Albufeira assim como a preparação das terras para actividades agrícolas, tornam os solos vulneráveis á erosão, um fenómeno já visível nas margens

da Albufeira principalmente na época das chuvas fortes. Odingo (1979), reportou situação idêntica nas margens da Barragem de Kamburu.

Comparando os dados de ocupação das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos obtidos no presente estudo (mapa da fig.3) com os dados obtidos por Obrovac, 1994 de um estudo realizado usando imagens de satélite, pode se concluir que existe uma tendência para expansão de actividades agrícolas nas margens da Albufeira dos Pequenos Libombos contrariando a decretada lei de terras sobre a demarcação e respeito de uma faixa de 250 metros como faixa de segurança dos lagos.

Um estudo sobre o plano de controlo Ambiental da Barragem dos Pequenos Libombos realizado em 1997, recordou e realçou a necessidade de se definir e respeitar a zona de protecção prevista na lei de terras (Hidroprojecto 1997).

Nesta faixa de protecção não seria permitida a prática de actividades agrícolas, a construção de habitações e o pastoreio situação que ocorre presentemente.

A faixa de protecção designada também por zonas tampão ou vegetação ciliar é um conceito de conservação que tem sido aplicado com sucesso como um mecanismo para a conservação e protecção dos ecossistemas costeiros frágeis, marinhos, lagos e rios (Van der Merwe e Lohrentz, 2001).

Segundo Van der Merwe e Lohrentz (2001), as faixas de protecção na zona de transição entre a terra e água desempenham múltiplas funções:

- Protegem os corpos de água contra as fontes não pontuais de poluentes,
- Previnem a erosão,
- Melhoram a qualidade do habitat na inter-fase terra - água,
- Preservam o habitat natural e
- Melhoram a estética da paisagem.

Experiências em outros locais provaram que as zonas de protecção com dimensões entre 1 - 5 metros, removem não mais de 50% de sedimentos, sólidos suspensos,

fosfatos e nitratos. Sendo que quando estes variam de 100 -250 metros, espera-se que 90% de sedimentos, fosfatos e nitratos fiquem retidos (Van der Merwe e Lohrentz, 2001).

Van der Merwe e Lohrentz (2001), concluíram que as faixas de protecção são ideais para facilitar a conservação e protecção de ecossistemas vulneráveis face á crescente explosão populacional e agrícola.

Enfatisamos a necessidade de demarcação e respeito da faixa de protecção na Barragem dos Pequenos Libombos. Esta poderia reconciliar as necessidades e aspirações da população local e a necessidade de protecção e conservação das margens da bacia de drenagem, minimizando os efeitos da agricultura e assentamentos populacionais nas margens da Albufeira contribuindo deste modo para melhorar a qualidade da água da Albufeira.

6.2. Avaliação de fósforo nos solos

Resultados de estudos em outros lugares, têm demonstrado que o lago e a sua bacia de drenagem funcionam como uma unidade e que o enriquecimento dos lagos com nutrientes é devido a uma intensificação de actividades humanas nas bacias de drenagem (Ryding e Rast, 1989).

Potenciais fontes externas de nutrientes incluem a descarga de efluentes de fontes municipais e industriais, chamados fontes pontuais e as fontes difusas ou fontes não pontuais tais como o escoamento superficial proveniente das zonas rurais, urbanas, terras cultivadas ou pastoreiro (Ryding e Rast, 1989).

Da avaliação feita nas margens da Albufeira dos Pequenos Libombos via inquérito e observação visual, mostrou-se que na bacia hidrográfica desta Albufeira, não existem fontes pontuais de nutrientes, sendo que qualquer contribuição de nutrientes da bacia hidrográfica para a Albufeira, será via fontes não pontuais principalmente a agricultura que ocupa pouco mais de 80% da área e dos assentamentos populacionais.

Com o objectivo de obter uma ideia geral sobre os níveis de fósforo, foram seleccionadas diferentes áreas de ocupação nas margens da Albufeira dos Pequenos Libombos supostamente as principais fontes não pontuais de fósforo.

Os resultados obtidos podem ser vistos na fig.4 onde os níveis mais baixos de fósforo disponível (0,88 mg/100g de solo) foram encontrados na zona sem actividades humanas, uma zona que pode ser classificada como savana aberta. As zonas com machambas com uso e sem uso de fertilizantes mostram valores similares de fósforo disponível (1,37 e 1,27) mg/100g de solo respectivamente. O valor mais alto, (2,53 mg/100g de solo) foi obtido na zona habitacional, estimada em mais ou menos 150 famílias.

Quanto ao fósforo total, o valor mais baixo (14,82 mg/100g de solo) foi quantificado na machamba sem fertilizantes na zona Norte. Na zona Sul, nas machambas com uso de fertilizantes e sem fertilizantes, foram obtidos os valores de (34,23 e 29,99) mg de P/100g de solo, uma pequena diferença encontrada não significativa ($P = 4,24$). A zona habitacional mostrou valores elevados (40,49 mg de P/100g de solo) e a zona sem actividades humanas mostrou o valor mais alto (57,18 mg de P/100g de solo). Contrariamente ao que se esperava, não há diferenças significativas de fósforo total nas machambas com uso e sem uso de fertilizantes.

Este estudo foi realizado em março de 2001 depois de um pico de chuvas ocorrido em Janeiro e Fevereiro, e os valores baixos de fósforo obtidos entre as machambas com fertilizantes e sem fertilizantes podem ser justificados pelo período em que o estudo foi realizado. Provavelmente, as chuvas intensas ocorridas antes do estudo, já haviam lavado os solos das machambas.

Tendo os solos sido lavados pelas águas das chuvas e entrado nos corpos de água do lago, assim não foi possível avaliar o nível de contribuição de fósforo através da fertilização dos solos com fertilizantes químicos e orgânicos praticada em algumas machambas.

Johnes (2000), reportou que por exemplo, o transporte de fósforo total na maioria das bacias de drenagens dos lagos, no mundo é dominada pelos movimentos de fósforo contido no solo via fluxo superficial durante eventos extremos de chuvas intensas com pouco fósforo transportado da terra para a água durante condições normais.

Assim, a carga de fósforo exportado de qualquer fonte não pontual, varia de bacia para bacia e das condições ambientais específicas.

Arbuckle e Downing (2001), na sua avaliação sobre a influência do uso da terra na bacia de drenagem na taxa de nitrogénio e fósforo em bacias predominantemente agrícolas, encontram uma boa relação entre as características dos lagos e a sua bacia de drenagem.

Sistemas aquáticos em regiões predominantemente agrícolas tem valores de nitrogénio e fósforo correlacionados com os valores de nitrogénio e fósforo de fluxos provenientes das terras agrícolas.

Valores elevados de fósforo foram encontrados na zona habitacional. Este assentamento populacional, é desprovido de condições sanitárias. Os dejectos humanos são depositados na superfície ou em latrinas pouco profundas.

Os detergentes usados na limpeza pessoal e lavagem de roupa, se misturam com dejectos humanos e animais como também com o lixo doméstico. Portanto, os valores elevados de fósforo obtidos neste local podem ser explicados devido a esta mistura de resíduos na superfície dos solos.

Perkins e Lockett (1943) citados por Persson e Jansson, (1985) calcularam que normalmente, um adulto excreta de 1,3 – 1,5 g de fósforo por dia e acima desta pode-se acrescer o valor de fósforo contido nos detergentes sintéticos.

Na Noruega, a contribuição de fósforo via resíduos humanos foi calculado em 0,5 kg P/capita/ano sendo 30 – 40% devido ao uso de detergentes (Persson e Jansson, 1985).

