

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA**

**JOSÉ BENIGNO VIANA PORTELA**

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DAS CAVAS  
GERADAS PELA INDÚSTRIA CERÂMICA PARA USO DA  
PISCICULTURA COMO ALTERNATIVA DE  
REINTEGRAÇÃO AMBIENTAL.**

**São Luís-MA.  
2004**

**JOSÉ BENIGNO VIANA PORTELA**  
Engenheiro de Pesca

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DAS CAVAS GERADAS PELA  
INDÚSTRIA CERÂMICA PARA USO DA PISCICULTURA COMO  
ALTERNATIVA DE REINTEGRAÇÃO AMBIENTAL.**

Dissertação apresentada ao curso de  
mestrado do Programa de Pós-  
Graduação em Agroecologia da  
Universidade Estadual do Maranhão,  
para obtenção do título de Mestre em  
Agroecologia.

**Orientador: Profº Dr. Lúcio Antônio  
Alves de Macedo.**

**São Luís-MA.  
2004.**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
LABORATÓRIO DE LIMNOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
LABORATÓRIO DE LIMNOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Portela, José Benigno Viana.**

**Caracterização limnológica das cavas geradas pela indústria cerâmica para uso da piscicultura como alternativa de reintegração ambiental. / José Benigno Viana Portela. - São Luís/MA: UEMA, 2004.**

74 f.

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão Maranhão. 2004.

1. Impacto ambiental. 2. Limnologia. 3. Indústria Cerâmica. 4. Piscicultura. 5. Manejo I. Título

CDU: 639:556.55 (8121.1)

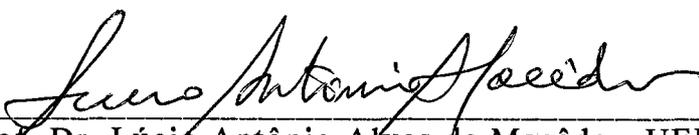
**JOSÉ BENIGNO VIANA PORTELA**  
Engenheiro de Pesca

Dissertação apresentada ao curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

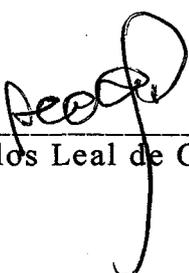
**Orientador:** Prof<sup>o</sup> Dr. Lúcio Antônio Alves de Macêdo.

Aprovada em 25/03/2004

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Lúcio Antônio Alves de Macêdo - UEMA.  
Orientador.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Ricardo S. Telles de Souza - UEMA.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Antônio Carlos Leal de Castro - UFMA.

*A minha mãe Maria Júlia pelo  
seu amor e dedicação, aos meus  
irmãos e irmãs e aos meus filhos  
Gustavo José e Breno José por  
estarem todos sempre presentes na  
minha vida.*

*“Todos os rios correm para o mar  
e o mar não se enche; ao lugar para  
onde correm os rios, para lá tornam  
eles a correr.”*

***Eclesiastes: 1,7.***

## AGRADECIMENTOS

À Deus, Senhor Supremo, Soberano e Misericordioso, e a seu filho Jesus Cristo, Nosso Senhor, por terem me dado forças para realizar este trabalho e por estarem presentes em todos os momentos da minha vida.

Ao meu irmão, Roberto, pela amizade e incentivo demonstrados.

À Universidade Estadual do Maranhão, pela oportunidade de ter realizado o curso.

Ao Prof. Lúcio Antônio Alves de Macêdo, pela orientação.

À Pró-reitora de Administração da UEMA, Myrian de Magdala Ferreira e Silva, pela ajuda e incentivo.

Ao Prof. José Ribamar Gusmão Araújo a Profa. Francisca Helena Muniz e aos demais membros do colegiado do Curso de Mestrado em Agroecologia pelo apoio.

Aos professores: Ricardo Barbieri, Odilon Teixeira, Antônio Carlos, Paulo Saraiva, Maria José e aos demais colegas do Departamento de Oceanografia e Limnologia-UFMA, pelo incentivo e sugestões.

À Profa. Zélia Maria Pimentel Nunes-Universidade Federal do Pará-UFPA/Campus de Bragança, pelas sugestões, gentileza e atenção dispensadas.

Ao LABOHIDRO-UFMA, pelo apoio logístico durante as análises das amostras e ao auxiliar de laboratório, Henrique, pela atenção e pronto atendimento na disponibilização dos materiais e equipamentos utilizados nas coletas de campo.

Ao estagiário Evandro Moreira do Curso de Ciências Aquáticas, pela ajuda nas coletas de amostras de campo, nas análises de laboratório, nas sugestões durante a redação, normatização e formatação desta dissertação.

Aos proprietários e gerentes das indústrias cerâmicas pelas informações prestadas e a atenção dispensada.

Aos colegas de curso, pelas experiências adquiridas através do convívio.

Às pessoas que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho e em especial a Profa. Antônia Alice Costa Rodrigues pelo apoio, incentivo e confiança.

## RESUMO

Este trabalho se baseia no estudo ambiental das cavas oriundas das lavras de argila à céu aberto, exploradas por indústrias cerâmicas localizadas no município de Bacabeira/MA. Teve como objetivo realizar um estudo preliminar sobre a qualidade ambiental (solo e água) das cavas oriundas da extração de argila pela indústria cerâmica, para uso da piscicultura como forma de reintegração ambiental. Para tanto, realizou-se um levantamento sobre a atuação dessas indústrias no município e concomitantemente foram determinados os parâmetros de qualidade da água, bem como os teores de matéria orgânica no sedimento e composição granulométrica dos solos em seis cavas: C1CP, C2CP, C3CP, C1SP, C2SP e C3SP. Foram realizadas duas coletas sazonais em 01 de outubro e 30 de novembro de 2003, e uma amostragem nictimeral também no dia 30 de novembro de 2003. Os resultados obtidos mostram intensa degradação ambiental e a inexistência e/ou insuficiência das práticas de ações mitigadoras. Ocorreram estratificações térmicas, baixos valores de condutividade e apesar de apresentar pH básico, mostrou-se baixa a alcalinidade, sendo o pH influenciado por altas concentrações de amônia. O oxigênio dissolvido, sofreu grandes variações decorrentes dos processos de respiração, amonificação e nitrificação. Os micronutrientes foram elevados, não sendo, portanto, fatores limitantes na produtividade desses ambientes. O NID, ainda é alto, sendo os maiores contribuintes o nitrogênio amoniacal e o nitrogênio nítrico. Essas cavas podem ser utilizadas para a piscicultura, desde que, sejam observadas as técnicas de manejo, bem como o uso de espécies que suportem as variações dos parâmetros físico-químicos. Contudo, nesse caso, a piscicultura pode ser considerada como um agente complementar na reintegração ambiental.

**Palavras-chave:** Impacto Ambiental. Limnologia. Indústria Cerâmica. Piscicultura. Manejo.

## ABSTRACT

This work is based on the environmental study of the armhole originating from clay mines to open, operated by ceramic industries located in the municipality of Bacabeira/MA. We aimed to carry out a preliminary study on environmental quality (soil and water) of the armhole originating from clay extraction for the ceramics industry, for use in fish farming as a form of environmental reintegration. For both a survey was carried out to about the actions of these industries in the city and concomitantly were determined water quality parameters, as well as the levels of organic matter in the sediment and particle size composition of the soil in six cavas: C1CP, C2CP, C3CP, C1SP, C2SP and C3SP. Two seasonal collections were carried out on 01 October and 30 November 2003, and a sampling nictimeral also on 30 November 2003. The results show intense environmental degradation and the lack and / or inadequacy of the practices of mitigating actions. There were thermal stratification, and low conductivity values despite having a basic pH, was low alkalinity, the pH being influenced by high concentrations of ammonia. Dissolved oxygen, suffered great variations from breathing processes, ammonification and nitrification. Micronutrients were high, not being thus limiting factors on productivity of these environments. The NID is still high, the largest contributors being the ammonia nitrogen and nitric nitrogen. These pits can be used for fish farming, provided that management techniques are observed, and the use of species that support the changes in the physico-chemical parameters. However, in this case, the fish can be considered as a complementary agent environmental reintegration.

**Keywords:** Environmental Impact. Limnology. Ceramics Industry. Pisciculture. Management.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Localização das indústrias cerâmicas do município de Bacabeira-MA: (1) Periz de Baixo; (2) Alerta Ltda.; (3) Mato Feijão; (4) CIB Ltda; (5) CERITA Ltda; (6) Rio Bonito S/A e (7) Cerâmica Rancho Papoco.	32
FIGURA 2	(a) Cava de jazidas de argila e impacto na cobertura vegetal. (b) Biomassa vegetal para combustível dos fornos das cerâmicas em Bacabeira – MA.	39
FIGURA 3	(a) Deposição de refugos de indústria cerâmica. (b) Erosão provocada pela ação da água e ressecamento do solo pela excessiva exposição à radiação solar nas cavas.	39
FIGURA 4	Composição granulométrica dos solos das cavas em 01/10/2003.	44
FIGURA 5	Concentração de cátions e a capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos das cavas em 01/10/2003.	45
FIGURA 6	Teor de matéria orgânica no sedimento das cavas mensuradas nos dias 01/10/2003 e 30/11/2003.	46
FIGURA 7	Material particulado em suspensão na água das cavas, no dia 01/10/2003.	47
FIGURA 8	Profundidade do disco de Secchi na água das cavas.	48
FIGURA 9	Estrutura térmica na água das cavas, mensuradas entre 10h e 14h: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária da temperatura da água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.	50
FIGURA 10	Perfis de condutividade elétrica na água das cavas: (a) dia 01/10/2003 e (b) dia 30/11/2003. Evolução diária da condutividade elétrica da água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.	51
FIGURA 11	Variação do pH da água das cavas mensuradas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária do pH da água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.	53
FIGURA 12	Variação da alcalinidade da água das cavas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária da alcalinidade da água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.	54
FIGURA 13	Variação da concentração de CO <sub>2</sub> livre na água das cavas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária da concentração de CO <sub>2</sub> livre na água das cavas: (c) C1CP; (d) C3SP.	55
FIGURA 14	Variação da concentração de oxigênio dissolvido na água das cavas mensuradas entre 10h e 14h: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária da concentração de oxigênio dissolvido na água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.	57
FIGURA 15	Variação do fósforo inorgânico dissolvido na água das cavas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária do fósforo inorgânico dissolvido na água das	59

- cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.
- FIGURA 16 Variação de nitrogênio amoniacal na água das cavas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária de nitrogênio amoniacal na água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP. 60
- FIGURA 17 Variação de nitrogênio nitroso na água das cavas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária de nitrogênio nitroso na água das cavas mensurada no dia 15/11/2003: (c) C1CP e (d) C3SP. 61
- FIGURA 18 Variação de nitrogênio nítrico na água das cavas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2013. Evolução diária de nitrogênio nítrico na água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP. 63

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Principais classes de solos do município de Bacabeira/MA.	33
TABELA 2	Valores das variáveis climatológicas da área do município de São Luís/MA.	37
TABELA 3	Indústrias cerâmicas pesquisadas do município de Bacabeira-MA.	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C	antes de Cristo
ANICER	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
C1CP	Cava 1 com Peixes
C2CP	Cava 2 com Peixes
C3CP	Cava 3 com Peixes
C1SP	Cava 1 sem Peixes
C2SP	Cava 2 sem Peixes
C3SP	Cava 3 sem Peixes
CERITA	Cerâmica Industrial ITA Ltda.
CIB	Cerâmica Industrial Bacabeira Ltda.
CTC	Capacidade de troca catiônica
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FIEMA	Federação das Indústrias do Estado do Maranhão
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
LABOHIDRO	Laboratório de Hidrobiologia
pH	Potencial Hidrogeniônico
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
UEMA	Universidade Estadual do Maranhão
UFMA	Universidade Federal do Maranhão

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Meio Ambiente, ecologia e interferência antrópica.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Impactos ambientais causados pela indústria cerâmica.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>Áreas degradadas e formas de recuperação.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Piscicultura como agente mitigador de impacto ambiental.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5</b>	<b>Origem, uso e qualidade da água para piscicultura.....</b>	<b>22</b>
<b>2.6</b>	<b>Espécies propícias e os sistemas de cultivo.....</b>	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>Metodologia.....</b>	<b>33</b>
3.2.1	Variáveis climatológicas.....	33
3.2.2	Impactos ambientais e ações mitigadoras.....	34
3.2.3	Solo e sedimento de fundo.....	34
3.2.4	Material particulado em suspensão (MPS), variáveis físico-químicas e nutrientes da água.....	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1</b>	<b>Variáveis climatológicas.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2</b>	<b>Indicadores sócio-econômicos e impactos ambientais.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3</b>	<b>Legislação e ações mitigadoras.....</b>	<b>40</b>
<b>4.4</b>	<b>Avaliação das cavas para piscicultura.....</b>	<b>44</b>
4.4.1	Solos, capacidade de troca catiônica e sedimentos de fundo.....	44
4.4.1.1	Solos.....	44
4.4.1.2	Capacidade de troca catiônica (CTC).....	45
4.4.1.3	Sedimentos.....	46
4.4.2.	Material particulado em suspensão e variáveis físico-químicas da água.....	47
4.4.2.1	Material particulado em suspensão (MPS).....	47
4.4.2.2	Transparência.....	48
4.4.2.3	Temperatura.....	49
4.4.2.4	Condutividade elétrica.....	50

4.4.2.5	Potencial hidrogeniônico (pH).....	52
4.4.2.6	Alcalinidade.....	53
4.4.2.7	CO <sub>2</sub> livre.....	55
4.4.2.8	Oxigênio dissolvido (OD).....	56
4.4.3	Nutrientes inorgânicos dissolvidos (NID).....	58
4.4.3.1	Fósforo inorgânico dissolvido (PID).....	58
4.4.3.2	Nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> /N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	60
4.4.3.3	Nitrogênio nitroso (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	61
4.4.3.4	Nitrogênio nítrico (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	62
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES</b> .....	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>65</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Presume-se que a alvenaria tenha sido criada há cerca de 15.000 anos, pois necessitando de um refúgio natural para se proteger do frio e dos animais selvagens, o homem decidiu empilhar pedras. No entanto, quando a pedra natural começou a se escassear, o homem passou a substituí-la pelo tijolo seco ao sol. O registro mais antigo do tijolo foi encontrado nas escavações arqueológicas em Jericó (Oriente Médio), no período Neolítico inicial. A unidade de alvenaria (tijolo) era uma peça grande em forma de pão, seca ao sol, pesando em torno de 15 kg. Nestas unidades de barro, conformados à mão, se encontram marcados os dedos do homem neolítico que as elaborou (OLIVEIRA et al., 2001).

Algumas investigações arqueológicas realizadas indicam que os tijolos empregados nas primeiras edificações foram fabricados na Mesopotâmia e datam de 4000 a.C. neste período os tijolos ainda eram utilizados no estado seco. Os primeiros tijolos queimados datam de 3000 a.C. e eram empregados para revestimentos externos e mais frequentemente como muros de proteção. No entanto, a arte de queimar objetos em particular utensílios domésticos, já era conhecida há muitos séculos antes. Muitos exemplos de tijolos queimados, no período compreendido entre 1600 a 1100 a.C. foram encontrados em locais da antiga Babilônia (OLIVEIRA et al., 2001).

No Egito, as construções de tijolos apareceram após as da Mesopotâmia. Considera-se que a arte de fabricação de tijolos ramificou-se do Egito em direção ao Mediterrâneo, Índia e China. Embora as pirâmides fossem construídas de pedras calcárias ou granitos, foram encontrados entre as mais velhas pirâmides muros internos (paredes) construídos de tijolos secos revestidos externamente com pedras. Na Roma antiga os materiais de construção mais usados eram o "tufo" (pedra de origem vulcânica) como elemento de construção de paredes e muros e a pozolana como ligante (argamassa). Na Roma primitiva a arte de produção de argila queimada já era conhecida. Após as civilizações assíria, babilônica e egípcia, os tijolos queimados só foram empregados na construção de paredes e muros, em geral, durante o período imperial 31 a.C. a 476 d.C. (OLIVEIRA et al., 2001).

Utilizados desde 4.000 a.C. pelo homem os materiais cerâmicos se

destacam pela sua durabilidade, além da abundância da matéria-prima (argila) utilizada. Não se sabe exatamente a época e o local de origem do primeiro tijolo (OLIVEIRA et al, 2001).

Em todo mundo, a indústria cerâmica tem uma importância fundamental na economia. Além de oferecer insumos diversos para utilização na construção civil, essa indústria promove a oferta de inúmeros empregos diretos e indiretos através do recrutamento da mão-de-obra disponível, minimizando o fantasma o desemprego e contribuindo para o aquecimento da economia mediante a geração de renda e o aumento da arrecadação tributária.

O Brasil conta com aproximadamente 12.000 indústrias cerâmicas, sendo responsáveis pela oferta de 650 mil empregos diretos, pela geração de 02 milhões de empregos indiretos, apresentam um faturamento anual na ordem de 06 bilhões de reais.ano<sup>-1</sup> e um consumo de matéria-prima (argila) de aproximadamente 15 milhões de toneladas.ano<sup>-1</sup> (ANEXO A). Desse total de indústrias, apenas 163 cerâmicas, 14 sindicatos e 07 associações são filiadas à Associação Nacional das Indústrias Cerâmicas (ANICER). No estado do Maranhão, segundo o Sindicato das Indústrias de Cerâmica para a Construção, das 78 cadastradas pela Federação das Indústrias do Estado do Maranhão (FIEMA), apenas 24 fazem parte do referido sindicato (ANEXO B).

No Brasil, a indústria cerâmica apresenta uma grande variedade tanto de processos como de produtos, desde os mais rudimentares até os mais sofisticados. No Nordeste, está voltada para cerâmica vermelha, e utiliza a lenha como principal combustível para queima de produtos em fornos intermitentes do tipo chama descendente, com câmara retangular ou circular ou chama ascendente, tipo caeira. O processo de produção empregado é o mesmo do século passado e as raras inovações tecnológicas existentes objetivam apenas a automação do processo visando reduzir o custo da mão-de-obra. Apesar da diversidade, constata-se a ocorrência de algumas etapas comuns como extração da matéria-prima (argila), transporte, preparação da argila, conformação e extrusão, processamento térmico, secagem das peças e queima (BANCO DO NORDESTE, 1999).

Apesar de ocupar uma posição de destaque no contexto nacional, sendo a principal indústria da construção civil, ela se constitui como um dos principais agentes de degradação ambiental. As práticas utilizadas, muitas das

vezes abusivas estão evidenciadas durante o processo de lavra a céu aberto, ou seja, por ocasião da retirada da argila, principal matéria-prima. A extração é feita com o uso de máquinas pesadas e/ou implementos: tratores de esteira, pás carregadeiras e retroescavadeiras, sendo essa matéria prima largamente utilizada na fabricação de diversos produtos como vários tipos e formas de telhas, tijolos, elementos vazados, combogós, refratários, dentre outros.

Ao longo dos anos, o emprego de técnicas de “recuperação” como forma de mitigar os impactos negativos causados por essas indústrias e outros tipos de mineração já vem sendo adotadas. Ressaltam-se o reflorestamento com espécies nativas, reflorestamento comercial com espécies exóticas, pastagens e piscicultura, entre outras.

A piscicultura é uma atividade zootécnica que vem apresentando um ritmo de crescimento de aproximadamente 30% ao ano no Brasil, índice bastante superior ao obtido pela grande maioria das atividades rurais tradicionais como, por exemplo, a pecuária e agricultura. Esse crescimento deve-se principalmente à lucratividade e ao rápido retorno do capital investido pelo produtor (OSTRENSKY, 1998). Açudes, barragens, lagos e outros corpos límnicos existentes em várias localidades poderiam ser utilizados não apenas no cultivo de peixes, mas também de outros organismos aquáticos, seja através dos sistemas tradicionais ou por outros sistemas mais modernos como tanques-rede e gaiolas (ROCHA, 1996).

O crescimento populacional dos últimos anos teve reflexo direto na agropecuária mundial devido ao aumento considerável da demanda por alimentos exigindo maior quantidade no mercado. Alimentos saudáveis, nutritivos, e que satisfizessem as exigências da população contribuiu para que o setor aquícola se expandisse e conseqüentemente gerasse uma maior oferta de produtos destinados ao consumo humano. A aquíicultura cresceu muito na década de 90, sendo que a piscicultura é a atividade do setor que mais se destacou, representando cerca de 50% da produção mundial total de organismos aquáticos (FAO, 1995).