Como mostra a fig.5, os valores elevados de fósforo total (57,18 mg de P/100g de solo), foram observados na zona sem actividades humanas. Esta zona sem actividades humanas é caracterizada pela presença de uma estrutura vegetal herbácea e arbustiva tipo savana aberta.

Os valores elevados de fósforo total obtidos neste local podem ser explicados pela presença de material vegetal em decomposição perante os solos e a presença de um estrato herbácea e arbustivo que causa uma grande retenção de material como também dos solos e a redução da capacidade de erosão dos solos bem como o transporte de sedimentos para os corpos de água no período das chuvas, funcionando deste modo como uma zona de protecção á erosão. A ser verdade, prova a potencialidade funcional destas zonas com vegetação, de funcionar como filtros para retenção de sedimentos e fósforo.

Kohonen, (1982) citado por Ahl (1988), investigou a carga de fósforo e de materiais em suspensão em duas pequenas bacias de drenagem na Tailândia. Uma das bacias era totalmente cultivada e a outra totalmente florestada. O resultado obtido foi que o valor de fósforo obtido nos fluxos provenientes da bacia cultivada eram de 0,14% e 0,08% para os fluxos provenientes das bacias florestadas. Este resultado ilustra maior capacidade de transporte de fósforo da bacia cultivada e maior capacidade de retenção de fósforo em áreas florestadas, funcionando como zonas tampão.

Uma questão fica aqui em aberto. Qual é a contribuição anual de sedimentos e fósforo das bacias de drenagem para a Albufeira dos Pequenos Libombos? Só um estudo anual de avaliação da taxa de sedimentação e quantificação de fósforo das diferentes áreas, responderiam a esta questão.

6.3. Quantificação de fósforo nos principais afluentes e na coluna de água da Albufeira dos Pequenos Libombos

Os resultados de avaliação da contribuição de fósforo dos dois principais afluentes da Albufeira dos Pequenos Libombos, os rios Umbelúzi e Calichane apresentados na fig.6

mostram que o rio Umbelúzi apresenta concentrações de PO_4^{3-} - P e P-total maiores que do rio Calichane.

Quando comparados os valores obtidos no presente estudo na boca do rio Umbelúzi, (90.306 $\mu\text{g/l}$ de PO_4^{3-} - P e 258.78 $\mu\text{g/l}$ de P-total) com os valores obtidos por Muando (2000), (19,94 $\mu\text{g/l}$ de PO_4^{3-} - P e 57,44 $\mu\text{g/l}$ de P-total), nota-se que houve um aumento de fósforo no rio Umbelúzi com um valor de P-total bastante mais elevado.

Durante a fase de amostragem, a água da bacia do Umbelúzi apresentava-se bastante turva, sendo que a transparência da água medida pelo disco de Secchi era de apenas 20 cm o que constitui uma indicação de ter havido uma grande entrada de sedimentos no rio Umbelúzi seguindo as intensas chuvas de Fevereiro e Março de 2000 e 2001.

Lindmark (1997) citado por Talling e Lemmoalle, (1998) reportou que no lago Kariba, que a distribuição de fósforo estava inteiramente relacionada com a presença de materiais em suspensão, tendo observado valores de 380 $\mu\text{g P/l}$ associado aos locais de maior presença de sedimentos dos afluentes do lago Kariba no período que se seguia as chuvas.

A carga de nutrientes nos corpos de água é determinado por factores climáticos (chuva, erosão e escoamento superficial) e pelas características da bacia de drenagem (geologia) e actividades humanas (fontes pontuais e padrão do uso da terra) (Hart e Allanson, 1984).

O rio Umbelúzi tem cerca de 75% da sua bacia hidrográfica no território da Swazilândia onde na bacia de drenagem se desenvolvem extensas áreas agrícolas de cana-de-açúcar, com o uso de fertilizantes. A elevada concentração de fósforo observado no rio Umbelúzi pode ser justificada pela lavagem dos solos na época das chuvas da bacia de drenagem com um grande fluxo de sedimentos com níveis elevados de fósforo adsorvidos.

Persson e Jansson, (1985), reportaram que uma das razões para eutroficação do lago Ringsjön na Suécia foi a intensificação da produção agrícola com o consequente aumento de fertilizantes.

Knuutila *et al.*, (1994), observou que a agricultura é a maior fonte de fósforo para os lagos Finlandeses.

Apesar da concentração de fósforo ser bastante elevada no rio Umbelúzi, a concentração de fósforo na coluna da Albufeira dos Pequenos Libombos, não é dramaticamente elevada, tendo sido observados valores médios de (7,58 µg P/l e 22,03 µg P/l) . Estes valores estão um pouco abaixo dos valores encontrados por Muando (2000) (38,91 µg P/l e 78,45 µg P/l) para PO₄³⁻- P e P-total respectivamente.

A concentração do fósforo total teórico calculado (48,28 µg/l) na Albufeira dos Pequenos Libombos, é mais elevada que a concentração observada na prática, o que prova a maior capacidade de exportação do fósforo para o efluente.

Outra razão que justifica essa diferença, é a grande capacidade de acumulação de nutrientes pelo sedimento e grande parte é também usada pelos organismos presentes no lago.

Os valores do presente estudo são comparáveis aos valores obtidos por Lindmark, (1997) citado por Moreau (1997) na região pelágica do lago Kariba (10 – 30 µg de P/l).

Estes dados reportam um período do ano e não um ciclo anual no entanto tentativa de definir o estado trófico presente da Albufeira dos Pequenos Libombos. Para tal, foi usado o modelo da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD) (Ryding e Rast, 1989) que fixa intervalo de valores para os diferentes níveis tróficos (tabela 7 em anexo 9), e constatou-se que o valor do P-total obtido no presente estudo (22,04 µg/l), corresponde ao estado mesotrófico.

Estudos feitos por Mussagy, (1990) e Muando, (2000), classificaram a Albufeira dos Pequenos Libombos entre meso a eutrófico, o que mostra a vulnerabilidade da Albufeira dos Pequenos Libombos de caminhar para um processo de eutroficação.

6.4. Fósforo no sedimento

As características dos sedimentos lacustres podem ser consideradas como um resultado integrado de todos os processos dentro deste ecossistema lacustre (Esteves, 1983).

A quantificação de fósforo nos sedimentos da Albufeira dos Pequenos Libombos mostra haver uma certa variação na acumulação de fósforo dentro da Albufeira. Basicamente no lago podem ser reconhecidas 3 zonas (zona I, zona II e zona III) quanto á distribuição do fósforo.

A zona I na boca do Calichane, é que comporta menos fósforo 2.05% no sedimento enquanto que as zonas II e III mostram valores mais elevados 8.02% e 9.05% respectivamente como mostra a fig.7.

Pettersson (1995), estudou os sedimentos da Albufeira dos Pequenos Libombos nas mesmas estações e encontrou na superfície do sedimento (0-5 cm) valores médios de fósforo de 0,698%, 0,496% e 0,580% respectivamente nas zonas I, II e III. Pode-se ver que num período de 5 anos houve um aumento de 11 vezes de fósforo acumulado no sedimento da Albufeira.

As concentrações de fósforo obtidas no presente estudo oferecem forte suporte que evidencia as mudanças tróficas que têm ocorrido. Este intervalo de estudo corresponde com o período em que o fluxo de fósforo no lago tem estado a aumentar.

Sedimentos de lagos actuam geralmente como depósitos de fosfatos de origem allóctono ou autóctono (Lampert e Sommer, 1997).

As contribuições allóctonos de fósforo para o sedimento consistem maioritariamente de matéria orgânica produzida na bacia de drenagem e transportada para o lago pelos afluentes (Lampert e Sommer, 1997 e Brönmark e Hansson, 2001).

Nas áreas de drenagem com elevada taxa de erosão dos solos, uma parte considerável de fósforo allóctono ou forma de fósforo inorgânico é adsorvido pelas partículas minerais (Lampert e Sommer, 1997).

As fontes autóctonos de fósforo consistem geralmente de organismos planctónicos vivos ou mortos, produtos de excreção, detritos orgânicos, substâncias húmicas precipitadas e carbonatos de cálcio actuando como veículos de fósforo (Lampert e Sommer, 1997 e Brönmark e Hansson, 2001).

A quantificação de fósforo nos sedimentos recentes tem mostrado providencias informações das mudanças do estado trófico dos lagos (French *et al.*, 2000).

Análises de fósforo realizadas na superfície (0 -10 cm de profundidade) no sedimento do lago Kariba mostraram que os níveis altos de fósforo encontram-se na parte mais profunda do lago, cerca de 0,4 mg de peso seco no estuário do rio Nzudzu. A concentração de fósforo estava relacionada com a presença de partículas de areia e argila transportadas pelo rio Nzudzu (Moreau, 1997).

Os resultados obtidos no presente estudo dão indicação de haver uma tendência para acumulação de fósforo nos sedimentos da Albufeira dos Pequenos Libombos nos últimos 5 anos. Isto pode se dever também a um aumento de produção de matéria orgânica (fitoplâncton) estimulada pela elevada concentração de fósforo na coluna de água (Mussagy, 1990 e Muando, 2000).

Pettersson (1995), calculou que o valor total de sedimentos transportados para Albufeira dos Pequenos Libombos seria de 46 toneladas por km² por ano e a eficiência de deposição calculado em 95%.

O valor de sedimentação calculado para a região Sul da África varia de 50 – 100 toneladas por km² por ano, sendo que o valor calculado para a Albufeira dos Pequenos Libombos é baixo. Segundo Pettersson (1995), eventos como as chuvas fortes ocorridas no ano 2000 podem aumentar o incremento de fósforo no sedimento.

Nota-se uma grande entrada de sedimento a avaliar pelo decréscimo da transparência da água no nível de 0,2 metros (Muando, 2000).

Segundo Hansson *et al.*, (1999) citado por Brönmark e Hansson (2001), a reserva de fósforo na superfície do sedimento até 10 cm de profundidade pode representar muitos anos de carga externa. Mas eventos temporários como ciclones, chuvas fortes, fenómeno de erosão podem acelerar a sedimentação e fósforo a ele adsorvido.

A carga externa de fósforo pode exceder o uso e a sua exportação em fracção substancial levando a sua acumulação no sedimento, constituindo uma carga interna deste para o ecossistema segundo Hansson *et al.*, (1999) citado por Brönmark e Hansson, (2001).

Experiências em outros lagos mostram que a acumulação de fósforo no sedimento pode constituir sob certas condições uma fonte considerável de fósforo para a coluna de água segundo Wood e Smith (1993) podendo sustentar o crescimento do fitoplâncton e macrófitas aquáticas em lagos de pequenas profundidades ou em lagos profundos com períodos de estratificação e destratificação das massas de água.

No caso da Albufeira dos Pequenos Libombos, desconhece-se a contribuição de fósforo do sedimento para a coluna de água e a sua contribuição para a produtividade é uma questão em aberto que carece de futuras investigações.

Contudo, os resultados do presente estudo oferecem uma indicação geral do impacto histórico de enriquecimento de fósforo nos sedimentos da Albufeira dos Pequenos Libombos.

6.5. Alterações ecológicas do aumento de fósforo

O aumento das condições tróficas dos lagos, é referida como eutroficação (Ryding e Rast, 1989).

Este, é um processo natural lento na história geológica dos lagos. Nas recentes décadas, a condição trófica de muitas águas continentais tem aumentado rapidamente.

A eutroficação tem provado ser uma das mais sérias perturbações antropogénicas para os ecossistemas aquáticos. Actualmente, existe quase um consenso de que a maior causa da eutroficação, é o incremento de nutrientes especialmente o fósforo (Lampert e Sommer, 1997).

O incremento de águas residuais, a introdução de detergentes de lavagem que contém fósforo, o aumento do uso de fertilizantes e o incremento de erosão na bacia de drenagem, são as maiores fontes de aumento de fósforo nos ecossistemas aquáticos.

No presente estudo, tentou-se mostrar a situação de possíveis contribuintes de fósforo na Albufeira dos Pequenos Libombos, dados resumidos no esquema da fig.8.

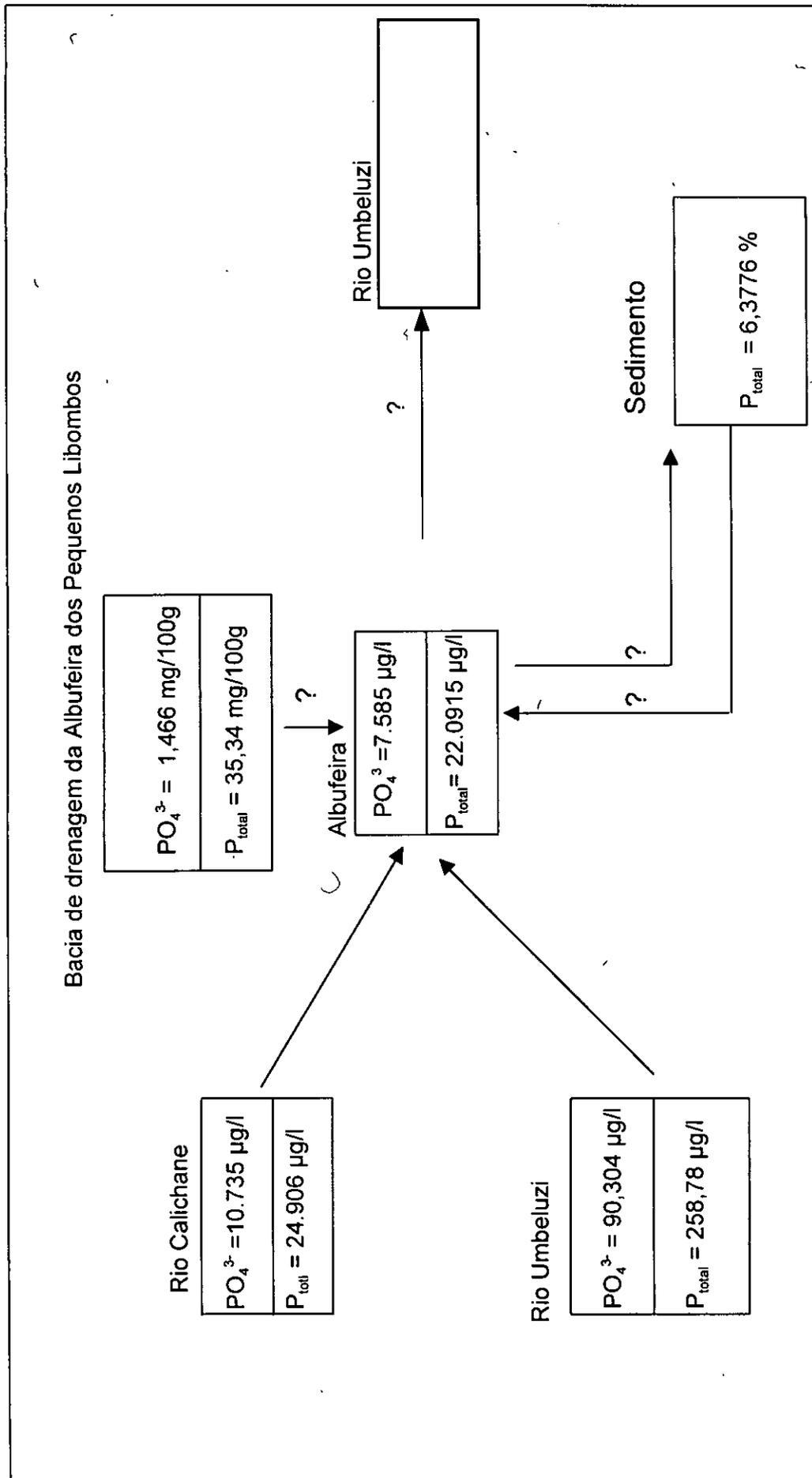


Fig.8. Concentrações médias de $PO_4\text{-P}$ e $P\text{-total}$ nos diferentes compartimentos analisados neste trabalho e a direcção do fluxo.