A produção de pescado do Maranhão no ano de 2002 foi de 58.242,5 toneladas.ano<sup>-1</sup>, das quais 56.850,5 toneladas são provenientes da pesca extrativista e o restante 1.392,0 toneladas da aquíicultura (IBAMA, 2003a).

O Estado apresenta potencial para o desenvolvimento da aquicultura, como alta fertilidade de suas águas costeiras, extensas áreas adjacentes ao litoral propícias aos cultivos aquáticos, grandes áreas formadas por apicuns, campos alagados e salinas desativadas (38.013 ha) que poderia ser utilizado na maricultura. Para o desenvolvimento da piscicultura continental o estado conta com várias espécies de peixes dulciaqüícolas, condições climáticas favoráveis ao cultivo, uma rede hidrográfica substancial formada pelas bacias do Gurupi, Pericumã, Mearim, Itapecurú, Grajaú, Turiaçu, entre outras (MARANHÃO, 1993).

Além de toda essa potencialidade as indústrias cerâmicas do Maranhão, geram centenas de cavas que poderiam ser utilizadas para a piscicultura. Essas cavas armazenam água das chuvas formando pequenos açudes que são abastecidos apenas durante o período chuvoso e predominando durante o período seco, a evaporação.

Conforme o exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo preliminar sobre a qualidade ambiental (solo e água) das cavas oriundas da extração de argila pela indústria cerâmica, para uso da piscicultura como forma de reintegração ambiental.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Meio ambiente, ecologia e interferência antrópica**

Macêdo (1988) define o meio ambiente como o resultado da interação entre as variáveis naturais e as variáveis "não naturais". São consideradas variáveis naturais as características geográficas, geológicas, históricas, físicas, químicas e biológicas enquanto que as não naturais são oriundas dos modelos de desenvolvimento adotados pela humanidade como estruturas sociais, econômicas, éticas, culturais, psicológicas e políticas. Meio ambiente é o entorno no qual uma organização opera, incluindo-se o ar, a água, o solo, a flora, a fauna (recursos naturais), os seres humanos e suas inter-relações.

Segundo Odum (1988) a ecologia trata do estudo do padrão das relações entre os organismos e o seu ambiente. Desde muito cedo na história humana a ecologia era de interesse prático. Para sobreviver na sociedade

primitiva todos os indivíduos precisavam conhecer o ambiente que os circundava. O início da civilização coincidiu com o uso do fogo e de outros instrumentos para modificar o ambiente. Devido aos avanços tecnológicos, parece que a humanidade depende menos do ambiente natural para suprir as suas necessidades diárias, esquecendo que a dependência da natureza continua.

Os sistemas econômicos de toda e qualquer ideologia política valorizam as coisas feitas por seres humanos que trazem benefícios primariamente para o indivíduo, mas dão pouco valor aos produtos e “serviços” da natureza que trazem benefícios a toda a sociedade. Enquanto não ocorre uma crise aproveitam-se esses “serviços e produtos” naturais sem pensar, imaginando que são ilimitados ou, de certa forma, substituíveis por inovações tecnológicas, apesar das evidências mostrarem o contrário (ODUM, 1988).

Alterações no meio ambiente podem ocorrer de forma natural ou artificial. O homem devido as suas necessidades acaba transformando o meio em que vive modificando seus constituintes. Assim, o impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetam direta ou indiretamente, a segurança, a saúde, o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1981).

## **2.2 Impactos ambientais causados pela indústria cerâmica**

Dependendo do enfoque desejado, a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas, a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada e a qualidade e o regime do sistema hídrico for alterado. A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e inviabiliza o desenvolvimento sócio-econômico (IBAMA, 2003b).

Um ecossistema degradado é aquele que após o distúrbio teve eliminado juntamente com a vegetação os seus meios de regeneração bióticos,

tais como banco de sementes, de pântulas, de chuvas de sementes e rebrota. Apresenta baixa resiliência, ou seja, o seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento. Em ecossistemas degradados a ação antrópica é imprescindível para recuperação, haja vista que estes não dispõem de mecanismos de regeneração (CARPANEZZI et al., 1990, apud JESUS, 1994).

As indústrias cerâmicas são consideradas como as principais consumidoras de lenha dentre as diversas indústrias que utilizam biomassa vegetal como fonte de energia. Essas indústrias exigem um suprimento constante de lenha, sendo mantido na maioria das vezes pelo desmatamento de áreas com vegetação nativa e apresentam o consumo é de 1,0 m<sup>3</sup> de lenha por milheiro de peça fabricada. Em cerâmicas de forno contínuo, durante a queima há ocorrência de emissões atmosféricas poluentes como material particulado (fumaça) e gases como óxidos de enxofre, nitrogênio e carbono (Projeto PNUD/FAO/BRA 87/007, apud BANCO DO NORDESTE, 1999).

A atividade de mineração apresenta um grau de impacto ambiental de alta magnitude devido às modificações físicas e bióticas provocadas na área de influência (IBAMA, 2003b). A extração de um volume expressivo de argila e material rochoso provoca grande impacto ambiental com alterações na topografia, vegetação, sistema hídrico e no solo (AMOUD & BALISTIERE, 1997).

### **2.3 Áreas degradadas e formas de recuperação**

Área degradada é toda área que por ação natural ou antrópica teve suas características originais alteradas além do limite de recuperação natural dos solos, exigindo, assim, a intervenção do homem para sua recuperação (NOFFS et al., 2000).

A intensidade do dano é o fator que define a diferenciação entre uma área degradada e uma área perturbada. Área degradada é um local que sofreu qualquer alteração desvantajosa, causando a diminuição de sua produtividade, seja por conta de manejo inadequado, da remoção da cobertura vegetal, do excesso de fertilizantes e/ou agrotóxicos, da erosão, mineração ou qualquer prática inadequada. Esta não tem capacidade de se recuperar sozinha, tendo

necessidade de intervenção humana. Qualquer processo causador de alteração negativa do ambiente, causando desequilíbrio ou destruição total ou parcial do ecossistema é caracterizado como degradação ambiental (WATANABE, 1997, apud MANTOVANI & BARBOSA, 2000).

Segundo Majer (1989) a recuperação é um termo genérico que cobre todos os aspectos de qualquer processo que visa a obtenção de uma nova utilização da área degradada “como o retorno da área a um estado biológico apropriado, podendo esse retorno significar o uso produtivo da área em longo prazo, com a implantação de uma atividade que possa render lucros”.

Murgel et al. (1993) afirmam que a recuperação de áreas degradadas implica no desenvolvimento de modelos de manejo ambiental que visam a conservação da base dos recursos de acordo com um planejamento preestabelecido para o uso e que a forma de tratamento prevista para o solo da área degradada deve levar em consideração os aspectos físicos, bióticos e sócio-econômicos. A área degradada deverá ter condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem.

Técnicas de reabilitação tais como levantamento fitossociológico, uso de serrapilheira, mudança no método de remoldagem do terreno, confecção de nichos, enriquecimento de área de sucessão, produção de mudas em tubetes, entre outras, foram incorporadas em áreas de minério de bauxita (FERREIRA et al., 1997).

O plantio de gramíneas consorciado com leguminosas e a arborização com espécies nativas frutíferas, ornamentais, de lei, com propriedades medicinais e em extinção estão sendo utilizadas com sucesso como forma de recuperação de áreas degradadas pela Rio Posacuto S.A., no município de Paracatu/MG. (OLIVEIRA, 1994).

## **2.4 Piscicultura como agente mitigador de impacto ambiental**

No Brasil, o primeiro dispositivo legal visando a minimizar os impactos negativos causados por mineração foi a Lei nº 6.938 de 31/08/1981, que por intermédio do Decreto Federal nº 88.351, instituiu o Licenciamento Prévio (LP), Licenciamento de Instalação (LI) e Licenciamento de Operação

(LO). A partir de 1986 a Resolução do CONAMA nº 01, foram estabelecidas as definições, responsabilidades, critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente.

Em 1989 o Decreto Federal, instituiu a Lei nº 97.632 que define em seu artigo 1º, que os empreendimentos que se destinam à exploração dos recursos minerais deverão submeter seus projetos à aprovação dos órgãos federais, estaduais e municipais e terão que executar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).

Como forma de mitigar o impacto causado pela indústria ceramista no Brasil comumente se usa a revegetação para recuperar e/ou reabilitar as áreas degradadas e, por essa razão, recuperação e reabilitação são termos considerados afins no País (IBAMA, 2003b). Alguns outros autores adotam outros termos e definições além das citadas acima, as quais, segundo Mantovani & Barbosa (2000), podem ser aplicadas juntamente com outro projeto. Porém todos os tipos de projetos tem objetivo final de melhorar a degradação já ocorrida, com algumas diferenças, de intensidade ou forma da intervenção ao ambiente ou objetivo final em relação ao estado inicial da área.

O desmatamento da área da jazida, a degradação do solo com abertura de cavas, o desbarrancamento dos taludes das cavas, especialmente quando localizados às margens dos rios (matas ciliares), são considerados como impactos decorrentes da extração de argilas (BANCO DO NORDESTE, 1999).

Na década de 70 com o aparecimento das inovações tecnológicas direcionadas para o incremento da produção de pescado a nível mundial, em reunião técnica realizada em Tóquio, a FAO no ano de 1976 chegou à conclusão de que a aquicultura seria a única alternativa capaz e viável para atender à demanda de pescado, sem provocar desequilíbrio ao meio ambiente (BARROSO, 1999). Sendo uma das principais atividades geradoras de emprego e renda no meio rural propiciando o desenvolvimento sustentável, o bem estar social de forma racional e não predatória, conservando a qualidade ambiental (CHISTESEN, 1989).

Atualmente, a aquicultura é uma atividade que vem sendo bastante difundida e desenvolvida em vários países do mundo, constituindo-se numa atividade que visa o atendimento da demanda por alimentos que vem se

acentuando de forma progressiva em consequência do aumento populacional (FONSECA, 1990).

Em alguns estados da Região Nordeste do Brasil a piscicultura vem evoluindo rapidamente tendo em vista o uso das potencialidades de suas águas interiores tais como: rios, açudes (públicos e particulares), represas hidroelétricas e canais de irrigação (FURTADO, 1995).

Áreas improdutivas ou de baixo rendimento agropecuário mesmo levando-se em consideração que as propriedades físicas e químicas da água estão inter-relacionadas às características do solo, podem ser aproveitadas pela piscicultura, pois além de transformá-las elevam sua produtividade (GALLI & TORLONI, 1984).

Bard (1980) e Proença & Bittencourt (1994) afirmam que na seleção de áreas para a aquicultura, vários fatores devem ser levados em conta, para que haja viabilização do empreendimento. Esses fatores estão relacionados principalmente com a vegetação, topografia do terreno, classe e natureza do solo, aspectos quantitativos e qualitativos da água destinada ao abastecimento dos tanques, viveiros e açudes (dados hidrológicos), dados meteorológicos como: temperatura, precipitação pluviométrica, dentre outros.

## **2.5 Origem, uso e qualidade da água para piscicultura**

Quando se trata de piscicultura deve-se levar em consideração a disponibilidade de água em condições de ser usada para tal fim. Trata-se do principal insumo, sendo o habitat natural dos organismos aquáticos e um dos fatores limitantes ao sucesso da atividade.

A obtenção de água para a piscicultura pode ser feita a partir da chuva, de águas superficiais (rios, córregos, lagos e açudes) e de águas subterrâneas (nascentes ou poços). No caso de águas superficiais deve-se verificar sua procedência, pois podem estar contaminadas com agentes poluentes, principalmente agrotóxicos utilizados nos campos agrícolas. As águas subterrâneas apesar de apresentarem menores riscos de contaminação, são pobres em oxigênio dissolvido e apresentam um custo relativo de captação (bombeamento) para a superfície (VALENTI, 1985; FURTADO, 1995).

A quantidade de água necessária para o cultivo de peixes em cativeiro depende de fatores como a evaporação, percolação, práticas de manejo das espécies que estão sendo cultivadas e sistema de criação. Uma vazão entre 6 e 10 L.s<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup> por área alagada de viveiros e/ou tanques atende às exigências do cultivo em piscicultura de pequeno porte, ao passo que nas de médio e grande porte há o requerimento de uma vazão maior do que 10 L.s<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup> (PROENÇA & BITTENCOURT, 1994; FURTADO, 1995).

A intensidade do uso da água no cultivo de peixes e camarões depende: a) da disponibilidade local da água, b) do custo da água, c) da área total dos açudes ou viveiros, d) dos índices de evaporação local, e) da intensidade de infiltração da água no solo e f) da frequência de drenagem dos viveiros, dentre outros fatores. Quanto ao uso da água os sistemas de produção são classificados em de água parada ou baixa renovação; com renovação de água; com recirculação de água e sistema de alto fluxo (KUBITZA, 2003).

Condições inadequadas da qualidade de água prejudicam o crescimento, a reprodução, a saúde e a sobrevivência dos peixes criados em cativeiro. É importante conhecer os principais parâmetros de qualidade da água, uma vez que eles têm influência direta sobre os organismos aquáticos, atuando na forma, no desempenho e na produtividade dos cultivos.

A transparência é essencialmente uma função da reflexão da luz a partir da superfície, sendo influenciada pelas características de absorção da água e pelos materiais particulados e dissolvidos. A penetração de luz na água influencia a distribuição dos organismos aquáticos e impulsiona os processos fotossintéticos até a profundidade em que consegue chegar (PERES, 1997). É também um indicativo da capacidade de suporte alimentar da água ou da produtividade natural (WOYNAROVICH, 1993; FURTADO, 1995).

A temperatura é um dos fatores limitantes para o ambiente aquático atuando diretamente sobre a distribuição, a periodicidade, o crescimento, a alimentação, a reprodução e o metabolismo de uma forma geral dos organismos aquáticos. A maioria das espécies, animais e vegetais, tem exigências bem definidos quanto à temperatura máxima e mínima, sendo que a tolerância desses organismos não é sempre a mesma em todas as fases do seu desenvolvimento. Tem grande importância no metabolismo e na produtividade

biológica da água, sendo um dos fatores ecológicos decisivos dentro do ecossistema aquático, afetando o principal fator limitante na distribuição geográfica das espécies de plantas e animais e, na estratificação das massas de água através da mudança da densidade. (SIPAÚBA-TAVARES, 1998a).

Sipaúba-Tavares (1998a) citando Ruttner (1975) enfatiza que em função das variações anuais ou diárias a água pode apresentar uma massa superior quente e produtiva (epilímnia), outra mais profunda com diferenças grandes ou pequenas de temperatura (hipolímnia) e uma mais intermediária entre os dois estados (metalímnia), que atua como uma barreira entre as camadas superior e inferior do ecossistema aquático. Esta estratificação é comum em viveiros que não possuem fluxo contínuo de água (estáticos), embora os viveiros dinâmicos possam apresentar pequenas estratificações superficiais entre 0,2 m e 0,8 m durante certo período do dia.

A respiração, temperatura, fotossíntese, adubação, calagem (aplicação de compostos de cálcio ou combinação de cálcio e magnésio) e poluição são fatores responsáveis pela mudança do pH da água, podendo provocar alta mortalidade em peixes, especialmente nas espécies que apresentam maior dificuldade de estabelecer o equilíbrio osmótico a nível das brânquias, causando grandes dificuldades respiratórias. A acidificação promove a diminuição da produção primária, limita o crescimento das espécies zooplanctônicas e o desaparecimento de diversas espécies de peixes, além de contribuir para a diminuição da reprodução (TAVARES, 1994).

Em estudos limnológicos, o valor do pH que corresponde a medida de uma reação ácida ou alcalina e sua variação são de grande interesse, pois refletem a atividade e mudanças químicas e biológicas da água. Esteves (1988) afirma que Thienemann em 1918 reconheceu o pH como fator limitante à colonização dos ecossistemas aquáticos pelos diferentes organismos.

A condutividade elétrica de uma solução aquosa é sua capacidade de conduzir corrente elétrica, sendo uma função da concentração de íons no meio e da temperatura. Os íons dos macronutrientes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) e o íon amônio, em altas concentrações são responsáveis pelos valores da condutividade. Quanto mais eutrófico for o sistema, maior será sua condutividade. Os valores da condutividade estão mais relacionados com a

geoquímica da região do que com as condições climáticas (SIPAÚBA-TAVARES, 1998a).

O oxigênio é o gás mais abundante na água depois do nitrogênio e também mais o importante na dinâmica e na caracterização dos ecossistemas aquáticos, sendo essencial ao metabolismo de todos os organismos aquáticos que possuem respiração aeróbia (PIPER et al. 1989, apud VINATEA ARANA 1997).

Moriarty (1986) e Chien (1992), citados por Vinatea Arana (1997) consideram respectivamente que a fonte de oxigênio mais importante para as espécies aquáticas de cultivo procede do fitoplâncton a partir da fotossíntese e que a difusão do oxigênio atmosférico para dentro d'água, na maioria das vezes, dá-se de forma muito lenta, excetuando-se nas condições em que há forte turbulência e aeração.

O ar contém por volume, cerca de 21% de oxigênio, sendo o restante nitrogênio e outros gases. A solubilidade dos gases na água é afetada pela pressão atmosférica e temperatura (COLE, 1979).

Baixos níveis de oxigênio dissolvido (OD) são os principais fatores limitantes em aquicultura intensiva, sendo que as concentrações críticas podem ser alcançadas após a mortalidade do fitoplâncton e sua subsequente decomposição.

Vinatea Arana (1997) citando Boyd (1989) alega que o efeito adverso dos baixos níveis de oxigênio geralmente levam os organismos aquáticos a um estado de hipoxia, que se traduz numa diminuição do crescimento e a uma maior susceptibilidade das espécies às enfermidades. Considera que geralmente, as baixas concentrações de OD, são originadas das seguintes situações: a) tanques profundos podem provocar uma estratificação do oxigênio através do fitoplâncton podendo inclusive estacionar na camada superficial; b) Elevada abundância de fitoplâncton, contribui para retirada excessiva de oxigênio durante a noite, por meio dos processos de respiração; c) alimento em excesso, proporciona um aumento significativo na carga de matéria orgânica a ser decomposta pelas bactérias; d) dias nublados, com pouca radiação solar, interferindo de modo negativo nos processos de fotossíntese e, f) presença de substâncias sólidas, de origens orgânica e inorgânica.

As perdas de oxigênio dissolvido ocorrem pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), pela respiração dos organismos aquáticos e oxidação dos íons metálicos, como a ferro e o manganês (ESTEVEES, 1988).

A matéria orgânica aliada às altas temperaturas contribui de forma decisiva para desoxigenação da água de lagos rasos e polimnéticos. O efeito da concentração de matéria orgânica sobre a dinâmica do oxigênio em lagos rasos se manifesta periodicamente durante os períodos de chuvas ou, eventualmente, por ocasião de fortes ventos e/ou chuvas. Por serem rasos, estes ecossistemas sofrem grandes variações de nível d'água, sendo mais acentuadas nos períodos de chuva, com conseqüente elevação do nível d'água e aumento da concentração de matéria orgânica dissolvida e particulada. Esta se origina no próprio lago por ressuspensão do sedimento ou a partir de águas turbulentas e águas superficiais, advindas do escoamento superficial (ESTEVEES, 1988).

A demanda ou requerimento de oxigênio dissolvido pelo peixe para sua sobrevivência e crescimento varia em função da espécie, tamanho, alimentação, atividade, estresse e temperatura da água. Teores de oxigênio dissolvido entre 0,1 e 0,3 mg.L<sup>-1</sup>, há uma pequena sobrevivência à baixa exposição (maior parte das espécies de peixes morrem), entre 1 e 3 mg.L<sup>-1</sup> tem um nível subletal, entre 3 e 5 mg.L<sup>-1</sup> um nível suportável e acima de 5,0 mg.L<sup>-1</sup> é a faixa ótima ou desejável (PROENÇA & BITTENCOURT, 1994; FURTADO, 1995).

Há muito é conhecida a importância do fósforo nos sistemas biológicos. Esta importância deve-se à participação desse elemento em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como o armazenamento de energia (ATP) e a estrutura da membrana celular (fosfolipídios) (ESTEVEES, 1988).

No meio aquático o fósforo apresenta-se sob as formas orgânicas e inorgânicas, solúveis e insolúveis. A forma orgânica insolúvel se encontra complexada à matéria orgânica integrando a biomassa do meio (bactérias, microalgas, macrófitas) ou então no estado solúvel constituindo compostos como as fosfatases, os fosfolipídeos e as fosfoproteínas (STUMM & MORGAN, 1981). O fósforo inorgânico é encontrado na forma de fosfatos insolúveis, tais como a apatita [Ca<sub>3</sub>(P<sub>0</sub><sub>4</sub>)<sub>2</sub>] ou compostos semelhantes que

funcionam como fontes deste elemento, não aproveitáveis pelas plantas. Espécies de *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Sclerotium* e outras capazes de solubilizar os referidos compostos sendo a produção de ácidos pelos microrganismos a mais importante causa da solubilização. Assim, no caso da apatita, o mesmo é convertido pelos ácidos orgânicos em fosfatos de monobásicos disponíveis aos vegetais.

Do ponto de vista limnológico todas as formas de fosfato são importantes, todavia o fosfato inorgânico dissolvido assume maior relevância por ser a principal forma de fosfato assimilada pelos vegetais aquáticos. Como a concentração de fosfato está diretamente relacionada com a produtividade do ambiente, esta passou a ser considerada como um importante parâmetro indicador do estado trófico de lagos (ESTEVES, 1988).

Para Esteves (1988) a eutrofização pode ser natural ou artificial. A natural caracteriza-se através de um processo lento e contínuo resultante do acúmulo de nutrientes transportados pelas chuvas e pelas águas superficiais que erodem e lavam a superfície terrestre. Esse tipo de eutrofização promove o "envelhecimento natural" do ecossistema lacustre. A artificial, cultural ou antrópica, é induzida pelo homem e neste caso os nutrientes podem ter diferentes origens como efluentes domésticos, sanitários e industriais e/ou decorrentes de atividades agrícolas, sendo responsáveis pelo "envelhecimento precoce" dos mais variados ecossistemas aquáticos.

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo dos organismos em ecossistemas. Essa importância deve-se principalmente à sua participação na formação de aminoácidos e conseqüentemente das proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos. As principais fontes naturais de nitrogênio são: a chuva, material orgânico e inorgânico e a fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio meio (ESTEVES, 1988).

O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob a forma inorgânica dissolvida (nitrato, nitrito, amônia, amônio, óxido nitroso e nitrogênio molecular), orgânica dissolvida (peptídios, purinas, aminas,

aminoácidos e outros) e nitrogênio orgânico particulado que são as bactérias, fitoplâncton, zooplâncton, e detritos orgânicos (ESTEVES, 1988).

É importante salientar que nitrogênio amoniacal apesar de ser facilmente absorvido para produção da biomassa, a exposição constante a elevadas concentrações podem causar danos aos peixes. Testes laboratoriais afirmam que  $100 \mu\text{g.L}^{-1}$  podem causar irritação e danos às brânquias, além de reduzir o crescimento, recomendando-se evitar a exposição dos peixes a concentrações de nitrogênio amoniacal acima de  $50 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

Os materiais particulados em suspensão na água são as causas de sua turbidez em diferentes graus o que reduz a atividade fotossintética, fazendo com que esta por sua vez diminua a produtividade das águas. Afeta diretamente a vida aquática, tanto de forma benéfica, ocultando os peixes jovens a vista de seus predadores naturais, quanto de forma maléfica, encobrindo os ovos, asfixiando-os, como nos peixes adultos produzindo o engrossamento das células epiteliais de suas brânquias. Também reduzem o crescimento e os esconderijos dos invertebrados que compõem a alimentação dos peixes (ARRIGNON, 1979).

O sedimento é um dos componentes mais importantes dos ecossistemas aquáticos e pode ser considerado como o resultado da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático. Do ponto de vista de ciclagem de matéria e fluxo de energia, é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais. Nele ocorrem os processos biológicos, físicos e/ou químicos, retenção e liberação de nutrientes para o meio, decomposição da matéria orgânica pelas bactérias e fungos, processos de oxidação e redução entre outros que influenciam o metabolismo de todo o sistema. É o principal reservatório de nutrientes do ecossistema aquático (ESTEVES, 1988; SIPAÚBA-TAVARES, 1998b).

Para Esteves (1988) a composição do sedimento límnic reflete o grau ou estado trófico do sistema, sendo caracterizado principalmente pela concentração de matéria orgânica de modo que um sistema oligotrófico o sedimento apresenta baixo teor de matéria orgânica (que lhe confere a cor clara) e baixas concentrações de nutrientes; no mesotrófico o teor de matéria orgânica e a concentração de nutrientes aumenta consideravelmente e no eutrófico apresenta alta concentração de matéria orgânica e nutrientes.

## 2.6 Espécies propícias e os sistemas de cultivo

Proença & Bittencourt (1994) afirmam que deve ser dada uma atenção especial na seleção de espécies a serem utilizadas nas diversas formas de cultivo e para que uma determinada espécie seja considerada adequada para tal fim deve atender as seguintes características: a) ser facilmente propagável, natural ou artificialmente, produzindo anualmente grande quantidade de alevinos; b) apresentar uma boa resposta em termos de crescimento em condições de cativeiro; c) resistir ao manejo e às enfermidades mais comuns; d) apresentar hábito alimentar onívoro, herbívoro, iliófago, detritívoro, planctófago e se carnívoro, deverá ter alto valor comercial e boa aceitabilidade ao alimento não-vivo; e) apresentar boa capacidade de transformar o alimento ingerido em carne, ou seja, boa conversão alimentar; f) ausência de canibalismo inter ou intra-específico, e g) ser bem aceita no mercado consumidor.

Dentre as principais espécies de peixes de água doce utilizadas na piscicultura no Brasil destacam-se as curimatás (*Prochilodus sp*), traíras (*Hoplias sp*), surubim (*Pseudoplastystoma fasciatum*), matrinhã (*Brycon jundi*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), pacu-caranha (*Piaractus mesopotamicus*), piaus (*Leporinus sp*), carpa comum (*Cyprinus carpio*), tilápias (*Oreochromis sp*) e pirapitinga (*Piaractus brychypomus*) sendo que o cultivo dessas espécies varia conforme o clima de cada região e com as formas de cultivo empregadas (WOYNAROVICH, 1993; PROENÇA & BITTENCOURT, 1994; FURTADO, 1995).

Conforme a intensidade do uso de insumos, da mecanização, das técnicas e/ou modos de criação e do manejo aplicado, os sistemas de cultivo podem ser classificados em quatro tipos: extensivo, semi-intensivo, intensivo e super-intensivo.

O primeiro tipo consiste numa piscicultura simples, de baixo custo de implantação, sendo caracterizada pelo povoamento de um açude ou reservatório que não tenha condições de ser drenado e que as possibilidades de controle sobre o ambiente e o desenvolvimento dos peixes sejam mínimas. Os peixes cultivados ficam na dependência da disponibilidade dos alimentos naturais, geralmente escassos, devido à falta de adubação da água. Não há o

monitoramento dos parâmetros físico-químicos importantes, como oxigênio dissolvido, pH, transparência, turbidez, etc. A taxa de estocagem máxima recomendada é de dois mil alevinos.ha<sup>-1</sup> e a produtividade esperada situa-se na faixa de 150 a 300 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> sem fertilização, e de 300 a 600 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, com uma fertilização baixa. As taxas de mortalidade são altas, especialmente quando há muitos predadores.

No tipo semi-intensivo tem-se um maior controle sobre o açude ou viveiro tais como podem ser abastecidos e drenados, faz-se uso controlado da calagem e das fertilizações química e orgânica, como forma de aumentar a produtividade natural, os parâmetros físico-químicos e biológicos da água são periodicamente acompanhados, há o uso regular da alimentação suplementar, à base de milho, farelos (trigo, soja e arroz), restos de culturas, mandioca, entre outros. As taxas de estocagem variam entre três mil a oito mil alevinos.ha<sup>-1</sup> e a produtividade varia entre 2.000 a 6.000 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

No intensivo busca-se obter uma máxima produção por unidade de área ou volume de água, através do manejo dos alevinos, peixes jovens e de engorda. Realiza-se em tanques e/ou viveiros construídos para tal fim (em derivação), com boa circulação, renovação ou aeração da água; há o monitoramento das propriedades físico-químicas e biológicas da água utilizada e uso de ração balanceada com níveis de proteína bruta igual ou superior a 30%. As taxas de estocagem podem variar entre oito mil e quinze mil alevinos.ha<sup>-1</sup> e gerar produtividades entre 7.000 e 10.000 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. O quarto tipo, o superintensivo, caracteriza-se por ser um sistema aplicado nos cultivos em tanque-redes (gaiolas) e receways (longos tanques de alvenaria ou concreto), onde é utilizada grande vazão de água, apresentando uma produtividade que varia de 50 a 70 kg.m<sup>-3</sup> (PROENÇA & BITTENCOURT (1994).

O manejo utilizado na piscicultura geralmente está condicionado com a finalidade dos cultivos, pois essa atividade zootécnica tem diversos fins, como pesquisa, ornamentação, controle biológico, povoamento e repovoamento, consumo, entre outros. Comumente as práticas de manejo mais empregadas nos cultivos são preparo do viveiro, o uso da água, calagem e adubações, amostragens e/ou biometrias (acompanhamento da biomassa),

monitoramento dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água, arraçamento, sanidade, despesca, dentre outras.

As correções do pH da água e/ou de solo ácido são realizadas através da calagem que além de neutralizar a acidez, aumenta o pH e a alcalinidade. Quanto à fertilização, constitui-se numa técnica empregada para melhorar a produção natural dos viveiros, estimulando o desenvolvimento de organismos (fito e zooplâncton) que servem de alimento para os peixes em cativeiro. São empregados fertilizantes químicos como super-fosfato triplo, uréia, sulfato de amônia ou adubos orgânicos como esterco de: bovinos, suínos e aves, podendo ser também aplicado de forma mista, ou seja, adubo orgânico em combinação com adubo químico (PROENÇA & BITTENCOURT, 1994).

O plâncton, organismos microscópicos vegetais e animais, constituem-se no alimento natural dos peixes, sendo sua produção nos viveiros, oriunda das adubações orgânicas e/ou químicas. A alimentação artificial é caracterizada pelo uso de outras formas de alimentos que não são produzidos no meio aquático como tortas, farelos, alguns vegetais e rações balanceadas, em cultivos em que a capacidade de suporte não atende à demanda da biomassa dos viveiros (WOYNAROVICH, 1993; FURTADO, 1995).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Área de estudo**

O presente trabalho foi realizado nas indústrias cerâmicas do município de Bacabeira - MA, cuja localização geográfica é de 02°58'20'' S - latitude sul e 44°19'00'' W - longitude oeste, cuja sede situa-se a 50 km de São Luís, no estado do Maranhão. O município está enquadrado na Superfície Sublitorânea do Baixo Itapecuru, Mesooregião Norte Maranhense e Microregião Rosário (IBGE, 1996).

Possui uma área de 643,2 Km<sup>2</sup> (Figura 1), com 10.516 habitantes e apresenta a formação geológica Itapecuru que se caracteriza por pertencer ao cretáceo inferior. Essa formação geológica se estende por toda a metade norte, ocupando uma área de aproximadamente 50% do território estadual. É formada por arenitos finos de cores avermelhados e róseos, cinza argilosas,

com estratificação horizontal. Apresenta uma formação geomorfológica pertencente ao Golfão Maranhense, área resultante do intenso trabalho de erosão fluvial do Quaternário antigo, posteriormente, colmatado originando uma paisagem de planícies aluviais, ilhas, lagoas e rios divergentes, constituindo-se no principal coletor do sistema hidrográfico do Estado (MARANHÃO, 2002).

A temperatura média anual é superior a 27°C, com umidade relativa do ar entre 79% e 82%. A precipitação pluviométrica varia de 1600 mm a 2000 mm e clima B1WA'a', úmido do tipo B1, com moderada deficiência de água no inverno entre os meses de junho a setembro (MARANHÃO, 1991).

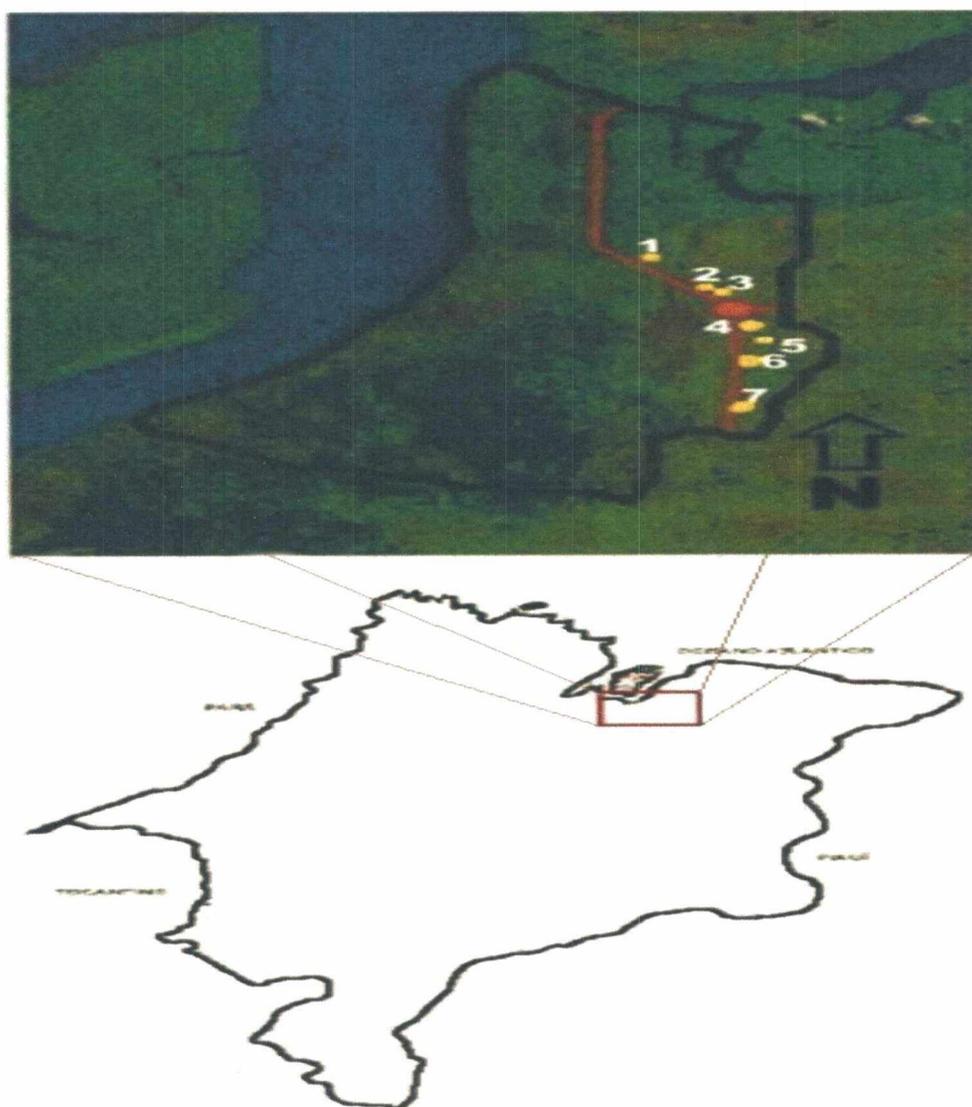


Figura 1 - Localização das indústrias cerâmicas do município de Bacabeira-MA: Periz de Baixo; (2) Alerta Ltda.; (3) Mato Feijão; (4) CIB Ltda; (5) CERITA Ltda; (6) Rio Bonito S/A e (7) Cerâmica Rancho Papoco.

Ocorrem no município três tipos principais de solos (Tabela 1): gleissolos, solos indiscriminados de mangue e plintossolos, sendo o gleissolo o tipo predominante e que se caracteriza por ser um solo argiloso de textura média e na sua maioria com argila de atividade alta, compreendendo os solos minerais hidromórfico, sujeitos a alagamentos periódicos (EMBRAPA, 1986).

Tabela 1 – Principais classes de solos do município de Bacabeira/MA.

CLASSES DE SOLOS	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	%
Gleissolos*	513,74	80
Solos Indiscriminados de Mangue*	97,34	15
Plintossolos*	32,12	5
<b>TOTAL</b>	<b>643,20</b>	<b>100</b>

Fonte: EMBRAPA, 1986 (adaptado).

\* Dados aproximados

### 3.2 Metodologia

A pesquisa foi realizada no período de 01 de outubro a 30 de novembro de 2013 sendo desenvolvida em três etapas conforme discriminação a seguir: a) obtenção dos dados das variáveis climatológicas, b) levantamento dos impactos ambientais, das ações mitigadoras das áreas degradadas e, c) coletas de solos, sedimentos, material particulado em suspensão (MPS) e água das cavas para análises laboratoriais.

#### 3.2.1 Variáveis climatológicas

Os dados de precipitação pluviométrica com médias mensais (mm), velocidade do vento (m.s<sup>-1</sup>), temperatura do ar (°C), e evaporação (mm) foram obtidos pelo Núcleo Estadual de Meteorologia e Recursos Hídricos da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) sendo utilizados os do município de São Luís/MA (que abrange um raio de 100 km), haja vista a inexistência de estação meteorológica no município objeto da pesquisa.

### 3.2.2 Impactos ambientais e ações mitigadoras

As informações sobre a quantidade de indústrias cerâmicas, os impactos ambientais e as ações mitigadoras foram obtidas “in loco”, onde foram realizadas com os gerentes das indústrias entrevistadas despadronizadas conforme Marconi & Lakatos (1996).

### 3.2.3 Solo e sedimento de fundo

Para realização das análises granulométrica e concentração de cátions dos solos foram coletadas seis amostras, assim distribuídas (ao acaso): cava C1CP (cava 1 com peixes), C2CP (cava 2 com peixes), C2SP (cava 2 sem peixes) e C3SP (cava 3 sem peixes) localizadas na Cerâmica Industrial Bacabeira Ltda. (CIB) e C3CP (cava 3 com peixes), C1SP (cava 1 sem peixes) na Cerâmica Industrial Ita Ltda (CERITA). Essas cavas são de pequeno a médio porte, com área variando de 1.400 a 7.000 m<sup>2</sup> e profundidade média de 1,7 m no período mais seco do ano são como açudes de água parada e baixa renovação, apresentam um formato retangular. As amostras foram coletadas com auxílio de um trado em 01 de outubro de 2003, a 0,30m de profundidade na superfície lateral de cada cava, sendo uma amostra por cava e em seguida foram colocadas em sacos plásticos para posteriormente serem analisadas no Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), conforme a metodologia descrita em Embrapa (1997).

Na análise dos sedimentos de fundo das cavas foram realizadas duas coletas: uma em 01 de outubro de 2003 e a outra em 30 de novembro de 2003. As amostras foram coletadas nas cavas supracitadas com uma draga de arrasto, também sendo uma amostra por cava e após a coleta foram colocadas em sacos plásticos, resfriadas até a chegada ao laboratório, onde foram congeladas até o momento da análise. Foram determinados os teores de matéria orgânica sendo utilizada a técnica gravimétrica com calcinação a 550°C, por uma hora.

### 3.2.4 Material particulado em suspensão (MPS), variáveis físico-químicas e nutrientes da água

As amostras do material particulado em suspensão (MPS) foram coletadas com garrafa de “Van Dorn” com capacidade de 1L, na profundidade de 0,80m sendo em seguida armazenadas em frasco de polietileno e resfriadas até a chegada em laboratório. Após a filtragem de um volume de 250 mL de água em filtro de microfibras de vidro, Whatman GF/C, foram determinadas gravimetricamente conforme descrito por Aminot & Chaussepied (1983).

As amostras de água das cavas também foram coletadas com garrafa de “Van Dorn” com capacidade de 1L, nas profundidades de 0,2 m (superfície) e 1,6 a 1,8m (fundo), conforme procedimento a seguir: 1) as destinadas à quantificação da alcalinidade total foram colocadas em frascos de vidro, não sofrendo nenhum processo de fixação, 2) as de análise de oxigênio dissolvido foram fixadas como descrito no método de Winkler (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983) e 3) as de análise de micronutrientes foram colocadas em frasco de polietileno e resfriadas até a chegada em laboratório.

O monitoramento da qualidade da água e dos sedimentos nas cavas C1CP, C2CP, C2SP e C3SP na CIB e C3CP, C1SP na CERITA foi realizado em 01 de outubro e 30 de novembro de 2003, respectivamente, sendo que em 30 de novembro de 2003 foi feita a variação nictimeral das variáveis físico-químicas da água em duas cavas C1CP e C3SP, escolhidas ao acaso.