Apartir do esquema da fig.8, pode se ter uma ideia de principais contribuintes ou fontes de fósforo para a Albufeira dos Pequenos Libombos, contudo várias propostas ficam em aberto como por exemplo:

Qual é a taxa de exportação de fósforo para a Albufeira das diferentes regiões onde o fósforo é presente em pequena ou relativamente elevadas quantidades?

Do fósforo contido nos afluentes Calichane e na planície de Umbelúzi, qual é a porção que é exportada, qual é a taxa de sedimentação e qual é a taxa de regeneração do fósforo acumulado nos sedimentos para a coluna de água?

A área estudada corresponde a área da Albufeira. Mas sabido que 75% da bacia de Umbelúzi está localizada no território da Swazilândia e que o rio Umbelúzi parece ter concentrações mais elevadas de fósforo, qual é a situação na bacia de drenagem do lado do território da Swazilândia?

Resposta biótica ao aumento de fósforo tem sido detectada principalmente a nível do fitoplâncton.

Muando (2000), quantificou a biomassa fitoplanctónica medida em termos de clorofila "a", valores que variaram de (3,9 µg/l a 14,58 µg/l) na Albufeira dos Pequenos Libombos, enquanto que na bacia de Umbelúzi onde se registaram níveis elevados de fósforo, os valores variaram de (26,63 µg/l a 146,7 µg/l) devido a grande proliferação de algas nesse período.

No presente estudo, embora não tivesse quantificado o fitoplâncton, foi notório o desenvolvimento de um "bloom" de algas composto de *Ceratium sp*, *Microcystis sp* cobrindo uma grande área na superfície do lago á medida que a transparência da água ia aumentando.

A corrente dominância de cyanobactérias incluem, os géneros *Anabaena* e *Microcystis* que produzem toxinas com risco para outras componentes do ecossistema e principalmente a população da cidade de Maputo que consome água da Albufeira dos Pequenos Libombos Mussagy (1990), Mussagy (1997), Muando (2000) e Seródio (2001)

Assim o futuro ecológico da Albufeira dos Pequenos Libombos irá depender da carga de nutrientes de fontes externas.

7. CONCLUSÕES

1. Dos inquéritos realizados e da observação visual junto às margens da Albufeira, na faixa dos 250 metros, verificou-se que não há cumprimento da lei de terras no que diz respeito á faixa de protecção das margens.
2. Nas margens da Albufeira dos Pequenos Libombos, não existem fontes pontuais de fósforo, sendo a agricultura e assentamento populacional as principais fontes não pontuais de fósforo para esta Albufeira.
3. A concentração mais alta de fósforo disponível (2,53 mg de P/100g de solo) foi encontrada na zona habitacional enquanto a concentração mais baixa (0,88 mg de P/100g de solo), na zona sem actividades humanas. Em relação ao fósforo total, a concentração mais alta (57,18 mg de P/100g de solo) foi encontrada na zona sem actividades humanas e a concentração mais baixa (14,82 mg de P/100g de solo), na machamba sem fertilizantes da margem Norte.
4. O rio Umbelúzi, é o afluente que contribui com concentrações mais elevadas de fósforo (90.30 e 258.78) µg/l de P-ortofosfato e P-total respetivamente.
5. A concentração de fósforo verificada na coluna de água da Albufeira (22,04 µg/l) é inferior a concentração de fósforo teórico calculado (48,28 µg/l) o que mostra o poder de exportação de fósforo e de acumulação pelo sedimento.
6. O estado trófico actual da Albufeira dos Pequenos Libombos é mesotrófico, com base no modelo de eutroficação da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD).
7. Comparando os valores obtidos no actual estudo com os valores de estudos de a 5 anos, verifica-se que o sedimento da Albufeira dos Pequenos Libombos tem acumulado uma quantidade considerável de fósforo em cerca de 11 vezes.

8. RECOMENDAÇÕES

1. Tendo se constatado que a faixa de protecção decretada na lei de terras não está sendo cumprida, encontrando-se actualmente actividades agrícolas e assentamentos populacionais nesta faixa, recomendamos ás autoridades responsáveis pela Albufeira dos Pequenos Libombos a aplicação do previsto na lei de terras, demarcando as zonas de protecção.

2. Demarcadas as zonas de protecção poder-se-ia, iniciar um programa de reflorestamento como forma de restabelecer a integridade e a funcionalidade dessas zonas de protecção.

3. Resultados deste estudo e de estudos anteriores mostram a tendência de a Albufeira dos Pequenos Libombos se tornar eutrófica. É importante que se mantenha um programa de monitoramento da Albufeira nas vertentes condições físicas, químicas e biológicas como forma de acompanhar o desenvolvimento ecológico deste tão importante ecossistema se tivermos em conta o seu objectivo primário de fornecer água de consumo á população de Maputo.

4. Os valores de P-total obtidos no presente estudo no rio Umbelúzi são extremamente elevados e nunca observados anteriormente.

Sendo que 75% da bacia de Umbelúzi situa-se na Swazilândia, seria importante tentar-se desenvolver um programa conjunto de avaliação das principais causas de incremento dos níveis de fósforo observados, baseando-se no principio de que rios não conhecem fronteiras. O efeito de uso de terras á montante propaga-se á jusante e a Albufeira dos Pequenos Libombos infelizmente localiza-se á jusante.

5. No presente estudo, várias questões ficaram em aberto (fig.8), futuras investigações poderiam tentar responder algumas questões como por exemplo:

- Estimar a carga anual de fósforo nos afluentes.
- Determinar o coeficiente de exportação de fósforo nas áreas com actividades agrícolas, nas áreas sem actividades agrícolas e nas áreas com assentamentos populacionais como forma de obter a situação real sobre o impacto dessas actividades na eutroficação da Albufeira dos Pequenos Libombos.
- Determinar a taxa de sedimentação anual da Albufeira dos Pequenos Libombos. No presente estudo, é evidente o aumento de fósforo no sedimento, que actua como potencial fonte interna de fósforo para a eutroficação da Albufeira.
- Determinar a taxa de regeneração de fósforo do sedimento para a coluna de água da Albufeira.
- Determinar o coeficiente de exportação de fósforo da Albufeira para o efluente.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahl, T. (1988). Background yield of phosphorus from drainage area and atmosphere. *Hydrobiologia* 170: 35-44.

Ahlgren, I. E. G. Ahlgren, (1976). *Métodos de Análisis Químicos del Agua*. 77pp. Uppsala.

Anderson, J. M. e J. S. I. Ingran, (1993). *Tropical Soil Biology and Fertility: A handbook of Methods*. 221pp. New York.

Arbuckle, K. E. e J. A. Downing (2001). The influence of watershed land use on lake N : P in a predominantly agricultural landscape. *The American Society of Limnology and Oceanography, inc n°*. 970-975.

Assembleia da República. (1997). *Lei de Terras n° 19/97*. Artigo 8. (Zonas de protecção parcial). Boletim da República,. I SÉRIE - N° 40. pp16. 3° Suplemento. Publicação oficial da República de Moçambique. Maputo.

Brönmark, C. e L.-A. Hansson, (2001). *The Biology of Lakes and Ponds*. 216pp. Great Britain.

Brunberg, A.-K. e P. Blomqvist, (2001). Quantification of Anthropogenic Threats to Lakes in a Lowland County of Central Sweden. *Ambio*. 30, (3):127-134.

Chonguiça, E. (1995). *Environmental Impact Assessment of the Pequenos Libombos Dam in Southern Mozambique*. 213pp. Ph.D Thesis Uppsala University, Norbyvagen 18 B, s 753 22. Uppsala.

Esteves, F. A. (1983). *Fundamentos de Limnologia*. 575pp. Editora Interciência /FINEP. Rio de Janeiro.

Fowler, J. e L. Cohen, (1990). *Practical Statistics for Field Biology*. 227pp. Great Britain.

French, R. J., L. A. Connolly e D. A. Murray, (2000). Biogenic silica, phosphorus and calcium in Lough Conn sediments-indices of ongoing eutrophication *Verh. Internat. Verein. Limnol.* (27): 1199-1202.

Hart, R. C. e B. R. Allanson, (1984). *Limnological criteria for management of water quality in the southern hemisphere*. n° 93. 181pp. South Africa.

Hatton, J., A. Couto e A. Mussagy, (1993). *Avaliação do impacto ambiental de práticas agrícolas em redor da Barragem dos Pequenos Libombos*. 60pp. Maputo.

Hidroprojecto, (1997). *Projecto da Barragem dos Pequenos Libombos*. Vol.1. Relatório síntese. Estudo do plano de controlo ambiental. Estudo de Base. 139pp. ARA-Sul Moçambique.

Houba, V. J. G., J. J. van Lee, I. Novozamsky e I. Walinga, (1989). *Soil and Plant Analysis*. a series of syllabi (5): 10-12. Wageningen Agricultural University – Holanda.

Jackson, M. L., (1964). *Analisis Quimico de Suelos*. 662pp. Barcelona.

Johnes, P. J. (2000). Quantifying the non-point source contribution to nutrient loading on freshwaters in 32 UK catchments. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* (27): 1306-1309.

Knuuttila, S., O.-P. Pietilainen e L. Kauppi. (1994). Nutrient balances and phytoplankton dynamics in two agriculturally loaded shallow lakes. *Kluwer Academic Publishers. Hydrobiologia*. 275/276: 359-369.

Lampert, W. e U. Sommer (1997). *Limnoecology. The Ecology of Lakes and Streams*. 382pp. Oxford University Press. New York.

Lehman, J. T. (1998). *Environmental Change and Response East African Lakes*. 236pp. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.

Miambo, A. A. (1996). *Impacto da Barragem dos Pequenos Libombos nos Recursos Naturais do Distrito de Boane*. Trabalho de Licenciatura. 69pp. Universidade Eduardo Mondlane. Maputo.

Moreau, J., (1997). *Advances in the Ecology of Lake Kariba*. 271pp. University of Zimbabwe Publications. Harare.

Moss, B. (1988). *Ecology of Fresh Waters- Man and Medium*. 2ª Edição. 417pp. Blackwell Scientific Publications. London.

Muando, S. R. (2000) *Estudo da Estrutura das Comunidades do Fitoplâncton e do Zooplâncton da Albufeira dos Pequenos Libombos no Período Pós-cheias (Fevereiro a Abril de 2000)*. 59pp. Trabalho de Licenciatura. Universidade Eduardo Mondlane. Maputo.

Mussagy, A. (1990). "A preliminary study of some physical, chemical and biological components of the Pequenos Libombos Reservoir." 41pp. Diploma Thesis. Faculdade de Biologia. UEM. Maputo.

Mussagy, A. (1997). *Effects of nutrient addition on the fresh water plankton community in the Pequenos Libombos Reservoir, Mozambique*. Enclosure experiments. 36pp. Master Thesis. University of LUND. Sweden.

Nombora, L. e H. Novela, (1993). *Actividades sócio-económicas nas zonas próximas da Albufeira dos Pequenos Libombos*. Direcção Nacional de Águas. 3pp. Relatório nº65/93. Maputo.

Obrovac, J. (1994). *Assessment of the shoreline environments of the Pequenos Libombos reservoir*. Field studies and an evaluation of the satellite image potencial for studies of post – inundation environmental change. 44pp. Uppsala University e UEM. Uppsala.

Odingo, R. S. (1979) *An African Dam*. – Ecological Bulletins 29. 183pp. Estocolmo.

Persson, G. e M. Jansson, (1985). *Phosphorus in Fresh water Ecosystems*. 339pp. Uppsala.

Pettersson, A. (1995). *Assessment of the recent sedimentation in the Pequenos Libombos reservoir in Mozambique*. 63pp. Uppsala University e UEM. Uppsala.

Pires, F. A., (1994). *Participação da Direcção Nacional de Águas no seminário sobre o impacto das práticas agrícolas na Albufeira dos Pequenos Libombos*. 3pp. Relatório nº14/94. Maputo.

Ryding, S.-O. e W. Rast, (1989). *The control of eutrophication of lakes and reservoirs – Man and biosphere series*. Vol.I, Unesco. 314pp. Paris.

Robelus, R., (1984). *Qualidade de Água na Albufeira dos Pequenos Libombos. Aspectos de saúde relacionados com a construção do empreendimento e aos projectos de regadio acompanhantes*. 14pp. Ministério da Saúde. Maputo.

Ross, J. C. (1947). *Soil conservation – Land utilization and Soil conservation in the union of South Africa*. 52pp. Pretória.

Santos, T. e T. Mangué, (1991). *Estimativa das necessidades de água de rega na Bacia Hidrográfica do rio Umbelúzi*. 4pp. Relatório nº21/91. Direcção Nacional de Águas. Maputo.

Serôdio, K. S. (2001). *Avaliação da Presença de cianobactérias, suas toxinas e outras Microalgas na Água bruta da Albufeira dos Pequenos Libombos e na Estação de Tratamento e Elevação de Umbelúzi*. Trabalho de Licenciatura. 61pp. Universidade Eduardo Mondlane. Maputo.

Siegel, S. e N. J. Castellan, Jr. (1988). *Non Parametric Statistics for the Behavioral Sciences*. 2ª Edição. 199pp. Singapore.

Talling, J. F. e J. Lemoalle, (1998). *Ecological Dynamics of Tropical Inland Waters*. 441pp. Austrália.

Wetzel, R. G. (1993). *Limnologia*. 919pp. Lisboa.

Wood, R. B. e R. V. Smith, (1993). *Lough Neagh. The Ecology of a Multipurpose Water Resource*. 529pp. Netherlands.

Van der Merwe, J. H. e G. Lohrentz, (2001). Demarcating Coastal Vegetation Buffers with Multicriteria Evaluation and GIS at Saldanha Bay, South Africa. *Ambio*. 30, (2). 89-95.

ANEXOS

Anexo 1

FICHA DE INQUÉRITO

Data ___ / 02 /2001

Entrevistador: Garciano Francisco Cumaio

Aldeia/Povoação/zona/Bairro _____

Nome(Apelido) do entrevistado _____

Tipo de actividade desenvolvida:

a) Agricultura _____

Tipo:

Familiar(____), Privado (____), Cooperativa (____).