As medidas da transparência, temperatura, pH e condutividade foram realizadas *in situ*. As outras variáveis da água como a concentração de oxigênio dissolvido, alcalinidade, CO<sub>2</sub> livre, material em suspensão, sedimento e nutrientes foram determinados por meio de análises, no laboratório de Hidrobiologia (LABOHIDRO) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

Para medição da transparência da água foi utilizado um disco de Secchi sendo determinada pela observação da profundidade de desaparecimento vertical do disco, em metros, na coluna d'água.

As medidas de temperatura foram tomadas de 0,20 m em 0,20 m da superfície até o fundo, com o auxílio de um termistor marca YSI modelo 33 e expressa em graus centígrados (°C).

Os valores do potencial hidrogeniônico (pH) foram obtidos *in situ* com o uso de um potenciômetro Alfakit.

A condutividade elétrica foi mensurada no campo com o termistor YSI modelo 33, expressa em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , sendo os valores corrigidos para 30°C.

A alcalinidade total foi determinada através da aplicação da técnica de titulação potenciométrica descrita em APHA (1981), cujo cálculo é expresso pela seguinte fórmula:

$$AT \text{ (mgCaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}\text{)} = \frac{V_1 \times N \times 50000}{V_2}$$

Onde:

$V_1$  = Volume do ácido sulfúrico, gasto na titulação quando o pH atinge 4,35.

$N$  = Normalidade do ácido sulfúrico

$V_2$  = Volume da amostra titulada, normalmente se usa 100 mL.

Para determinação do oxigênio dissolvido (OD) foi utilizado o método de Winkler, modificado por Pomeroy & Kirshman (1945), descrito em Aminot & Chaussepied (1983). O método baseia-se na combinação de  $\text{O}_2$  com o íon mangânes (II), quando este íon oxida-se formando o hidróxido manganoso que com a acidificação e na presença de iodeto, libera  $\text{I}_2$  na quantidade equivalente ao conteúdo original de  $\text{O}_2$  dissolvido na amostra.

O cálculo é dado pela seguinte fórmula:

$$OD \text{ (mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{)} = \frac{V_1 \times N \times 8 \times 1000}{V_2 \times \left(\frac{V_3 - 4}{V_3}\right)}$$

Onde:

$V_1$  = Volume do tiosulfato de sódio, gasto na titulação.

$N$  = Normalidade do tiosulfato de sódio

$V_2$  = Volume da amostra titulada, normalmente se usa 100 mL.

$V_3$  = Volume do frasco de coleta, onde foram adicionados os reagentes à amostra.

O nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ ) foi quantificado pelo método de Koroleff (1969) descrito em Aminot & Chaussepied (1983); o nitrogênio nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ) foi determinado pelo método da coluna redutora de cádmio e cobre; o nitrogênio nitroso ( $\text{NO}_2^-$ ) foi quantificado pelo método baseado na

reação de Griess e o fósforo inorgânico dissolvido ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) foi quantificado pelo método de Murphy & Riley (1962). Todos esses métodos foram descritos por Aminot & Chaussepied (1983) e Golterman et al. (1978).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Variáveis climatológicas.

Os dados meteorológicos mostram o comportamento mensal e anual das variáveis climatológicas mais importantes durante o período de realização da pesquisa, que podem interferir direta ou indiretamente nos processos hidrodinâmicos e biológicos das cavas. Foi observada uma variação da temperatura que pode ser considerada elevada como mostra a Tabela 2. No período seco são elevadas as taxas de evaporação e baixas taxas de precipitações o que acarreta nos corpos d'água uma diminuição do volume, aumentando a concentração de íons dissolvidos, principalmente dos macronutrientes. Entretanto, as altas temperaturas são amenizadas pela elevada umidade do ar, visto que o município se encontra na região norte, onde a influência do Oceano Atlântico é substancial na elevada umidade e onde o efeito da continentalidade (distância maior ou menor das terras em relação ao mar) é quase nula.

Tabela 2-Valores das variáveis climatológicas da área do município de São Luís/MA.

Variáveis	Unidade	Meses		2003 (média)
		Outubro	Novembro	
Temperatura do ar (média)	°C	28,0	28,2	27,1
Temperatura do ar (máxima)	°C	33,3	33,4	32,6
Temperatura do ar (mínima)	°C	25,3	24,9	23,9
Precipitação acumulada 24h (média)	mm	0,075	0,21	5,01
Umidade relativa do ar	%	55,4	55,2	-
Evaporação	mm	228,08	228,07	
Velocidade do vento	m.s <sup>-1</sup>	5,9	5,7	6,2

Fonte: Núcleo de Meteorologia da UEMA.

O índice médio anual de pluviosidade do município é em torno de 5,01 mm.dia<sup>-1</sup> e a temperatura média anual situa-se na faixa de 27,1°C. O índice de

temperatura apresentado confere com Proença & Bittencourt (1994), que estabeleceram a faixa de 20 a 30°C como a ideal para crescimento e reprodução da maioria das espécies de peixes tropicais. O vento predominante é o Nordeste com uma média anual de velocidade de 6,2 m.s<sup>-1</sup>. No que se refere à pluviosidade, apesar dos autores não notificarem índices, sabe-se que a incidência de chuva é de fundamental importância para a manutenção dos processos hidrodinâmicos e do ciclo biológico das cavas.

#### 4.2 Indicadores sócio-econômicos e impactos ambientais

A tabela 3 mostra os indicadores sócio-conômicos das seis indústrias cerâmicas pesquisadas. Apenas a Cerâmica Industrial ITA Ltda (CERITA) tem a sua linha de fabricação voltada para a produção de telhas tipo canal, enquanto as outras fabricam blocos cerâmicos (tijolos). Essas indústrias produzem um total de 145 milheiros.dia<sup>-1</sup> de tijolos e 60 milheiros.dia<sup>-1</sup> de telhas, consumindo aproximadamente 205 m<sup>3</sup> de lenha.dia<sup>-1</sup> e 410 m<sup>3</sup> de argila.dia<sup>-1</sup> e empregam 209 funcionários.

Tabela 3 - Indústrias cerâmicas pesquisadas do município de Bacabeira-MA.

Cerâmica	Localização	Produção		Combustível Lenha (m <sup>3</sup> )	Empregos Diretos	Argila (m <sup>3</sup> )	Faturamento (R\$)
		Tijolos	Telhas				
Periz de Baixo	Km 43 BR135	12.000	-	12	12	24	2.500,00
Alerta Ltda.	Km 48, BR135 Periz de Cima	25.000	-	25	17	70	2.500,00
Mato Feijão	Km 48 BR135 Periz de Cima	35.000	-	35	25	80	3.500,00
CIB Ltda.	Km 51 BR135	40.000	-	40	40	120	4.000,00
CERITA Ltda.	Km 53 BR135	—	60.000	60	80	66	9.600,00
Rio Bonito S/A	Km 61 BR135	33.000	-	33	35	410	3.300,00
Rancho Papoco*	Km 61 BR135	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>		145.000	60.000	205	209	770	25.400,00

\* Desativada

Fonte: Dados obtidos 'in loco'.

Todavia apesar de sua importância por ser uma das principais atividades econômicas do município, propiciando a geração de renda, impostos, empregos diretos e indiretos, foi evidenciado que há grande impacto ambiental proveniente da lavra da argila como desmatamento, retirada da cobertura vegetal e alto consumo de lenha que é utilizada como combustível vegetal nos fornos das cerâmicas (Figuras 2a e 2b).

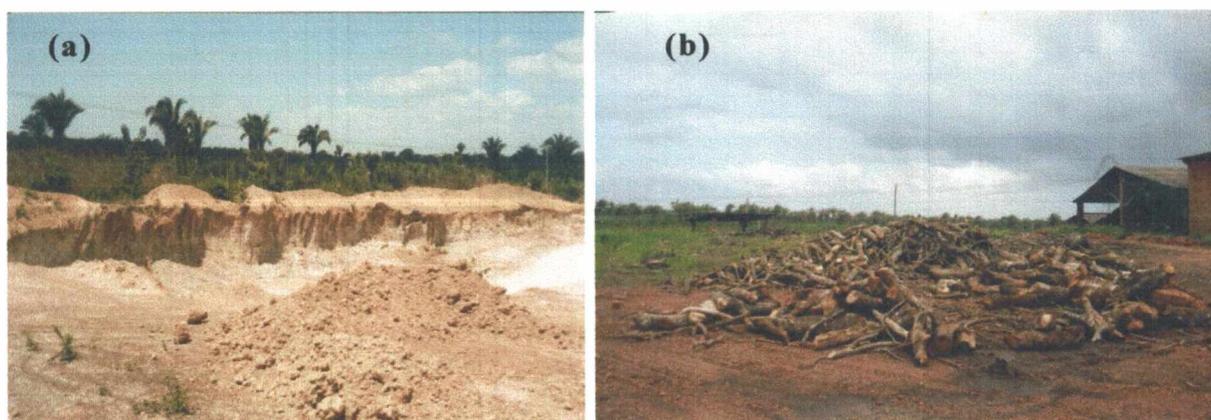


Figura 2 – (a) Cava de jazidas de argila e impacto na cobertura vegetal. (b) Biomassa vegetal para combustível dos fornos das cerâmicas em Bacabeira – MA.

A Figura 3 mostra o impacto causado pela deposição de refugos provenientes da fabricação de produtos cerâmicos que são lançados e empilhados nos pátios das indústrias e mais comumente nas áreas desmatadas, intensa erosão do solo (nas paredes das cavas) bem como a seu ressecamento devido a uma maior exposição à radiação solar, grande quantidade de poeira suspensa no ar afora a emissão de gases poluentes que são comuns em quaisquer que seja o tipo de exploração mineral.

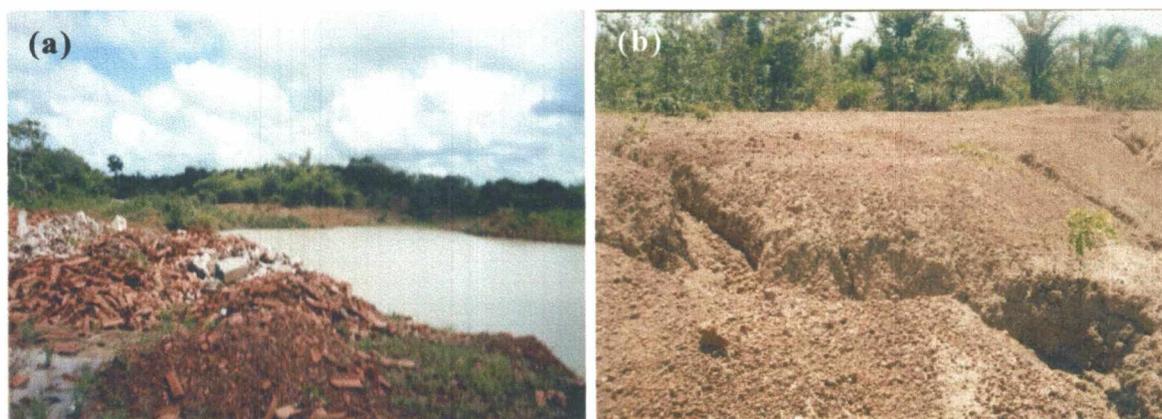


Figura 3 – (a) Deposição de refugos de indústria cerâmica. (b) Erosão provocada pela ação da água e ressecamento do solo pela excessiva exposição à radiação solar nas cavas.

Balistieri & Amoud (1997) relata que a degradação física do meio ambiente, muitas vezes de forma drástica, resulta em forte impacto visual, erosão do solo e assoreamento, entre outras causas, e segundo Griffith et al. (1994) a erosão é o principal fenômeno da degradação dos solos em áreas mineradas causando sérios reflexos no contexto ambiental.

Bitar (1997) afirma que em geral a mineração provoca um conjunto de efeitos não desejados que podem ser denominados de externalidades. Algumas dessas externalidades são: alterações ambientais, conflitos de uso do solo, depreciação de imóveis circunvizinhos, geração de áreas degradadas e transtornos ao tráfego urbano. Estas mesmas externalidades geram conflitos junto à comunidade, que normalmente têm origem quando da implantação do empreendimento, pois o empreendedor não se informa sobre as expectativas, anseios e preocupações dos moradores que vivem nas proximidades da empresa de mineração, e Colturato (2002) alega que a descaracterização da paisagem que se dá com a abertura da frente de lavra configura impacto de monta, quase sempre o primeiro a ser notado nos empreendimentos de extração de argila. Não se trata apenas de um impacto visual, mas também de uma alteração de ordem geomorfológica expressa por modificações na morfologia e nos fluxos de matéria e energia vigentes no sistema.

A cava resultante da extração de argila e os depósitos de material estéril alteram as formas topográficas locais, o que pode resultar numa série de outras alterações indiretas, ocasionando modificações nos processos morfológicos vigentes, como mudanças de direções de fluxos das águas de escoamento superficial, determinando que áreas sob o domínio dos efeitos erosivos se convertam em ambientes de deposição e vice-versa (COLTURATO, 2002).

### **4.3 Legislação e ações mitigadoras**

A legislação que trata da proteção do meio ambiente é bastante vasta. O artigo 225 da Constituição Federal diz “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para às presentes e futuras gerações”, e em seu § 2º: “Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”.

A recuperação de áreas degradadas é exigida na Política Nacional do Meio Ambiente, a Lei nº 6.938, de 31/08/1981, a qual determina em seu artigo 2º “ A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”. Deste artigo, foi editado o Decreto nº 97.632, de 10/04/1989, o qual trás as regulamentações desta recuperação. Ele prevê em seu artigo 1º “os

empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente o Plano de Recuperação de Área Degradada - PRAD.” Em seu artigo 2º traz a definição de degradação: “Para efeito deste Decreto são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais”. E em seu artigo 3º: “A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente”. Outra lei muito importante referente ao assunto é o artigo 48 da Lei de Crimes Ambientais - Lei no 9.605, de 12/02/98 – a qual considera crime passível de detenção impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas e demais formas de vegetação.

As indústrias cerâmicas objeto desse estudo possuem os Planos de Controle Ambiental (PCA) e de Recuperação da Área Degradada (PRAD) e mesmo havendo acompanhamento da fiscalização por parte dos órgãos competentes foi observado que a maioria das delas não segue à risca esses planos.

Apenas na Cerâmica Industrial Ita (CERITA) foi visto em uma pequena área o plantio de mudas de bambú (*Bambusa sp.*). Esse plantio foi realizado com a finalidade principal de proteger futuramente o telhado dos galpões da indústria da ação dos fortes ventos que comumente incidem e o danificam. Algumas indústrias dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Pernambuco já utilizam o bambú como combustível vegetal e também algumas cerâmicas do Norte Fluminense, Norte do Espírito Santo e Sul da Bahia, fazem uso do cultivo de eucalipto, para ser utilizado como lenha.

Franco (1991), Campello (1996), Franco & Faria (1997) afirmam que dentre as espécies pioneiras as leguminosas têm-se destacado na revegetação de áreas degradadas, por apresentarem a capacidade de transportar ao horizonte superficial nutrientes como o K, o Ca e o Mg das camadas mais profundas do perfil do solo propiciando uma melhor eficiência na ciclagem de nutrientes, favorecendo a decomposição da matéria orgânica, propicia melhoras rápidas na qualidade do substrato, acelerando os processos de sucessão e restauração das funções do sistema e, ainda segundo Mantovani e Barbosa (2000) o reflorestamento heterogêneo, com espécies nativas, assim como a conservação da biodiversidade e o

desenvolvimento autossustentado são alternativas recomendadas atualmente pela Agenda 21, contrapondo a destruição de habitats naturais.

Antes do plantio das mudas de bambú (*Bambusa sp.*) foi realizado o preparo das cavas em consonância com Barth (1989) que estabelece que a preparação do terreno deve ser feita de maneira a atender as necessidades das plantas a serem introduzidas, levando-se em conta que os aspectos químicos do terreno são direcionados no sentido de garantir as melhores condições possíveis para o crescimento das plantas.

A CIB e a CERITA estão realizando há algum tempo o cultivo de peixes sendo utilizadas três cavas: C1CP e C2CP localizadas na CIB e C3CP na CERITA, com área aproximada de 1.500m<sup>2</sup>, 4.000m<sup>2</sup> e 2.800m<sup>2</sup>, respectivamente. Nunes (2000) citando Molle e Cadier (1992) afirma que os pequenos açudes apresentam condições favoráveis ao desenvolvimento da piscicultura como: facilidades no controle e manejo, baixo investimento, exigem pouca mão-de-obra e apresentam baixos riscos de produção e, ainda de acordo com Kubitzka (2003) o sistema de água parada ou baixa renovação é empregado em viveiros construídos em terra, sem revestimento ou em pequenos açudes. É bastante utilizado em propriedades rurais onde o uso da água se limita à reposição das perdas por evaporação e infiltração. Raramente há renovação de água, exceto pela própria chuva incidente sobre os viveiros e açudes ou pela enxurrada, mais comum no caso de açudes.

O sistema de cultivo que vem sendo utilizado por essas indústrias não é extensivo e nem semi-intensivo, seria, portanto o que se pode definir um sistema intermediário entre os dois. A forma de criação é o policultivo com as espécies tilápia (*Oreochromis niloticus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) juntamente com as espécies autóctones traíra (*Hoplias malabaricus*), acará (*Heros severus*), piaba (*Astyanax bimaculatus*), curimatá (*Prochilodus lacustres*), dentre outras. O policultivo pode ser definido como o cultivo simultâneo de duas ou mais espécies de organismos aquáticos num mesmo ambiente. Geralmente são cultivadas espécies com hábitos alimentares distintos e que preferencialmente ocupem diferentes espaços na coluna d'água. O objetivo principal do policultivo é otimizar o aproveitamento do alimento existente no viveiro sem que as espécies venham a competir pelos

recursos (COHEN & RA'ANAN, 1983; WOHLFARTH et al., 1985; VINATEA ARANA, 1997).

Mardini & Mardini (2000) alegam que o policultivo consiste na criação de diferentes espécies de peixes no mesmo viveiro, com hábitos alimentares diferenciados e Jhingran & Pullin (1988) afirmam que essas espécies podem se alimentar de lodo, dejetos, ração ou ainda algas, aguapés ou gramíneas e ocupando nichos ecológicos diferentes.

Segundo informações prestadas pelos funcionários das duas cerâmicas que “cuidam” dos cultivos as cavas C1CP, C2CP e C3CP não foram preparadas para a criação de peixes. Os alevinos de tilápia e tambaqui foram adquiridos em uma estação produtora de alevinos e colocados nas referidas cavas juntamente com outras espécies nativas já existentes nessas cavas. Ainda de acordo com as informações a quantidade de peixes (tilápia e tambaqui) colocada nas cavas (taxa de estocagem em média 0,7 alevinos.m<sup>2</sup>) não sendo, portanto, faz-se o uso esporádico de ração e de frequência alimentar. Foi observado que há uma reprodução desordenada e intensa das tilápias e esta reprodução vem refletindo de forma ainda mais negativa em todo processo da criação afetando diretamente o desenvolvimento de outras espécies propiciando um aumento da densidade populacional, uma maior competição entre os indivíduos por espaço e alimento (que é bastante escasso), alterações significativas das propriedades físico-químicas da água, alto índice de hipóxia e conseqüentemente elevada mortalidade, sendo mais acentuada nas cavas C1CP e C2CP da CIB.

A forma como esse cultivo vem sendo desenvolvido não é correta, haja vista que as praticas de manejo que estão sendo adotadas não oferece nenhuma rentabilidade devido à baixíssima produção. Porém apesar das falhas existentes esse cultivo pode ser considerado como uma forma de ação mitigadora dos impactos ambientais causados por essas indústrias.

Proença e Bittencourt (1994) afirmam que deve ser dada uma atenção especial na seleção de espécies a serem utilizadas nas diversas formas de cultivo, e Woynarovich (1993); Proença & Bittencourt (1994); Furtado (1995) afirmam que dentre as principais espécies de peixes de água doce utilizadas na piscicultura no Brasil destacam-se as curimatás (*Prochilodus sp*), traíras (*Hoplias sp*), surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum*), matrinhã (*Brycon*

*jundi*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), pacu-caranha (*Piaractus mesopotamicus*), piaus (*Leporinus sp*), carpa comum (*Cyprinus carpio*), tilápias (*Oreochromis sp*) e pirapitinga (*Piaractus brychypomus*) sendo que o cultivo dessas espécies varia conforme o clima de cada região e com as formas de cultivo empregadas.

#### 4.4 Avaliação das cavas para piscicultura

##### 4.4.1 Solos, capacidade de troca catiônica e sedimentos de fundo

###### 4.4.1.1 Solos

A Figura 4 mostra o resultado da análise granulométrica dos solos das cavas com as respectivas composições médias 4% de areia grossa, 18% de areia fina 33% de argila e 35% de silte. Como em todas as cavas as porcentagens de argila e silte são maiores do que as de areias finas e grossas pode-se afirmar que de uma forma geral os solos das cavas estudadas são de textura argilo-siltosa sendo que o silte apresenta uma fração um pouco maior do que a argila.

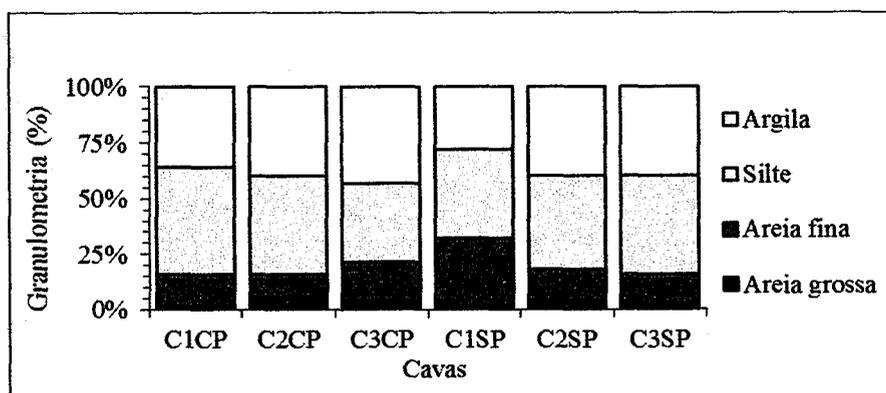


Figura 4 – Composição granulométrica dos solos das cavas em 01/10/2003.

Apesar do teor de argila (33%) ter sido inferior ao de silte (35%) a quantidade de argila presente nos solos analisados junto com a presença significativa de silte asseguram uma impermeabilidade suficiente para evitar a infiltração d'água, estando, portanto em conformidade com Proença & Bittencourt (1994) e Huet (1983) que afirmam que os solos argilosos com teor de argila igual ou superior a 35% são os mais indicados para construção de

açudes e tanques e/ou viveiros, permitem boa impermeabilidade, não havendo necessidade de se utilizar material de empréstimo. As cavas C1CP, C2CP e C3SP apresentaram maiores teores de silte e argila e as demais cavas também mostraram quantidades significativas desses minerais.

A matéria orgânica apresentou baixos teores que flutuaram entre 0,9 e 1,6 mg.cm<sup>3</sup>, enquanto que o fósforo mostrou teores consideráveis que variam de 2 a 5 ppm e um pH ácido, oscilando entre 3,9 e 4,6.

Boyd (1997) também considera que a condição e a qualidade do solo são de fundamental importância na escolha do local para implantação de uma fazenda de aquicultura. O solo deve conter argila suficiente para não permitir a infiltração d'água, moderada concentração de matéria orgânica e baixa acidez.

#### 4.4.1.2 Capacidade de troca catiônica (CTC)

A capacidade de troca catiônica (CTC) variou de 5,1 a 12,4 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>. A Figura 5 mostra que conforme os valores apresentados a CTC é moderada. Esses valores indicam que a fração argila é composta basicamente por minerais cauliniticos e óxidos hidratados.

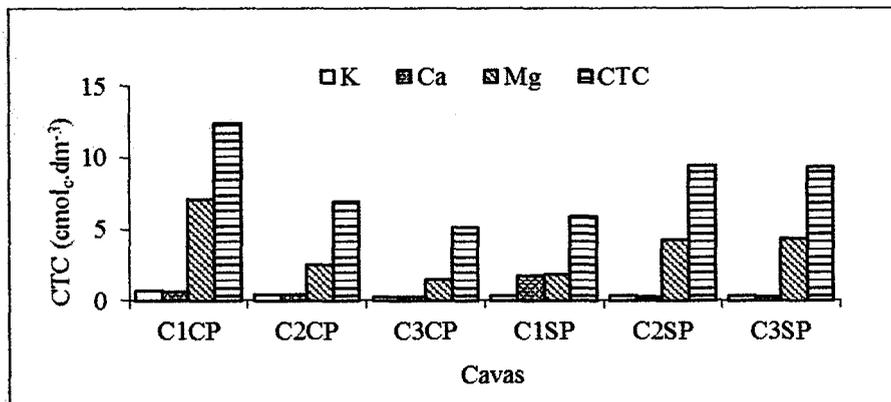


Figura 5 – Concentração de cátions e a capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos das cavas em 01/10/2003.

Tomé Júnior (1997) afirma que as argilas minerais, as substâncias húmicas e os óxidos de ferro e alumínio possuem determinada superfície de troca e são os principais coloides responsáveis pela CTC dos solos sob condições tropicais. A CTC de um solo, de uma argila ou do húmus representa

a quantidade total de cátions retidos à superfície desses materiais em condição permutável ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ).

#### 4.4.1.3 Sedimentos

A Figura 6 mostra que os teores de matéria orgânica entre as diferentes cavas nos meses de outubro e novembro de 2003 variaram de 6 a 23%, com valores mais elevados para o mês de novembro e um comportamento semelhante ao mês de outubro. A cava C3CP apresentou um pico na concentração de matéria orgânica nos meses estudados. Nas cavas sem peixes houve também acréscimos nos teores de matéria orgânica que podem ter origem no carreamento por ação água da chuva e ventos para o interior das cava e posterior precipitação.

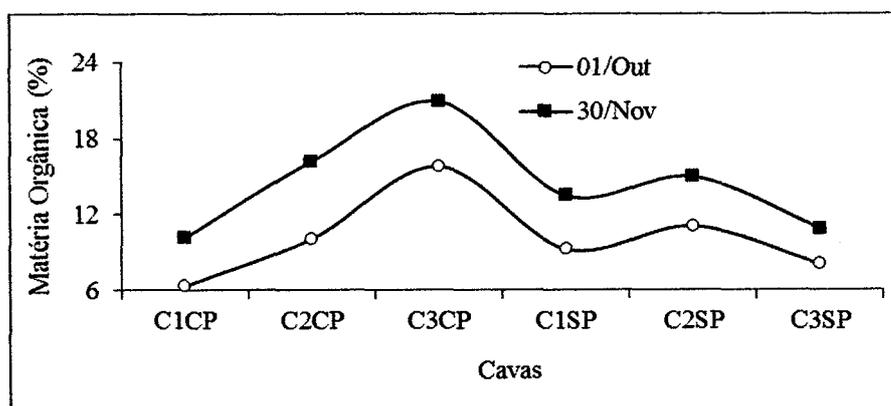


Figura 6 – Teor de matéria orgânica no sedimento das cavas mensuradas nos dias 01/10/2003 e 30/11/2003.

Esse comportamento está associado aos organismos bentônicos, a matéria orgânica e a diferença entre os meses de outubro e novembro podem estar associados aos processos de deposição do material particulado em suspensão e ao processo biológico. Os maiores valores no mês de novembro indicam que o sedimento orgânico teve uma natureza biogênica, ou seja, formada por produtos da excreção dos peixes, zooplâncton, incluindo o fitoplâncton em decomposição que por sua vez contribuíram para que as cavas com peixes apresentassem maior variação e um acréscimo entre as cavas C1CP e C3CP.

Efluentes de viveiros de peixes apresentam altas concentrações de nutrientes sólidos e solúveis, derivados de produtos metabólicos, da

decomposição da matéria orgânica e lixiviação, dissolvidos na água ou acumulados sobre o sedimento (SHILO & SARIG, 1989; YOO et al., 1995).

#### 4.4.2 Material particulado em suspensão e variáveis físico-químicas da água.

##### 4.4.2.1 Material particulado em suspensão (MPS)

O MPS foi determinado em uma única coleta em outubro de 2003 no período seco com baixa pluviosidade e maior exposição à radiação solar. A Figura 7 mostra que os valores de MPS encontrados foram de 7,8 a 441,4 mg.L<sup>-1</sup> sendo que as cavas C1CP, C2CP e C3CP apresentaram os menores valores de 7,8 a 104,8 mg.L<sup>-1</sup>, e as cavas C1SP, C2SP e C3SP, os maiores valores que oscilaram entre 28,6 e 441,4 mg.L<sup>-1</sup>.

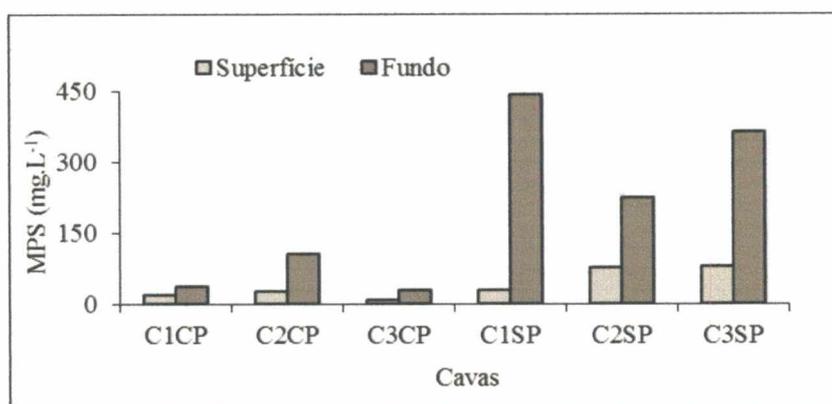


Figura 7 – Material particulado em suspensão na água das cavas, no dia 01/10/2003.

A maioria das cavas não apresentam taludes no seu interior estando, portanto, sujeitos a influência dos ventos e das chuvas como principais agentes erosivos e carreador de partículas para o ambiente aquático em estudo o que justifica os altos teores de MPS encontrados na análise.

O fundo das cavas apresentou maiores valores do que na superfície, demonstrando que ocorre uma precipitação, sendo mais intensa nas cavas sem peixes. Essa precipitação pode estar removendo da coluna d'água, importantes elementos, bem como aumentando a zona eufótica. Entretanto os dados são insuficientes para determinar se este comportamento é sazonal ou apenas momentâneo.

Em ambientes com altos valores de MPS ocorre uma diminuição nos valores de fósforo inorgânico dissolvido devido a sua adsorção à argila e posterior precipitação e imobilização, o que acarretaria numa diminuição da produtividade do ambiente.

#### 4.4.2.2 Transparência

A transparência está relacionada com a quantidade de plâncton na água, sendo utilizada como ferramenta para o controle da adubação dos viveiros e da alimentação dos animais cultivados.

A Figura 8 mostra que a transparência variou entre 0,17 a 0,45 m nas cavas C2SP e C3CP em outubro/2003 e de 0,15 a 0,31 m nas cavas C3SP e C3CP em novembro/2003, apresentando uma média de 0,30 m. Foi observada uma pequena profundidade do disco de Secchi e subsequente, diminuição da camada de penetração da luz (zona eufótica), o que influenciará em uma baixa produtividade primária.

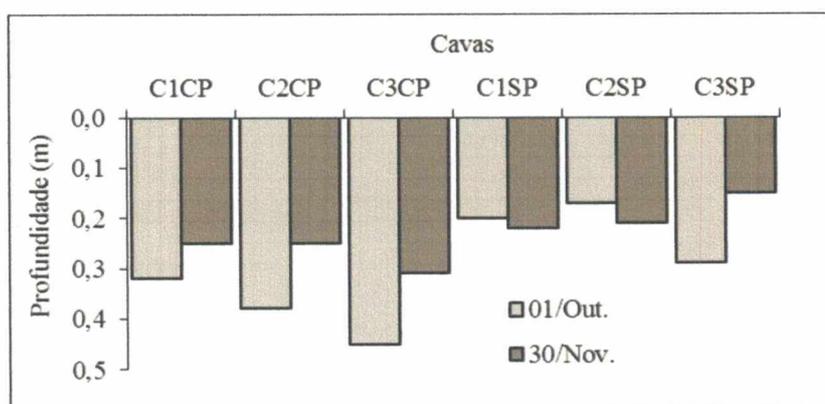


Figura 8 – Profundidade do disco de Secchi na água das cavas.

Como se trata de uma área com alto índice de silte-argila e estando no período seco com baixa pluviosidade e maior exposição à radiação solar o maior contribuinte para estes valores é o material particulado em suspensão. A diminuição da zona eufótica das cavas na segunda coleta é decorrente da maior concentração de material em suspensão devido à diminuição do volume devido a evaporação, tendo como consequência uma redução de aproximadamente 0,40m na coluna d'água das cavas. Em geral as cavas C1CP, C2CP, C3CP e C3SP apresentaram maior transparência. Esses valores estão associados à presença de material particulado em suspensão, a presença de

microalgas e a profundidade da coluna d'água. Portanto as cavas com peixes apresentaram maior zona eufótica do que as sem peixes.

Segundo Cyrino & Kubitza (1996) a variação da transparência da água pode ser explicada pelo aumento da quantidade de partículas em suspensão, que pode ser observada visualmente e visibilidades inferiores a 30 cm estão associadas a problemas de falta de oxigênio no período noturno, pois é usado o oxigênio produzido pelo fitoplâncton durante o dia. Kubitza (2003), também afirma que monitoramento da transparência da água ajuda a evitar a ocorrência de níveis críticos de oxigênio durante a noite.

#### 4.4.2.3 Temperatura

Os perfis mostram estratificações térmicas da coluna d'água, formando, em algumas cavas as camadas de epilímnio, metalímio e hipolímnio. Nas cavas houve uma variação de 29 a 32 °C em outubro/2003 e de 28 a 34 °C em novembro/2003. É importante salientar que tais valores foram obtidos entre as 10h e 14h apenas a cava C3CP, mostrou-se homogênea não apresentando estratificação (Figura 9a e 9b).

Na variação nictimeral (Figura 9c e 9d) a oscilação foi de 29 a 34 °C sendo que os valores mínimos correspondem às 2h e 6h e os máximos às 14h nas cavas C1CP e C3SP, respectivamente. O comportamento nictimeral, mostra que durante o dia há absorção de calor e que este é "repassado" para a camada inferior e que durante a noite ocorre uma homogeneidade térmica quando o calor absorvido durante o dia é liberado, ocorrendo um resfriamento da coluna d'água e conseqüentemente também uma mistura das camadas.

Essa tendência de equilíbrio térmico é observada em ambas as cavas e evidencia que as mesmas não sofrem com grandes variações de temperatura, evidencia que as mesmas não sofrem com grandes variações de temperatura, não ocorrendo o aquecimento de toda a coluna d'água, durante o dia e nem sequer o total resfriamento durante a noite, o que afetaria no metabolismo dos organismos aquáticos. Os valores encontrados no presente estudo mostram que estão acima dos valores citados por Proença & Bittencourt (1994), pois alegam que a temperatura entre 20 e 30 °C é considerada ideal para crescimento e reprodução de peixes tropicais, que a faixa de conforto para a maioria das espécies tropicais situa-se entre 25 e 28 °C e que a temperatura

inferior a 20 °C afeta o metabolismo desses peixes, entretanto os valores encontrados estão mais próximos da afirmação de Kubitza (1999) que considera a temperatura ideal para o cultivo de peixes tropicais varia de 28 a 32 °C.

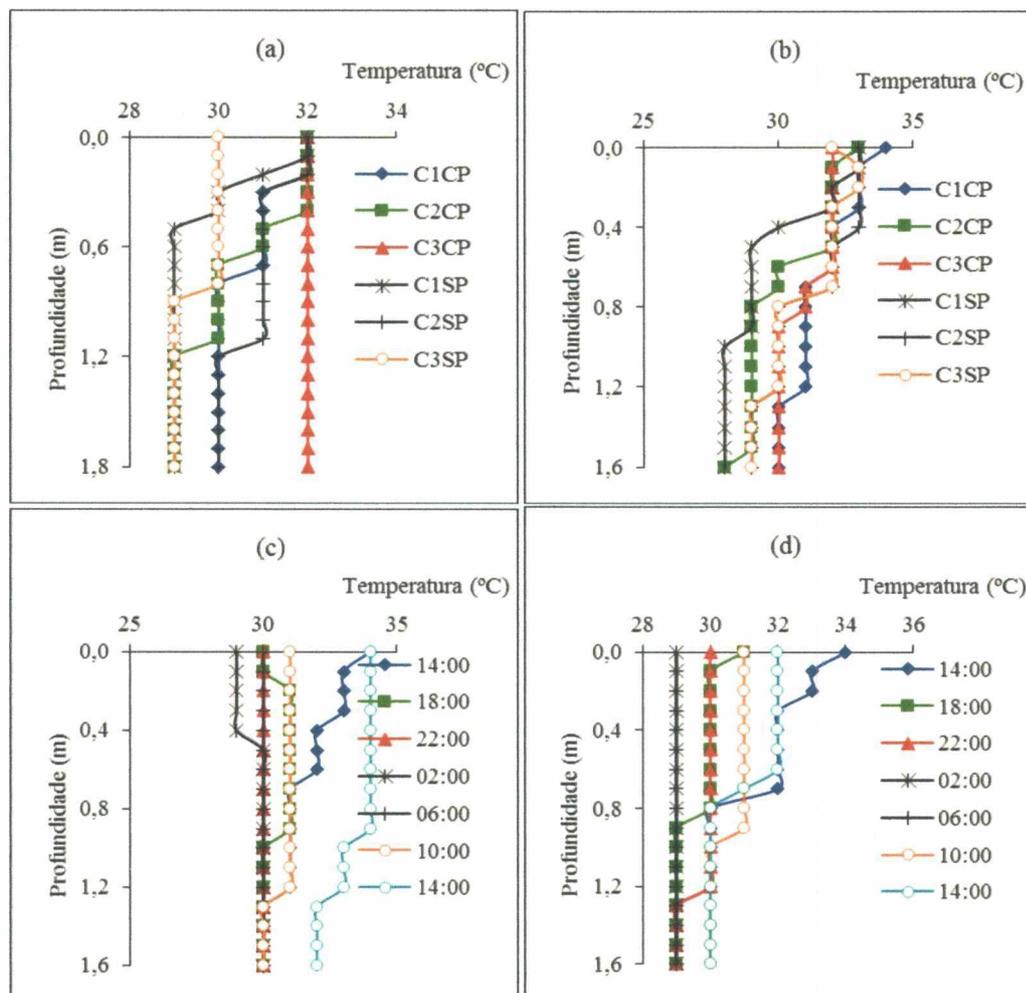


Figura 9 – Estrutura térmica na água das cavas, mensuradas entre 10h e 14h: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária da temperatura da água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.

Boyd (1997) e Sipaúba-Tavares (1995) afirmam que diferenças de temperatura podem gerar camadas de água com diferentes densidades, levando à estratificação térmica. Para Sipaúba-Tavares (1995) e Kubitza (2003) a luz e temperatura são parâmetros importantes, pois ambas exercem forte influência sobre outras variáveis físico-químicas da água influenciando na sua qualidade: a primeira afeta a distribuição dos organismos e a segunda afeta o desenvolvimento deles.

#### 4.4.2.4 Condutividade elétrica

A Figura 10 mostra que os valores nas cavas variaram entre 40 e 340  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e que apenas a cava C1CP apresentou o valor estacionário de 340  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Esse valor demonstra que há muitos íons dissolvidos quando comparados com as outras cavas. Peres & Senna (2000) encontrou na lagoa do Diogo valores máximos de 57  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e que há homogeneidade na sua distribuição na coluna d'água.