Terreno ocupado _____ ha. ou m².

Tempo de ocupação _____ anos.

Usa fertilizantes: Sim (____) Não(____).

Se sim, tipo: Orgânico(____) Químico (____).

Quantidade _____ kg.

Usa pesticidas: Sim (____) Não(____).

Se sim, tipo: Herbicida(____), Insecticida (____) Fungicida (____).

Quantidade _____ litros.

b) Pecuária:

Área ocupada _____ ha. ou m²

Tipo de gado

Bovino (____), N^o _____ indivíduos

Caprino (____), N^o _____ indivíduos

Ovino (____), N^o _____ indivíduos

Suíno, N^o _____ indivíduos

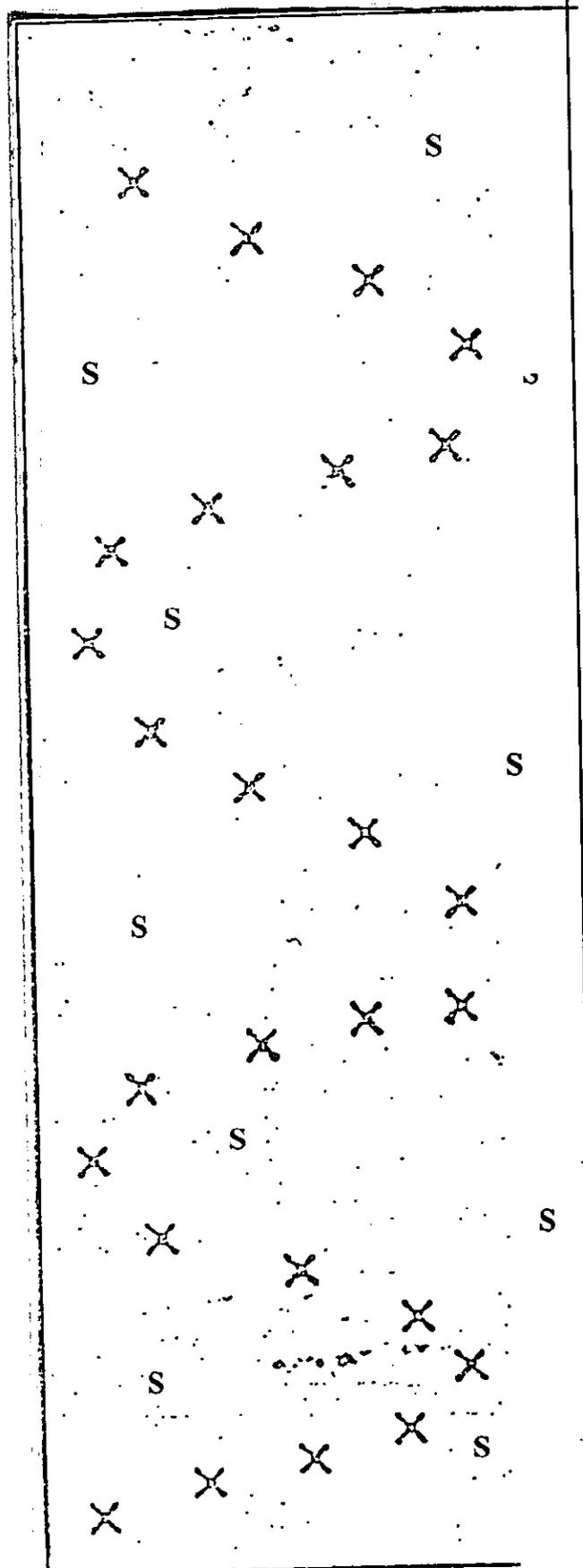
Dejectos animais

Destino _____

Da margem á área de exploração _____ metros.

Declaração/Observação: _____

Anexo 2 : Esquema de amostragem dos solos em zig-zag



Legenda :

X - Caminho em zig-zag para a amostragem dos solos
S - Locais de amostragem

Anexo 3

Tabela 2: Fósforo disponível dos solos das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos (mg/100g de solo).

	Margem	sul da	Albufeira	Margem	norte da
	Zona habitacional	Machamba sem fertilizantes	Machamba com fertilizantes	Zona sem actividades humanas	Machamba sem fertilizantes
	1.423	0.88	1.217	0.87	1.35
	1.39	1.35	1.628	0.743	1.468
	2.577	1.468	1.44	1.093	0.825
	4.733	1.42	1.207	0.823	1.42
Média	2.53075	1.2795	1.373	0.88225	1.26575
desvio padrão	1.568488	0.27070	0.20116	0.14996	0.2978

Tabela 3: Fósforo total dos solos das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos (mg/100g de solo).

	Margem	Sul da	Albufeira	Margem	Norte da
	Zona habitacional	Machamba sem fertilizantes	Machamba com fertilizantes	Zona sem actividades humanas	Machamba sem fertilizantes
	27.8	29.28	36.8	13.25	13.44
	34.91	38.25	37.78	59.95	16.77
	36.11	27.31	35.11	54.22	15.3
	63.15	25.14	27.26	101.3	13.75
Média	40.4925	29.995	34.2375	57.18	14.815
Desvio Padrão	15.5438	5.75721	4.7806	36.02246	1.536457

Anexo 4.

Teste estatístico para o fósforo disponível e fósforo total no solo

STATISTIX 3.1

5 JUN 1, 9:2

KRUSKAL-WALLIS ONEWAY NONPARAMETRIC AOV

VARIABLE	MEAN RANK	SAMPLE SIZE
áááááááááá	áááááá	áááááá
A	10.9	4
B	3.3	4
C	12.0	4
D	10.4	4
E	16.0	4
TOTAL	10.5	20

KRUSKAL-WALLIS STATISTIC 9.7613
P VALUE, USING CHI-SQUARED APPROXIMATION 0.0446

PARAMETRIC AOV APPLIED TO RANKS

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
áááááááá	áááá	áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááá
BETWEEN	4	340.9	85.22	3.96	0.0217
WITHIN	15	322.6	21.51		
TOTAL	19	663.5			

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 6
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 20 MISSING CASES 30

STATISTIX 3.1

5 JUN 1, 9:2

KRUSKAL-WALLIS ONEWAY NONPARAMETRIC AOV

VARIABLE	MEAN RANK	SAMPLE SIZE
áááááááááá	áááááá	áááááá
M	3.5	4
N	14.0	4
O	13.0	4
P	12.0	4
Q	10.0	4
TOTAL	10.5	20

KRUSKAL-WALLIS STATISTIC 8.0000
P VALUE, USING CHI-SQUARED APPROXIMATION 0.0916

PARAMETRIC AOV APPLIED TO RANKS

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
áááááááá	áááá	áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááá
BETWEEN	4	280.0	70.00	2.73	0.0690
WITHIN	15	385.0	25.67		
TOTAL	19	665.0			

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 20 MISSING CASES 30

Legenda: P-ortofosfato nos solos das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos.