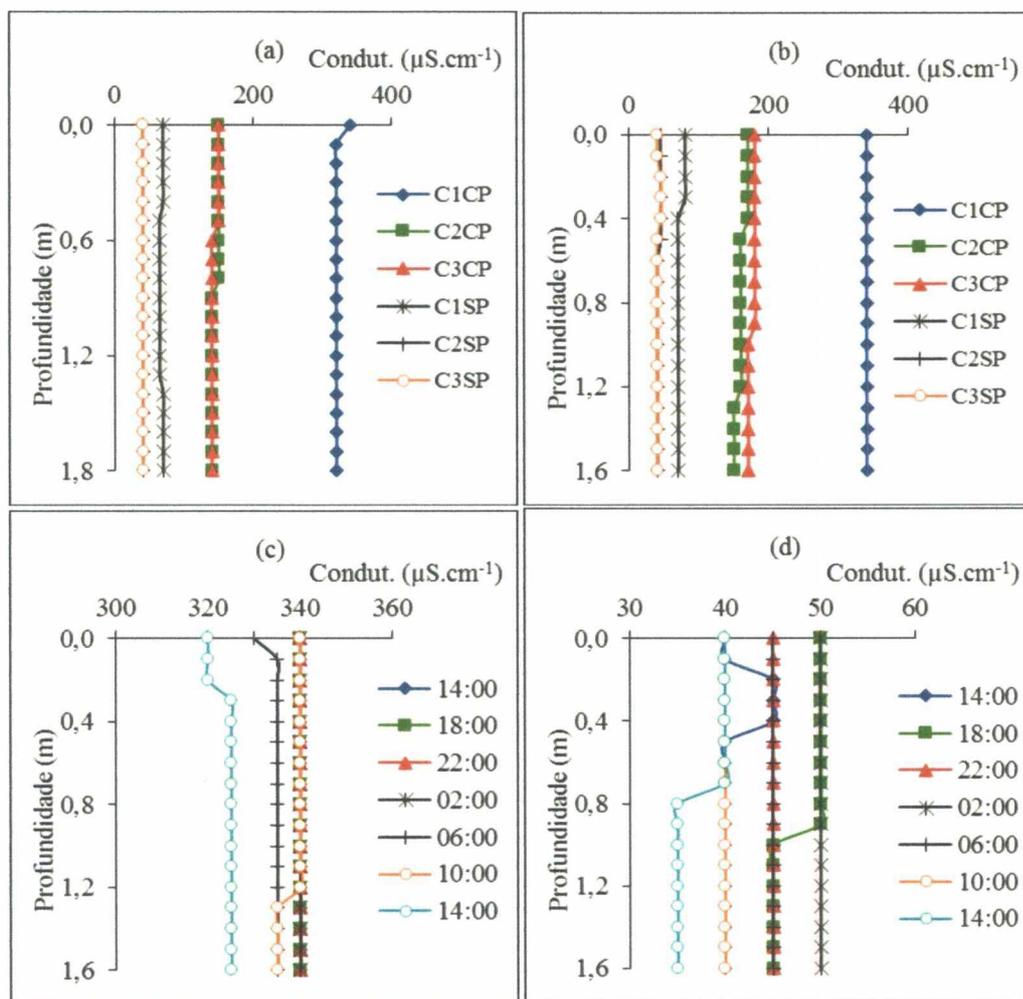


Figura 10 – Perfis de condutividade elétrica na água das cavas: (a) dia 01/10/2003 e (b) dia 30/11/2003. Evolução diária da condutividade elétrica da água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.

Observa-se que há um acréscimo na condutividade entre os meses de outubro e novembro que deve estar relacionado com a intensa evaporação e conseqüente uma diminuição do volume d'água o que eleva a concentração dos íons. Em algumas cavas observa-se que há uma diminuição da

condutividade, que pode ser em função da precipitação pluviométrica e da retirada dos íons em solução por processos físico-químicos.

Nas cavas C1CP e C3SP há poucas variações nictimerais, não sendo influenciadas pela temperatura, pois não apresentam comportamentos semelhantes. Pinto et al. (2003) encontraram na água de infiltração a condutividade de  $123 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ , e para a água de escoamento artificial, a condutividade em torno de  $74 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$  esses valores são referentes a Lagoa Feia e ao Rio São Francisco em Minas Gerais. Conforme os valores encontrados nas cavas, pode-se afirmar que elas apresentam baixa condutividade elétrica.

#### 4.4.2.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH afeta diretamente a maioria dos processos biológicos e físico-químicos ocorrentes na água. O principal contribuinte para altos valores de pH são as bases carbonatadas, o que também eleva a alcalinidade total, entretanto nas cavas apesar dos altos valores de pH, ocorre baixo poder de tamponamento, decorrente das baixas concentrações de bases carbonatadas. Isto pode ocorrer devido às interações iônicas ocorrentes em ambientes com altas taxas do nitrogênio amoniacal, bem como pouca respiração o que elevaria os valores de  $\text{CO}_2$ , que entrando em equilíbrio químico, formaria as demais bases carbonatadas.

A Figura 11 mostra que as cavas apresentaram uma variação no pH de 6,1 a 9,3 na superfície e 5,8 a 7,9 no fundo. Nota-se que não houve grandes variações nesses valores nas seis cavas mensuradas em outubro/2003 (Figura 11a) e em novembro/2003 (Figura 11b), apesar dos valores altos do pH apresentados na cava C1CP, esses valores podem ser considerados dentro da normalidade, pois as altas concentrações de bases carbonatadas corrige maiores variações do pH, mantendo-se mantendo estável tanto na superfície quanto no fundo. A variação nictimeral mostra pequenas variações e que os valores do pH apresentados na cava C3SP, demonstra que apesar da baixa alcalinidade, há a capacidade de tamponamento suficiente, para corrigir essas variações (Figuras 11c e 11d).

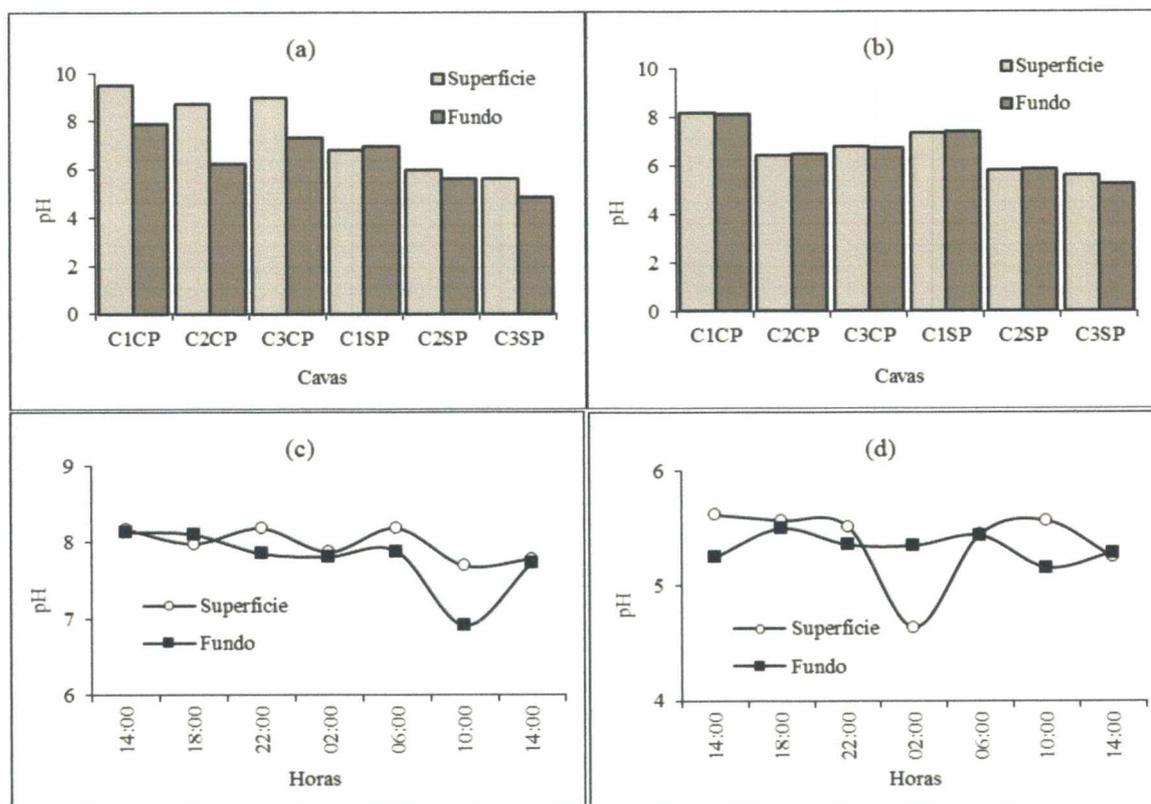


Figura 11 – Variação do pH da água das cavas mensuradas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária do pH da água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.

Proença & Bittencourt (1994) considera que faixa de pH ótima para a aquicultura situa-se entre 6 e 9, porém o ideal é entre 7 e 8; valores abaixo ou acima da faixa ótima podem causar efeitos tóxicos aos peixes e adversos sobre a produtividade natural dos viveiros e Kubitzka (2003) afirma que valores abaixo de 6,0 e acima de 9,5 atrapalham o crescimento e a reprodução dos organismos aquáticos, enquanto que Sipaúba-Tavares (1995) afirma que as variações podem ser mais acentuadas caso não haja estabilidade no teor de carbonato no meio. Tem sido reportado que os pontos letais de pH alto e pH baixo são de 4 e 11, respectivamente.

#### 4.4.2.6 Alcalinidade

A alcalinidade da água é definida como sendo a capacidade de neutralizar ácidos a ela adicionados. Esse tamponamento deve-se à captação de prótons e depende da concentração de ácidos e álcalis livres, tais como  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Si}(\text{OH})_4$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Água com alcalinidade total inferior a  $20 \text{ mgCaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$  apresentam reduzido poder tampão e podem apresentar significativas flutuações diárias nos valores de pH em função dos processos

fotossintéticos e respiratórios nos açudes e/ou viveiros (SIPAÚBA-TAVARES, 1998b; KUBITZA, 2003). Sipaúba-Tavares (1995) alega que os maiores contribuintes para a alcalinidade da água são os carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e os bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) a amônia ( $\text{NH}_3$ ), a hidroxila ( $\text{OH}^-$ ), o fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) e a sílica ( $\text{SiO}_4^-$ ), entre outros, também atuam como bases, neutralizando os íons  $\text{H}^+$ .

Na Figura 12 observa-se que apenas a cava C1CP, apresentou alta alcalinidade variando de 324,6 a 387,7  $\text{mgCaCO}_3.\text{L}^{-1}$ , e a cava C1SP apresentou valores satisfatório variando de 33,3 a 40,4  $\text{mgCaCO}_3.\text{L}^{-1}$  enquanto que nas demais cavas foram observados baixos valores variando de 3,5 a 19,3  $\text{mgCaCO}_3.\text{L}^{-1}$  nas cavas mensuradas em outubro e em novembro de 2003. A análise nictimeral mostra que a cava C1CP apresenta valores maiores do que a cava C3SP.

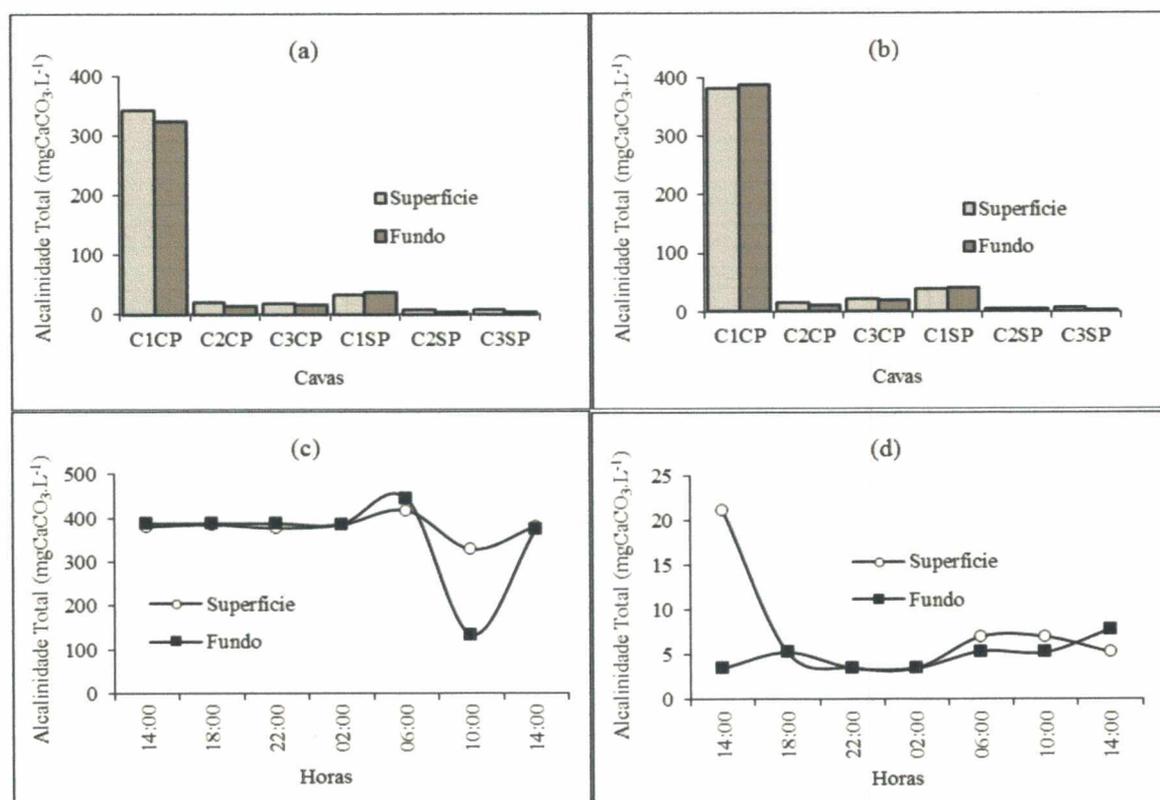


Figura 12 – Variação da alcalinidade da água das cavas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária da alcalinidade da água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.

Os valores apresentados nas cavas C1CP e C1SP denotam um satisfatório poder tampão estando acima do limite total inferior citado por Kubitzka (2003) que afirma que águas com alcalinidade total inferior a 20  $\text{mg.L}^{-1}$ , apresentam um reduzido poder tampão e podem apresentar

significativas flutuações diárias nos valores de pH. E ainda segundo Sipaúba-Tavares (1995), em viveiros de piscicultura são desejáveis valores de alcalinidade acima de  $20 \text{ mg.L}^{-1}$ .

#### 4.4.2.7 $\text{CO}_2$ livre

A respiração das algas, das macrófitas, dos peixes e do zooplâncton, bem como os processos microbiológicos de decomposição da matéria orgânica são as fontes importantes de  $\text{CO}_2$  nos sistemas aquaculturais. Ao longo do cultivo, a respiração pode exceder a atividade fotossintética (importante mecanismo de remoção do  $\text{CO}_2$ ), aumentando consideravelmente a concentração de  $\text{CO}_2$  no sistema, a qual pode ultrapassar facilmente os valores de  $25 \text{ mg.L}^{-1}$ .

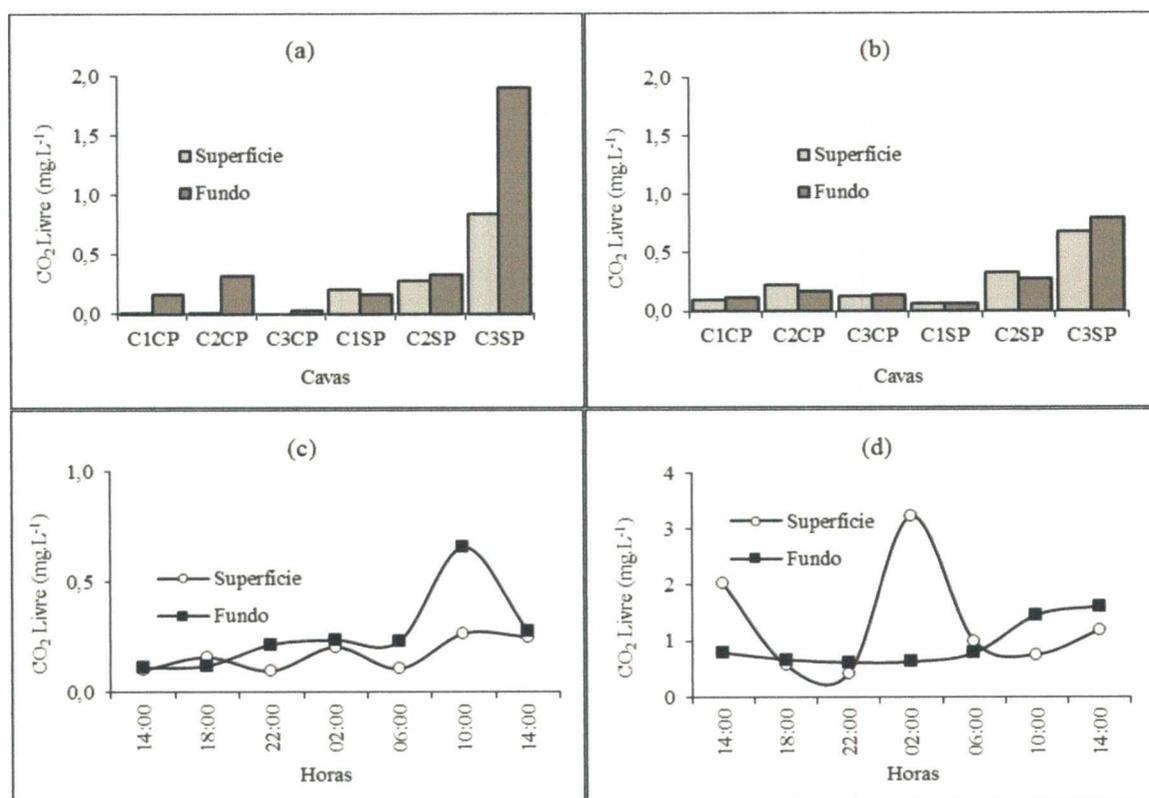


Figura 13 – Variação da concentração de  $\text{CO}_2$  livre na água das cavas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária da concentração de  $\text{CO}_2$  livre na água das cavas: (c) C1CP; (d) C3SP.

No mês de outubro o  $\text{CO}_2$  livre, apresentou baixas concentrações, nas cavas utilizadas no cultivo de peixes, principalmente na superfície, o mesmo, entretanto não ocorreu nas cavas sem peixes (Figura 13a), porém no mês de

novembro ocorre uma elevação da sua concentração nas cavas com peixe e pequena diminuição nas cavas sem peixe (Figura 13b).

Apesar da respiração dos organismos aquáticos a cava C1CP está em equilíbrio químico com as demais formas carbonatadas, ocorrendo maior concentração de bicarbonatos, tanto na superfície quanto no fundo (Figura 13a). As demais cavas com peixes apesar de pequenas quantidades de CO<sub>2</sub> livre há pouca concentração das formas carbonatadas. Nas cavas sem peixes há elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> livre e, baixas quantidades das outras formas carbonatadas (Figura 13b), o que se reflete em sua baixa alcalinidade (Figura 12a e 12b).

A cava C1CP apresentou pequenas variações nictimerais de CO<sub>2</sub> livre mantendo as concentrações pelo período de 24h (Figura 13c). O inverso pode ser observado na cava C3SP onde ocorreu grande variação nictimeral na concentração de CO<sub>2</sub> livre na superfície e elevando-se seqüencialmente no fundo com oscilações e acúmulo do CO<sub>2</sub> nesta cava (Figura 13d).

#### 4.4.2.8 Oxigênio dissolvido (OD)

A Figura 14 mostra que os valores de oxigênio dissolvido oscilaram entre 1,7 e 5,7 mg.L<sup>-1</sup>, nas cavas C1CP e C2SP, respectivamente na coleta de 01/10/2003 (Figura 14a) e entre 5,5 e 11,5 mg.L<sup>-1</sup> nas cavas C3SP e C1CP respectivamente, na segunda coleta em 30/11/2003 (Figura 14b). De uma forma geral, houve um incremento entre os dias de coleta na concentração do oxigênio dissolvido, mas as oscilações entre as cavas com peixes e sem peixes mostraram-se amplas.

Apesar das concentrações de oxigênio ter sido maiores na superfície e pouco menores no fundo, há um incremento sazonal, apesar da diminuição da zona eufótica. A pouca diferença entre a superfície e o fundo deve-se a mistura das massas d'água, tal como ocorre com a temperatura, visto que esta influencia na concentração dos gases dissolvidos (Figura 14). Pode-se ainda afirmar que as cavas sem peixes, sendo ambientes recém formados, o sedimento ainda não apresenta taxas consideráveis de decomposição da matéria orgânica, pois os teores de oxigênio dissolvido encontrados não sofreram grandes oscilações. Na cava C1CP, a variação nictimeral denota o

alto consumo do oxigênio, pois este variou de 11,57 a 2,05 mg.L<sup>-1</sup>, na superfície, atingindo seu ponto crítico às 6h, devido ao elevado consumo noturno (Figura 14c). Nessa cava o oxigênio é repostado pela fotossíntese durante o dia, atingindo o patamar de 7,88 mg.L<sup>-1</sup>.

Segundo a Regra de Van T'Horff há maior consumo devido às altas temperatura que influenciam diretamente no metabolismo dos organismos aquáticos, principalmente dos decompositores. Aliado a esse processo a alta taxa de estocagem dos peixes na cava eleva ainda mais o consumo. Nesse ambiente foi verificado alto estresse dos peixes, pois muitos estavam vindos à tona para respirar.

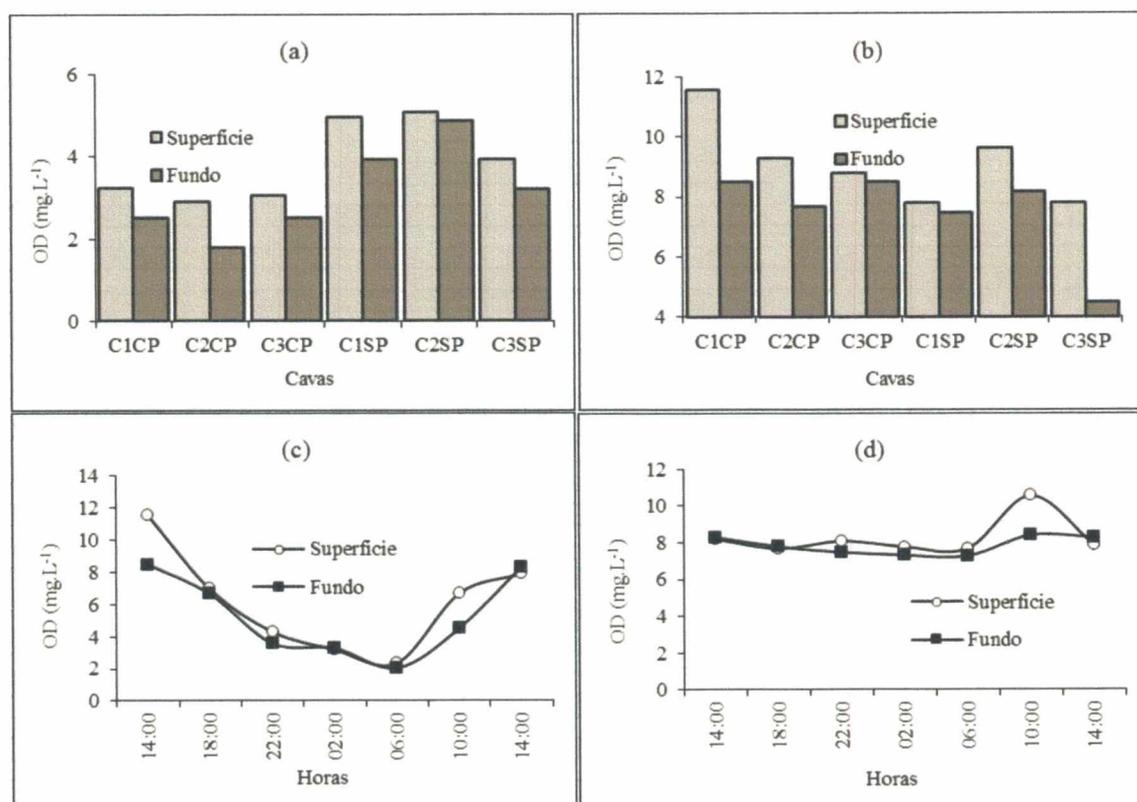


Figura 14 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido na água das cavas mensuradas entre 10h e 14h: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária da concentração de oxigênio dissolvido na água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.

Na cava C3SP, há pouca variação nictimeral, oscilando entre 7,2 e 10,5 mg.L<sup>-1</sup> sendo o menor valor encontrado às 6h, no fundo (Figura 14d). Segundo Thienemann (1925), citado por Esteves (1988), esse comportamento demonstra que pela falta de organismos não há grande consumo e que o mesmo se dá apenas por bactérias e plâncton, podendo ser caracterizado como

um ambiente recente. Esse fato aliado a valores menores de temperatura no hipolímnio aumenta a solubilidade do gás nessa zona.

Um comportamento geral das variações nictimerais foi observado que os máximos valores foram obtidos no fotoperíodo das 10h às 14h e os menores no fim do período de ausência de luz das 2h às 6h, o que está de acordo com a literatura, entretanto deve-se ressaltar a grande variação do oxigênio na cava C1CP, visto que esta atinge valores subletais para os peixes, interferindo no seu desenvolvimento, sendo observada com relativa frequência a morte alguns de peixes devido a esse processo.

A variação de oxigênio nas cavas com peixes é explicada pelos processos de fotossíntese e de respiração do fitoplâncton, que libera oxigênio para a água durante o dia, mas apenas o consome, durante a noite. Segundo Boyd (1990) valores de OD acima de 4,0 mg.L<sup>-1</sup> são adequados para o cultivo de peixes. Sendo assim, as cavas de uma forma geral apresentaram concentrações propícias para o cultivo de peixes.

#### 4.4.3 Nutrientes inorgânicos dissolvidos (NID)

##### 4.4.3.1 Fósforo inorgânico dissolvido (PID)

Dentre os nutrientes inorgânicos o fósforo em comparação com outros necessários à vida em águas naturais é o que ocorre em menor abundância de todos e é, por esta razão, frequentemente, o primeiro elemento a limitar a produtividade biológica. Na maioria dos ecossistemas aquáticos continentais, o fósforo é o principal fator limitante da produtividade primária e também o principal responsável pela eutrofização artificial. Nesses ecossistemas o fósforo apresenta-se na forma de fosfato.

As concentrações de PID na superfície variaram em 01/10/2003 de 1,60 µg.L<sup>-1</sup> na cava C1SP a 3,87 µg.L<sup>-1</sup> na cava C3CP e em 30/11/2003 de 0,60 µg.L<sup>-1</sup> na cava C1SP a 3,38 µg.L<sup>-1</sup> na cava C2SP.

A Figura 15 evidencia que pode estar ocorrendo a precipitação de PID, pois as mesmas no mês de outubro apresentam valores maiores na superfície e no mês de novembro, mostram-se no fundo. Entretanto a sua liberação do sedimento para a coluna d'água observa-se na cava C2SP (Figura 15b), possivelmente pela ressuspensão do sedimento, provavelmente pelo vento.

Apresentando assim um comportamento sazonal, mas os dados não esclarecem se este comportamento é contínuo, mantendo-se nos meses subsequentes.

O comportamento nictimeral mostra que enquanto, na cava C1CP (Figura 15c) ocorre a maior concentração na superfície, na cava C3SP (Figura 15d) esta já ocorre no fundo. Observa-se ainda que na cava C1CP há o consumo bem como a reposição do PID, devido ao elevado valor do pH e baixa concentração de argilas em suspensão. Na cava C3SP, é clara a deposição de PID no fundo, provavelmente por adsorção do fósforo à argila, visto que esta é elevada nessa cava e o pH é levemente ácido.

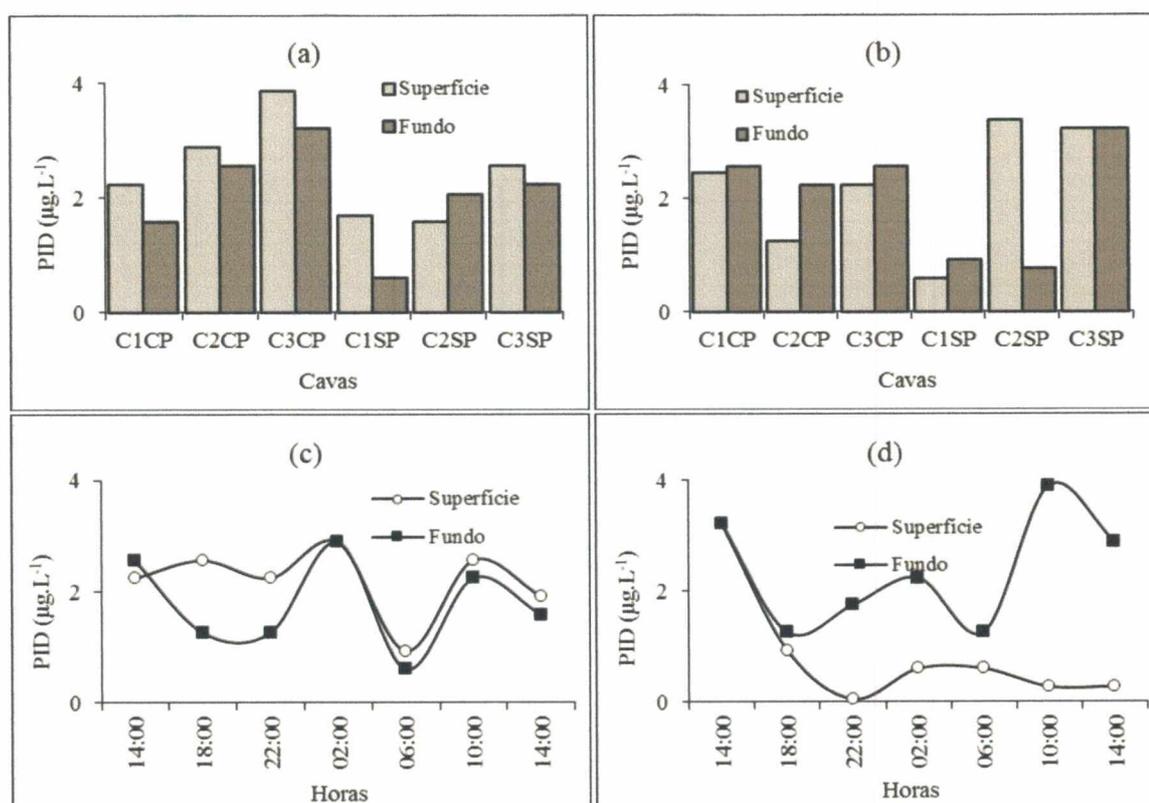


Figura 15 – Variação do fósforo inorgânico dissolvido na água das cavas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária do fósforo inorgânico dissolvido na água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.

Pádua (1993), considera que os ambientes aquáticos (açudes, lagos e/ou corpos límnicos) onde se desenvolve alguma forma de cultivo com teores de fósforo total menores que 10 mg.L<sup>-1</sup> são oligotróficos, os com teores entre 10 e 20 mg.L<sup>-1</sup> são mesotróficos e os que apresentam acima de 20 mg.L<sup>-1</sup> de fósforo total são eutróficos. Embora não tenha sido determinada as concentrações de fósforo total nas cavas, esses ambientes através da

observação visual e pelo aspecto externo que apresentam e até por serem recentes, tudo leva a crer que esses ambientes são oligotróficos.

Curtis (1985) considera a eutrofização como a situação em que um habitat aquícola apresenta quando se introduz um excesso de nutrientes, causando um grande crescimento e/ou proliferação de determinados tipos de algas.

#### 4.4.3.2 Nitrogênio amoniacoal ( $N-NH_3/N-NH_4^+$ )

O nitrogênio amoniacoal ( $N-NH_3/N-NH_4^+$ ), oscilou entre os valores extremos de 11,49 a 164,29  $\mu g.L^{-1}$ , em outubro e, de 10,34 a 95,89  $\mu g.L^{-1}$ , em novembro. Os altos valores no mês de outubro foram observados nas cavas sem peixe, mas no mês de novembro a cava C2CP, apresentou valor máximo obtido (Figura 16a e 16b).

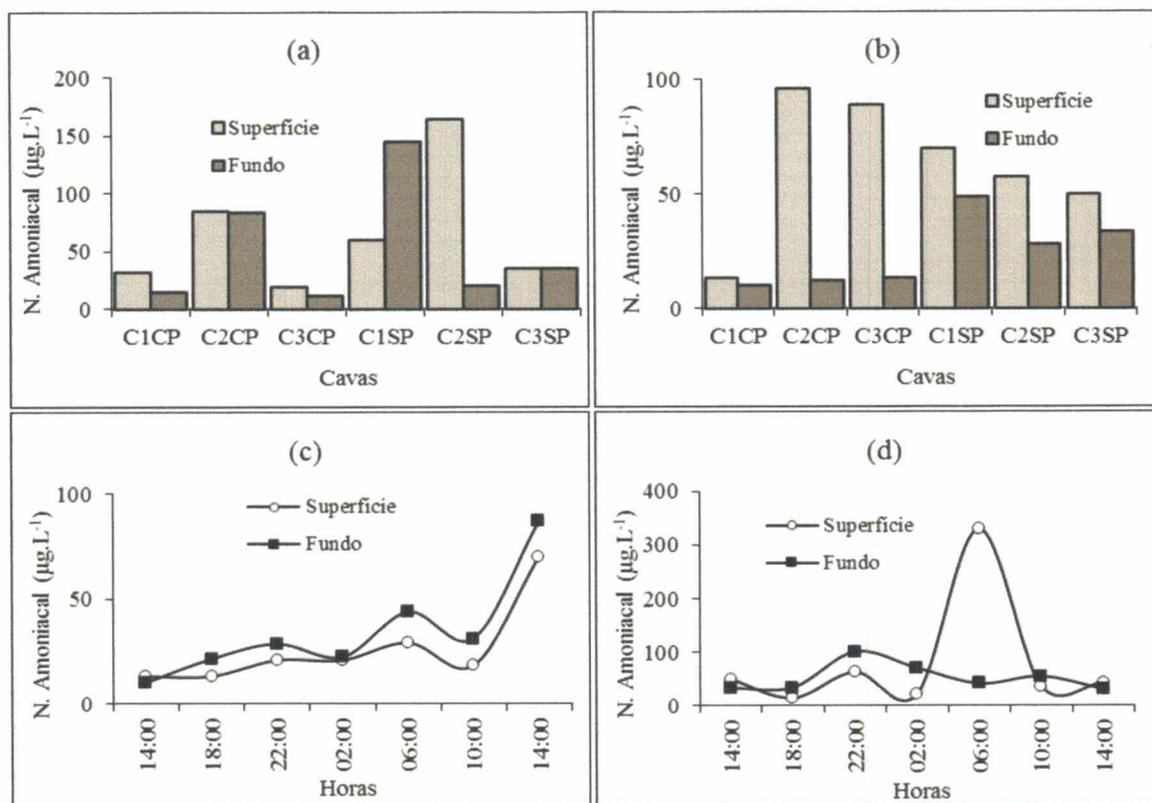


Figura 16 – Variação de nitrogênio amoniacoal na água das cavas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária de nitrogênio amoniacoal na água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.

A cava C1CP (Figura 16c) apresentou na variação nictimeral valores entre 10,39 a 87,00  $\mu g.L^{-1}$  e a cava C3SP (Figura 16d) entre 15,05 a 329,53

$\mu\text{g L}^{-1}$ . Esses são altos, entretanto não se pode afirmar que eles são oriundos da decomposição orgânica.

De acordo com Kubitzka (1999), valores de amônia não ionizada acima de  $200 \mu\text{g.L}^{-1}$  já são suficientes para induzir toxicidade crônica e levar à diminuição do crescimento e da tolerância dos peixes a doenças. Níveis de amônia entre  $700$  e  $2400 \mu\text{g.L}^{-1}$  podem ser letais para os peixes, quando expostos por curto período. Exposição contínua ou freqüente a concentrações de amônia tóxica acima de  $20 \mu\text{g.L}^{-1}$  pode causar intensa irritação e inflamação nas brânquias.

#### 4.4.3.3 Nitrogênio nitroso ( $\text{N-NO}_2^-$ )

O nitrito é um composto intermediário no processo de nitrificação da amônia (forma mais reduzida) a nitrato (forma mais oxidada). Em ambientes oxigenados, a concentração de nitrito é baixa, aumentando em ambientes anaeróbios. Por ser uma forma muito instável, o nitrito geralmente corre em baixas concentrações na água, mas pode se tornar tóxico quando a concentração de oxigênio dissolvido atinge valores muito baixos.

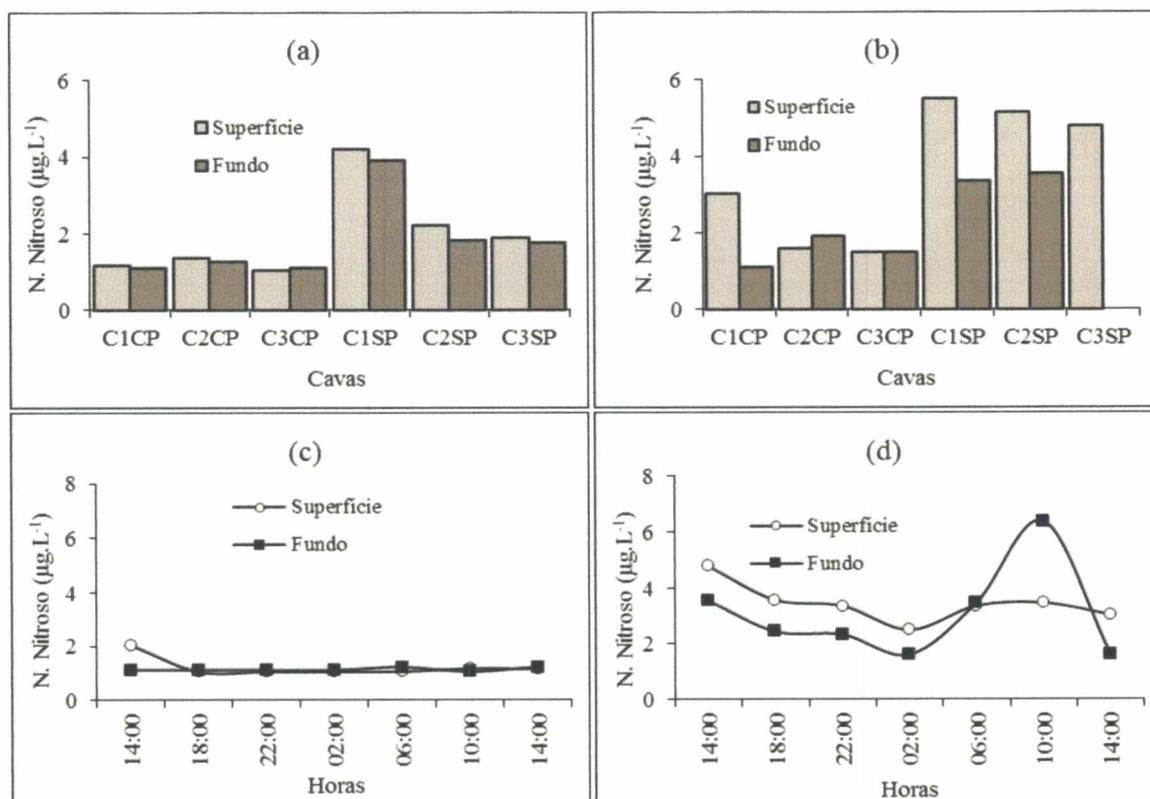


Figura 17 – Variação de nitrogênio nitroso na água das cavas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2003. Evolução diária de nitrogênio nitroso na água das cavas mensurada no dia 15/11/2003: (c) C1CP e (d) C3SP.

O nitrogênio nitroso ( $N-NO_2^-$ ), apresentou valores altos, que oscilaram entre 1,11 e 4,21  $\mu g.L^{-1}$ , em outubro (Figura 17a), e de 1,11 a 5,50  $\mu g.L^{-1}$ , em novembro (Figura 17b). Esta forma de nitrogênio, não apresentou variação nictimeral mantendo-se constante na cava C1CP (Figura 17c), entretanto na cava C3SP (Figura 17d), apresentou oscilações. Esta forma de nitrogênio é uma forma intermediária logo sendo transformada em nitrogênio nítrico ( $N-NO_3^-$ ) ou em nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3/N-NH_4^+$ ).

Segundo Kubitzka (2003) a exposição contínua a concentrações de 300 a 500  $\mu g.L^{-1}$ , podem causar redução no crescimento e na resistência dos peixes às doenças e que concentrações acima de 700  $\mu g.L^{-1}$  podem causar grande mortalidade, dependendo da espécie de peixe e de outras condições ambientais, particularmente da concentração de oxigênio dissolvido, de nitrogênio amoniacal, de gás carbônico e de cloreto na água. É importante salientar que a maior concentração encontrada foi de 6,38  $\mu g.L^{-1}$  dentre todas as amostras coletadas.