A- zona sem actividades humanas

B- Machamba sem fertilizantes (margem Norte da Albufeira)

C- Machamba com fertilizantes

D- Machamba sem fertilizantes (margem Sul da Albufeira)

E- zona habitacional

P-total nos solos das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos

M- Machamba sem fertilizantes (margem Norte)

N- Zona sem actividades humanas

O- Zona habitacional

P- Machamba com fertilizantes

Q- Machamba sem fertilizantes

Anexo 5

Anexo estatístico para o fósforo total no solo

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:0

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR F VS G

VARIABLE	RANK	SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááááááá	áááááááááá	áááááááá
F	22.00		4	12.00	5.5
G	14.00		4	4.000	3.5
TOTAL	36.00		8		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.1714

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 1.010
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.3123

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:1

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR F VS H

VARIABLE	RANK	SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááááááá	áááááááááá	áááááááá
F	18.00		4	8.000	4.5
H	18.00		4	8.000	4.5
TOTAL	36.00		8		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.5857

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION -0.144
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.8852

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:1

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR F VS H

VARIABLE	RANK	SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááááááá	áááááááááá	áááááááá
F	18.00		4	8.000	4.5
H	18.00		4	8.000	4.5
TOTAL	36.00		8		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.5857

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION -0.144
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.8852

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005
CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:1

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR F VS H

VARIABLE	RANK	SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááááááá	áááááááááá	áááááááá
F	18.00		4	8.000	4.5
H	18.00		4	8.000	4.5
TOTAL	36.00		8		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.5857

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION -0.144
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.8852

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:1

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR F VS J

VARIABLE	RANK	SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááááááá	áááááááááá	áááááááá
F	26.00		4	16.00	6.5
J	10.00		4	0.000	2.5
TOTAL	36.00		8		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.0143

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 2.165
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.0304

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:1

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR H VS G

VARIABLE	RANK	SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááááááá	áááááááááá	áááááááá
H	20.00		4	10.00	5.0
G	16.00		4	6.000	4.0
TOTAL	36.00		8		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME
THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.3429

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 0.433
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.6650

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:1

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR I VS G

VARIABLE	RANK	SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááááááá	áááááááááá	áááááááá
I	22.00		4	12.00	5.5
G	14.00		4	4.000	3.5
TOTAL	36.00		8		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME
THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.1714

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 1.010
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.3123

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:1

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR J VS G

VARIABLE	RANK	SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááááááá	áááááááááá	áááááááá
J	10.00		4	0.000	2.5
G	26.00		4	16.00	6.5
TOTAL	36.00		8		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME
THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.0143

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 2.165
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.0304

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:1

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR H VS I

VARIABLE	RANK	SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
----------	------	-----	----------------	--------	-----------------

Variable	Rank	Sum	Sample Size	U Stat	Average Rank
H	14.00	4	4	4.000	3.5
I	22.00	4	4	12.00	5.5
TOTAL	36.00	8			

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.1714

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 1.010
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.3123

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:1

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR H VS J

Variable	Rank	Sum	Sample Size	U Stat	Average Rank
H	26.00	4	4	16.00	6.5
J	10.00	4	4	0.000	2.5
TOTAL	36.00	8			

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.0143

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 2.165
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.0304

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:1

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR I VS G

Variable	Rank	Sum	Sample Size	U Stat	Average Rank
I	22.00	4	4	12.00	5.5
G	14.00	4	4	4.000	3.5
TOTAL	36.00	8			

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.1714

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 1.010
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.3123

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:2

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR F VS I

VARIABLE	RANK SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááááááá	áááááááá
F	16.00	4	6.000	4.0
I	20.00	4	10.00	5.0
TOTAL	36.00	8		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.3429

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 0.433
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.6650

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:2

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR I VS J

VARIABLE	RANK SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááááááá	áááááááá
I	22.00	4	12.00	5.5
J	14.00	4	4.000	3.5
TOTAL	36.00	8		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.1714

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 1.010
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.3123

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 8 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

13 JUL 1, 12:2

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR I VS F

VARIABLE	RANK SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááááááá	áááááááá
I	20.00	4	10.00	5.0
F	16.00	4	6.000	4.0
TOTAL	36.00	8		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.3429

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 0.433
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.6650

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

Legenda: Fósforo total no solo. (RANK SUM TWO SAMPLE- MANN-WHITNEY)

F- zona habitacional

G- Machamba sem fertilizantes

H- Machamba com fertilizantes

I- zona sem actividades humanas

J- Machamba sem fertilizantes

Anexo 6

Tabela 4: Fósforo disponível e fósforo total na água dos rios Umbeluzi e Calichane ($\mu\text{g/l}$).

	PO_4^{3-}		P_{total}	
	Rio Calichane	Rio Umbeluzi	Rio Calichane	Rio Umbeluzi
	2.874	68,96	21,65	192,9
	3.735	80,46	23,65	635,8
	5.747	172,4	33,46	165,4
	8.621	163,8	27,56	230,3
	8.621	166,6	31,49	181,1
	9.197	65,22	11,29	233,9
	6.688	36,78	25,81	248,4
	15,05	46,82	17,74	232,3
	18,39	70,23	19,35	232,2
	28,43	31,77	37,09	235,5
Média	10,7353	90,304	24,906	258,78
Desvio Padrão	7,843528	55,5068	7,8365	135,288

Tabela 5: Fósforo na água da Albufeira dos Pequenos Libombos ($\mu\text{g/l}$).

	Albufeira	
	PO_4^{3-}	P_{total}
	5,735	23,62
	2,873	23,62
	5,747	23,62
	5,747	13,78
	11,49	25,59
	5,747	15,75
	5,747	11,81
	2,874	9,843
	11,49	11,81
	11,49	21,65
	6,688	27,42
	8,361	25,81
	11,70	20,97
	9,197	22,58
	6,688	30,65
	9,197	27,42
	5,016	40,32
	9,197	16,13
	6,688	25,81
	10,03	22,58
Média	7,585	22,039
Desvio padrão	2,7853	7,3174

Anexo 7

Teste estatístico para P-ortofosfato e P-total na água dos rios Umbeluzi e Calichane

STATISTIX 3.1

4 JUN 1, 13:5

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR F VS G

VARIABLE	RANK	SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááá	áááááááá	áááááá	áááááááá	áááááááá	áááááá
F	55.00		10	0.000	5.5
	155.0		10	100.0	15.5
TOTAL	210.0		20		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.0000

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 3.742
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.0002

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 2
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 20 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

4 JUN 1, 13:5

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR H VS I

VARIABLE	RANK	SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááá	áááááááá	áááááá	áááááááá	áááááááá	áááááá
H	55.00		10	0.000	5.5
I	155.0		10	100.0	15.5
TOTAL	210.0		20		

EXACT PROBABILITY OF A RESULT AS OR MORE EXTREME THAN THE OBSERVED RANKS (1 TAILED P VALUE) 0.0000

NORMAL APPROXIMATION WITH CONTINUITY CORRECTION 3.742
TWO TAILED P VALUE FOR NORMAL APPROXIMATION 0.0002

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 0
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 20 MISSING CASES 0

STATISTIX 3.1

4 JUN 1, 13:5

ONE WAY AOV

VARIABLE	MEAN	SAMPLE SIZE	GROUP VARIANCE
----------	------	-------------	----------------

Legenda: P-ortofosfato na água dos rios Umbeluzi e Calichane

F- Rio Calichane

G- Rio Umbeluzi

P-total nos rios Calichane e Umbeluzi

H- Rio Calichane

I- Rio Umbeluzi

Anexo 8

Concentração de P_{total} teórico na Albufeira dos Pequenos Libombos

Fórmula:

$$P_L = 1,55 * [P_{in}/(1 + \sqrt{t_w})]^{0,82}$$

$$P_L = 1,55 [P_{in}/(1 + \sqrt{t_w})]^{0,82}$$

$$P_L = 1,55 [141.8/(1 + \sqrt{1.3})]^{0,82}$$

$$P_L = 1,55 [141.8/(1 + 1.14)]^{0,82}$$

$$P_L = 1,55 [141.8/(2.14)]^{0,82}$$

$$P_L = 1,55 (66.26)^{0,82}$$

$$P_L = 1,55 * 31.15$$

$$P_L = 48.28 \mu g P_{total}/L$$

Onde:

P_L – Concentração teórica de fósforo total na Albufeira dos Pequenos Libombos.