#### 4.4.3.4 Nitrogênio nítrico ( $N-NO_3^-$ )

O nitrogênio nítrico ( $N-NO_3^-$ ), apresentou amplitudes, de 254,49  $\mu g.L^{-1}$  em outubro (Figura 18a) e 266,61  $\mu g.L^{-1}$  em novembro (Figura 18b), entretanto apresentou valores mínimos de 12,08 e 10,73  $\mu g.L^{-1}$ , nos meses de outubro e novembro respectivamente. A variação nictimeral deste, foi de 8,14 a 17,28  $\mu g.L^{-1}$ , na cava C1CP e de 9,83 a 31,59  $\mu g.L^{-1}$ , na cava C3SP. (Figura 18).

De uma forma geral, utilizando-se o nitrogênio inorgânico dissolvido ( $[N-NH_3/N-NH_4^+]+[N-NO_2^-]+[N-NO_3^-]$ ) com parâmetro da qualidade da água, pode-se inferir que, as altas concentrações de nitrogênio amoniacal são as principais fontes causadoras dos valores de pH, apesar do processo de nitrificação verificado o oxigênio não sofre grandes variações pois também foi verificado que o processo de amonificação ocorre simultaneamente, as cavas ainda buscam seu equilíbrio químico. O nitrato tem grande importância nos ecossistemas aquáticos, pois constitui a principal fonte de nitrogênio para os produtores primários (ESTEVEZ, 1988).

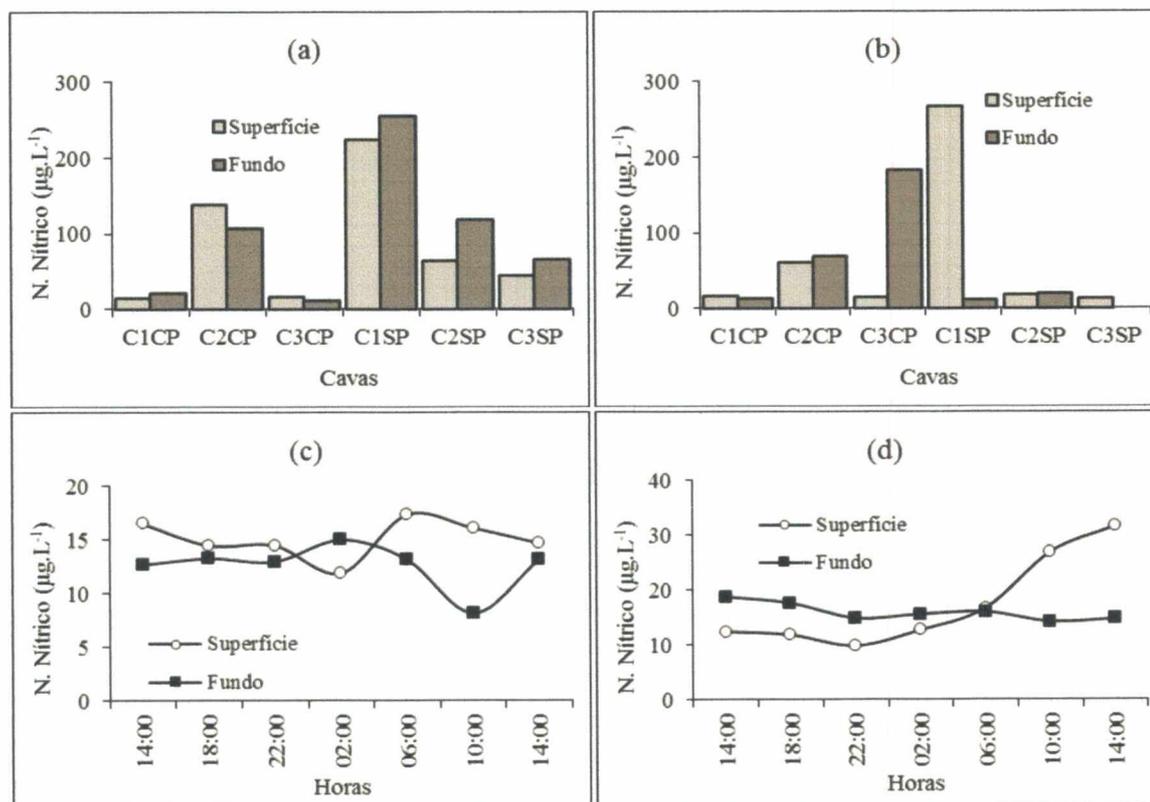


Figura 18 – Variação de nitrogênio nítrico na água das cavas: (a) dia 01/10/2003; (b) dia 30/11/2013. Evolução diária de nitrogênio nítrico na água das cavas: (c) C1CP e (d) C3SP.

## 5 CONCLUSÕES

Conforme os aspectos levados em consideração no desenvolvimento do presente trabalho pode-se concluir que:

1. O impacto ambiental causado pelas indústrias cerâmicas objeto da pesquisa, é significativo e não foge à regra das demais indústrias do setor.
2. As ações mitigadoras exercidas pelas indústrias pesquisadas são de pouca significância face à gravidade dos problemas ambientais por elas causados.
3. As práticas de manejo realizadas na criação de peixes em cativeiro são incipientes e inadequadas, afetando de forma negativa o desempenho satisfatório da atividade.
4. Os resultados da análise do solo, sedimento, material particulado em suspensão e das variáveis físico-químicas da água mostram que as

cavas estudadas, com os devidos ajustes, apresentam condições para sua utilização na piscicultura.

## 6 SUGESTÕES

Para melhorar as condições do uso da piscicultura nas cavas estudadas, sugerimos:

- 1- Ao retirar a argila, fazê-la de tal modo que as cavas fiquem mais seguras e protegidas (com as paredes internas dos diques inclinadas), com o formato retangular e com altura máxima de 2,0m.
- 2- Fazer uso da técnica de calagem, utilizando compostos de carbonatados, para elevar a alcalinidade, estabilizando o pH.
- 3- Nas futuras implantações sugerimos escolher as espécies de cultivo baseando-se sua adaptabilidade e limites suportados a qualidade da água das cavas e só iniciar o cultivo quando as cavas estiverem estabilizadas.
- 4- Fazer uso adequado de boas práticas de manejo.

**REFERÊNCIAS**

- AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. **Manuel des Analyses Chimiques en Milieu Marin**. Brest-France: ANEXO, 1983.
- AMOUD, J. J.; BALISTIERE, P. da R. M. N.; Custos de reabilitação ambiental na mineração de matérias primas cerâmicas – SC. In: Simpósio Nacional, 3, de Recuperação de Áreas Degradadas – Ouro Preto. **Anais**. Belo Horizonte. p. 36 – 41. 1997.
- APHA (AMERICAM PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). **Standard Methods: for the examination of water and wastewater**. Washington: APHA, 1981.
- ARRIGNON, J. **Ecologia y Piscicultura de Aguas Dulces**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1979. 365p. il.
- BALISTIERE, P. da R. M. N.; AMOUD, J. J. Recuperação Ambiental em Minas de Argila, Doutor Pedrinho – SC. In: Simpósio Nacional, 3, de Recuperação de Áreas Degradadas – Ouro Preto. **Anais**. Belo Horizonte. p. 42 – 52. 1997.
- BANCO DO NORDESTE. **Manual de Impactos Ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas**. Fortaleza. 1999. 297 p.
- BARD, J. Situação da piscicultura de água doce no Brasil. In: Simpósio Brasileiro, 1, de Aquicultura. Recife. **Anais**. Recife. 1980. p. 37-55.
- BARROSO, H. G. **Desenvolvimento de um novo equipamento para incubação de ovos de peixes de água doce e larvicultura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) — Universidade Federal do Ceará. 1999. 99 p.
- BARTH, R. C. Avaliação da Recuperação de Áreas Mineradas no Brasil. **Boletim da Sociedade de Investigações Florestais**. Viçosa: Departamento de Engenharia Florestal /Universidade Federal de Viçosa –UFV e Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM., 1989. 41p.
- BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997. 184p.
- BOYD, C. **Manejo do Solo e da Qualidade da Água em Viveiro para Aquicultura**. Associação Americana de Soja. Campinas: Departamento de Aquicultura. Mogiana Alimentos S/A, 1997.55 p. il.

BOYD, C. **Water quality in ponds for aquaculture**. Alabama: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, 1990.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 6.938** de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.985** de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências

CAMPELLO, E. F. C. O papel de leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas na recuperação de áreas degradadas. In: BALENSIEFER, M. (org) **Recuperação de áreas degradadas - Curso de Atualização 3**, Curitiba: FUPEF, 1996. p. 11-16.

CHRISTESEN, M. S. The intensive cultivation of fishwater fish in codes in tropical or subtropical regions. **Animal Research and Development**. v. 29, p. 7-10. 1989.

COHEN, D.; RA'ANAN, Z. The production of the freshwater prawn *Macrobrachium rosebergui* in Israel. III Density effects of all-male tilapia hibrid on prawn yield characteristics in policulture. **Aquaculture**, 35:57-71. 1983.

COLE, G. A. **Textbook of limnology**. St. Louis: The C.V. Mosby Company, 1979. 2 ed., 426 pg.

COLTURATO, S. C. O. **Aspectos e impactos ambientais da mineração de argila na região de Rio Claro e Santa Gertrudes, SP: Proposta Metodológica para ponderação dos impactos negativos**. 2002. Dissertação (Mestrado em Psicologia) Rio Claro: UNESP IGCE, 2002.

CURTIS, H. **Biologia**. Ciudad de México: Ed. Médica Panamericana, 1985. 4. ed. 1255p.

CYRINO, J. E. P.; KUBITZA, F. **Piscicultura**. Cuiabá: Sebrae, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 2. ed. rev. atual.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. Departamento de Recursos Naturais. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro: [s.l.]. 1986.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência-Finep, 1988. 575 p.

FAO. Fishery Information: data and statistics service. Aquaculture production statistics. **FAO Fisheries circular**. v. 7, n. 815, p. 186. 1995.

FERREIRA, C. A.; FUSER, J. E.; ZANATTA, P. R.; WILLIAMS DON, D. Reabilitação de Áreas Mineradas de Bauxita no Planalto de Poços de Caldas – MG. In: Simpósio Nacional. 3, de Recuperação de Áreas Degradadas, Ouro Preto. **Anais**. Belo Horizonte, 1997. p. 27-35.

FONSECA, T. J. L. **Processo produtivo de camarões marinhos em regiões de campos inundáveis no Estado do Maranhão**. São Luís. 1990.

FRANCO A. A. Revegetação de solos degradados. In: WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., Itaguaí. **Anais...** Itaguaí: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1991. p. 133-157. 1991

FRANCO, A. A., FARIA, S. M. The contribution of N<sub>2</sub>-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biol. Biochem**. v. 9, n. 516, p. 897-903, 1997.

FURTADO, J. F. R. **Piscicultura: uma alternativa sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 1995. 180 p.

GALLI, L. F.; TORLONI, C. E. **Criação de peixes**. São Paulo: Nobel, 1984. 119 p.

GOLTERMAN, H. L.; CLYNO, R. S.; OHSNTAD, M. A. M. **Methods for Chemical Analyses of Fresh Waters**. Oxford: Blackwell, 1978. 214p.

GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH. Novas Estratégias Ecológicas para a Vegetação de Áreas Mineradas no Brasil. In: Simpósio Sulamericano, 1, sobre Áreas Degradadas, Foz do Igraçu. **Anais**. FUPEF, Curitiba. 1994. p. 31-34.

HUET, M. **Tratado de Piscicultura**. Madri: 3 Mundi-Prensa, 1983. 753 p.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Estatística da pesca**. Brasília: CEPENE, 2003a.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração: técnicas de revegetação**. Brasília, 2003b. 96 p. il.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento censitário**. São Luís. 1996.

JESUS, R. M. Revetação: da Teoria à Prática, Técnicas de Implantação. In: Simpósio Sulamericano, 1, sobre Áreas Degradadas, Foz do Igraçu. **Anais. FUPEF**, Curitiba. 1994.

JHINGRAN, V. G.; PULLIN, R. S. V.. A hatchery manual for the common, Chinese and Indian major carps. **ICLARM Stud. Rev.** 11:191 p. 1988.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. 3. ed. Jundiaí: Degaspari, 1999. 97p.

KUBITZA, F. **Qualidade da Água no Cultivo de Peixes e Camarões**. Jundiaí. 2003. 1ª ed. 22p. il.

MACÊDO, L. A. A. **Poluição Ambiental**. Curso de Especialização em Economia Pesqueira. Apostila. 1988. 43p.

MAJER, J. D. **Fauna Studies and Land Reclamation Tecnologia: a review of the history and need for such studies**. In: *Animals in Primary Succession: the role of fauna in reclaimed lands*. Londres: Cambridge University Press, 1989.

MANTOVANI, W., BARBOSA, L. M. Degradação Ambiental: Conceituação e Bases para o Repovoamento Vegetal. In: **WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA SERRA DO MAR E FORMAÇÕES FLORESTAIS LITORÂNEAS**, 1., 2000, São Sebastião. **Anais**. São Paulo: SMA/CINP, 2000. 202 p. 39-49.

MARANHÃO. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. **Atlas do Maranhão**. São Luís: GEPLAN/LABGEO-UEMA, 2002. 2 ed. 39p. il.

MARANHÃO. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Turismo. **Diagnóstico dos principais problemas ambientais do Estado do Maranhão**. São Luís: SIOGE, 1991.

MARCONI, M. A., LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1996. 231 p.

MARDINI, C. V.; MARDINI, L. B. L. F. **Cultivo de peixes**. Canoas: ed.ULBRA, 2000. 204p.

MURGEL, M. C. O. L.; ARAUJO, N.; SOLDATELLI, L. M. **A Experiência de um Enfoque Regional no Tratamento de Planos de Recuperação de Áreas**

Degradadas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo. In: Congresso Ítalo-Brasileiro, 2, de Engenharia de Minas. **Anais**. São Paulo. 1993. p. 589-600.

NOFFS, P. DA S.; GALLI, L. F.; GONÇALVES, J. C. **Recuperação de áreas degradadas da Mata Atlântica**. São Paulo: UNESCO/CNRBMA, 2000. 48 p

NUNES, Z. M. P. **Interações entre Peixes Onívoros: proposta de um policultivo para pequenos açudes do semi-árido nordestino**. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal de São Carlos. 2000. 256p.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p. il.

OLIVEIRA, A. F. Estudos Ecológicos da Vegetação como Subsídios para Programas de Revegetação com Espécies Nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**. V.1. p. 64-72. 1994.

OLIVEIRA, A. P. N.; MONTEDO, O. R. K.; PIZETE, J.; CASAGRANDE, M. **Matérias-Primas Empregadas na Fabricação de Tijolos e Blocos de Construção: características e influência sobre as propriedades do produto final**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Secção Cerâmica Estrutural. 2001. Disponível em: <http://www.ctc.org.br/Artigos/tijolosblocos.PDF>. Acesso em 12 dez. 2003.

OSTRENSKY, A. **Piscicultura: Fundamentos e técnicas de manejo**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 214p.

PADUA, H. B. Conhecimento e utilização das variáveis físicas, químicas e biológicas na aqüicultura dulcícola brasileira-biodiversidade na aqüicultura. In: SIMP.BRAS.SOBRE CULTIVO DE CAMARÃO, 4; CONG.BRAS.DE AQUICULTURA-FEIRA TEC.E PRODUTOS PARA AQUICULTURA, 1.,1993, Feira de Santana. **Anais...** João Pessoa, PB,.v.1. 1993.

PERES, A. C. **Chlorophyta da Lagoa do Diogo e Variáveis Físicas e Químicas, Estação Ecológica Jataí, Município de Luís Antônio – SP**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) — Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 1997. 131p. il.

PERES, A.C.; SENNA, P.A.C. Parâmetros físicos e químicos da Lagoa do Diogo. In: SANTOS, J.E. & PIRES, J.S.R. (Eds.) **Estudos integrados em ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí**. v. 2. p. 377-386. São Carlos: Editora Rima. 2000.

PINTO, M. T. C.; YU, L. W.; BARBOSA, F. A. R. Dinâmica mineral na interfase terra-agua no alto São Francisco. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (Org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: Ed. da PUC Minas, 2003. p. 51-69.

PROENÇA, C. E. M., BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília. IBAMA. 1994. 196 p. il.

ROCHA, J. B. S. **Estudo comparativo do crescimento da tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) e da tilápia vermelha (*Oreochromis spp*) cultivados em viveiros**. Monografia (Curso de Engenharia de Pesca) — Universidade Federal de Pernambuco. 1996. 72 p.

SHILO, M.; SARIG, S. **Fish culture in warm water systems: Problems and trends**. 259 p. CRC press, Florida. 1989.

SILVA, A. L. N. da. **Tilápia vermelha (híbrido de *Oreochromis spp*) e camorim (*Centropomus undecimalis*, Bloch, 1972): aspectos e cultivo associado na Região Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) Universidade Federal de São Carlos. 1996. 200 p.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Influência da luz, manejo e tempo de resistência sobre algumas variáveis limnológicas em um viveiro de piscicultura**. Biotemas. 1995.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia Aplicada à Aquicultura**. Jaboticabal: FAPESP, 1998a. 70p. il.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia dos Sistemas de Cultivo**. In: **Carcinicultura de Água Doce: tecnologia para produção de consumês**. IBAMA. Brasília: FAPESP, 1998b. 383 p.

STUMM, W.; MORGAN, J.J. **Aquatic Chemistry. An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria In Natural Waters**. New York: Wiley & Sons, 1981. 2 ed. 386 p.

TAVARES, L. H. S. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70 p.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba, SP: Agropecuária, 1997. 274 p.

VALENTI, W. C. **Cultivo de camarões de água doce**. São Paulo: Nobel, 1985. 81 p.

VINATEA ARANA, L. **Princípios de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1997. 166p.

WOHLFARTH, G. W.; HULATA, G.; KARPLUS, I.; HAVERY, A. **Polyculture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in intensively manured ponds and the effect of stocking rate of prawns and fish on their production characteristics**. **Aquaculture**. Amsterdam, 46:142-56. 1985.

WOYNAROVICH, E. **Manual de Piscicultura**. Brasília: CODEVASF, 1993. 69 p. il.

YOO, K.H.; MASSER, M.P.; HAWCROFT, B.A. An in pond raceway system incorporating removal of fish wastes. **Aquacultural Engineering**. London, 14: 175-187. 1995.

## **ANEXOS**

## Anexo A- Dados oficiais do setor cerâmico nacional

<b>Produtos</b>	<b>Nº de Empresa s</b>	<b>Percentual Aproximado</b>	<b>Produção/Mês Nº de Peças</b>	<b>Consumo de argila/(Ton. Mês<sup>-1</sup>)</b>
Blocos/Tijolos	7.500	62%	5,25 milhões	10.500.000
Telhas	4.500	37%	2,25 milhões	4.500.000
Tubos	20	0,2%	465 Km <sup>2</sup> *	-
<b>Total</b>	<b>12.020<sup>a</sup></b>	<b>100%</b>	<b>-</b>	<b>15.000.000</b>

<sup>a</sup> Número de olarias e cerâmicas no Brasil

\*Produção apontada pela Associação Latino-Americana de Fabricantes de Tubos Cerâmicos (Acertubos), considerando o número de 11 empresas brasileiras, responsáveis pela fabricação de 5.580 km/ano.

Geração de empregos diretos: 650 mil;

Geração de empregos indiretos: 2 milhões;

Faturamento anual: R\$ 6,0 bilhões.

FONTE: ANICER/2003

## ANEXO B – Dados do setor cerâmico do Maranhão.

Discriminação	Unidade	Quantidade
Nº de empresas no estado	Unid.	78
Nº de sócios no sindicato	Unid.	18
Empregos diretos	Unid.	2.600
Empregos indiretos	Unid.	10.400
Salário médio	Salário mínimo	1,5
Produção de blocos		31.200.000
Produção de telhas (naturais e coloridas)	peças	15.000.000
Consumo de argila	m3/mês-1	75.000
Consumo de lenha	m3/mês-1	28.000
Consumo de óleo BPF		-
Consumo de gás GLP	Kg	-
Estoque de produtos	%	10
Programas de qualidade*	-	-
Representatividade para a economia do Estado.	%	-
Faturamento aproximado	R\$/mês	4.600.000,00

Fonte: SINDICER/MA, 2002.

\*Fase inicial com o SENAI.