P_{in} – Concentração de fósforo total dos rios tributários (Calichane e Umbeluzi).

t_w – Tempo de residência da água na Albufeira dos Pequenos Libombos.

Anexo 9

Tabela 6 de fósforo no sedimento (% de peso seco)

	Albufeira		
	Zona I	Zona II	Zona III
	2,063	7,438	9,875
	1,625	8,313	8,625
	1,625	7,688	8,063
	1,563	7,875	7,875
	2,188	7,5	10,56
	2,813	9,188	9,313
	2,5	8,188	
Média	2,0538	8,0271	9,05183
Desvio padrão	0,4834	0,6080	1,0550

Tabela 7: valores limites de fósforo fixados pela OECD para a classificação trófica dos lagos e Albufeiras (modificada pela OECD, 1982), segundo Ryding e Rast (1984)

μg de P/l	Estado trófico
$< 4 \mu\text{g/l}$	Ultra-Oligotrófico
$< 10 \mu\text{g/l}$	Oligotrófico
10 - 35 $\mu\text{g/l}$	Mesotrófico
35 - 100 $\mu\text{g/l}$	Eutrófico
$> 100 \mu\text{g/l}$	Hiper-Trófico

Anexo 10

Teste estatístico para o fósforo total (% de peso seco) no sedimento

{

}

VARIABLE	RANK	SIZE
áááááááá	áááááá	áááááá
J	4.0	7
K	12.1	7
L	16.3	6
TOTAL	10.5	20

KRUSKAL-WALLIS STATISTIC 14.6337
P VALUE, USING CHI-SQUARED APPROXIMATION 0.0007

PARAMETRIC AOV APPLIED TO RANKS

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
ááááááá	áááá	áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááá
BETWEEN	2	511.4	255.7	28.49	0.0000
WITHIN	17	152.6	8.976		
TOTAL	19	664.0			

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 4
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 20 MISSING CASES 10

STATISTIX 3.1

4 JUN 1, 13:5

KRUSKAL-WALLIS ONEWAY NONPARAMETRIC AOV

VARIABLE	MEAN RANK	SAMPLE SIZE
áááááááá	áááááá	áááááá
J	4.0	7
K	12.1	7
L	16.3	6
TOTAL	10.5	20

KRUSKAL-WALLIS STATISTIC 14.6337
P VALUE, USING CHI-SQUARED APPROXIMATION 0.0007

PARAMETRIC AOV APPLIED TO RANKS

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
ááááááá	áááá	áááááááááá	áááááááááá	áááááá	áááááá
BETWEEN	2	511.4	255.7	28.49	0.0000
WITHIN	17	152.6	8.976		
TOTAL	19	664.0			

TOTAL NUMBER OF VALUES WHICH WERE TIED 4
MAX. DIFF. ALLOWED BETWEEN TIES 1.0E-0005

CASES INCLUDED 20 MISSING CASES 10

STATISTIX 3.1

4 JUN 1, 13:5

RANK SUM TWO SAMPLE (MANN-WHITNEY) TEST FOR F VS G

VARIABLE	RANK SUM	SAMPLE SIZE	U STAT	AVERAGE RANK
áááááááá	áááááááá	áááááá	áááááááááá	áááááá
F	55.00	10	0.000	5.5
G	155.0	10	100.0	15.5
TOTAL	210.0	20		

Legenda: P-total (% de peso seco) no sedimento

J- Zona I

K- Zona II

L- Zona III

Anexo 11

Figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 mostrando os diversos níveis e formas de ocupação das margens da Albufeira dos Pequenos Libombos, o estado precário de saneamento (das latrinas), a lavagem de roupa, zona pouco perturbada pelas actividades humanas e efeito erosivo das águas sobre a vegetação quando o nível das águas for elevado.



a)

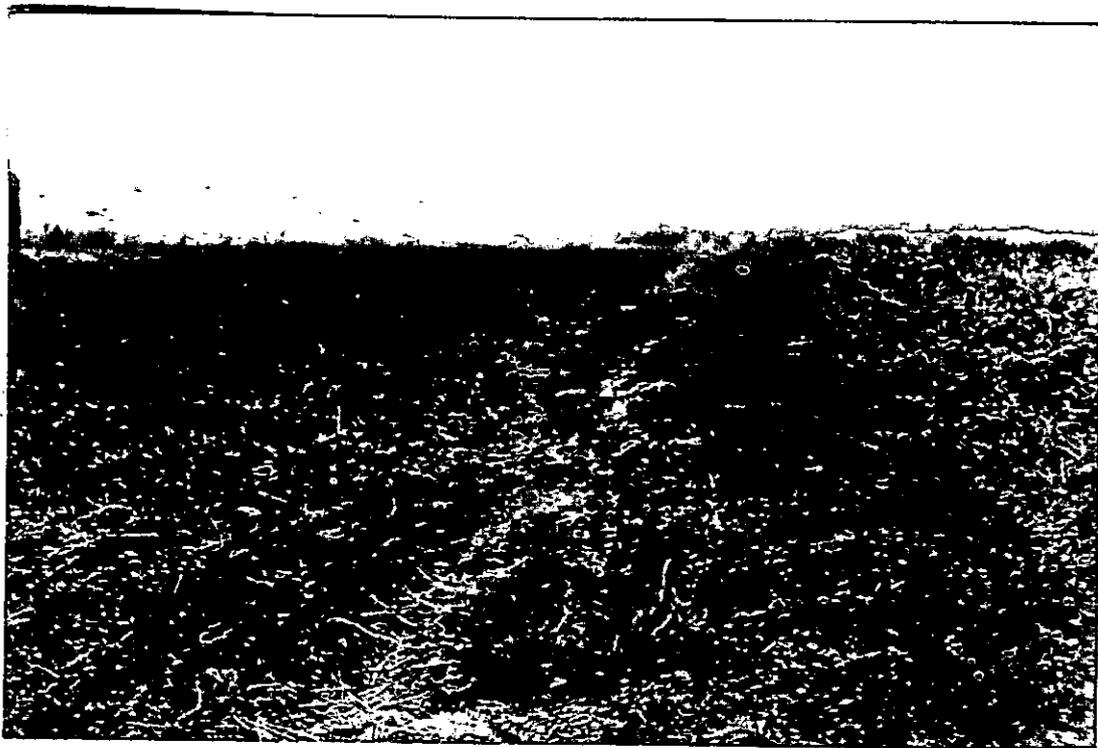


b)

Figura 12: a) Mostrando cultura de bananeiras junto a margem e b) o efeito erosivo devido a remoção da vegetação para actividades agrícolas



a)



b)

Figura 13 a e b: Terra em preparação para a agricultura mostrando o efeito erosivo da lavoura à tracção mecânica



a)



b)

Figura 14 a e b Mostrando o assentamento populacional e completa remoção da vegetação para actividades agrícolas e picadas



a)



b)

Figura 15 a e b : Mostrando o estado precário da latrina da zona habitcional



a)



b)

Figura 16: a) Assentamento populacional e b) lavagem de roupa



a)



b)

Figura 17 a e b: Zona pouco perturbada por actividades humanas mostrando uma vegetação natural tipo savana aberta



a)



b)

Figura 18 a e b: Efeito erosivo das águas sobre a vegetação quando o nível das águas é elevado

