



## VIABILIDADE DO USO DE LAGOAS DE MATURAÇÃO NA PISCICULTURA

### **Maria do Socorro R. Hortegal Filha<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Estadual do Maranhão. Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará - UFC.

### **Suetônio Mota**

Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Saúde Ambiental. Professor Titular do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará.

### **Beatriz Susana Ovruski de Ceballos**

Doutora em Ciências (Microbiologia Ambiental) - USP. Mestre em Microbiologia - EPM. Graduada em Bioquímica (Universidade Nacional Hídricos / Eng<sup>a</sup> Sanitária e Ambiental (AESA).

### **Fernando José Araújo da Silva**

Engenheiro Civil. Mestre em Engenharia Civil UFPb. Bolsista do CNPq.

### **Rejania Gomes Santiago**

Engenheira Civil pela Universidade Estadual do Maranhão. Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará - UFC.

### **Francisco Hiran Farias Costa**

Doutorando da Universidade Federal do Ceará. Mestre em Bioquímica – UFC. Engenheiro de Pesca pela UFC. Professor do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Carolina Sucupira, 65/202 - Aldeota - Fortaleza - CE - CEP: 60140-120 - Brasil - Tel.: (031) 264-4278 - e-mail: [reuso@ufc.br](mailto:reuso@ufc.br)

**FOTOGRAFIA  
NÃO  
DISPONÍVEL**

## RESUMO

O trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa sobre a utilização de Lagoas de Maturação para a prática de Piscicultura, desenvolvida junto ao Sistema de Lagoas de Estabilização do Distrito Industrial de Maracanaú, no Estado do Ceará. A pesquisa determinou as características físicas, químicas e microbiológicas dos esgotos das três lagoas de maturação do sistema, com coletas de efluente e coluna líquida. Foram, também, determinados as medidas biométricas dos peixes capturados nas Lagoas de Maturação Secundária (LMS) e Terciária (LMT), e realizadas análises de coliformes fecais na pele, músculos e vísceras dos peixes. Os resultados indicam que as Lagoas de Maturação Secundária e Terciária constituem ambientes favoráveis à piscicultura, tanto em termos de produção de peixes, como de aspectos microbiológicos

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso de Águas, Reuso em Piscicultura, Lagoas de Maturação, Lagoas de Estabilização.

## INTRODUÇÃO

A utilização de água nas diversas atividades humanas implica necessariamente na geração de esgotos, que nem sempre têm um destino ambiental adequado (König *et al.* 1996). Para reduzir os impactos negativos causados pela introdução de esgotos em corpos receptores e garantir a preservação dos corpos hídricos, é necessário que haja tratamento. Se as águas residuárias forem lançadas, sem tratamento, em mananciais que servem para abastecimento público, podem ocasionar alterações profundas nos reservatórios, dificultando e encarecendo seu tratamento na Estação de Tratamento de Água (Cavalcanti, 1997).

Na América Latina, no final de 1987, somente 10% dos seus esgotos recebiam tratamentos. Isto significa que mais de 400 m<sup>3</sup>/s de águas servidas vêm contaminando o meio ambiente (WHO, 1987 apud León e Cavallini, 1996). Dentre as várias alternativas de tratamento de esgoto, as lagoas de estabilização vêm ganhando credibilidade, não só pelas vantagens, como: simplicidade de construção, manutenção e operação, mas pela eficiência que esta apresentam, podendo produzir um efluente com a qualidade bacteriológica desejada.

É evidente a crescente demanda de alimentos como conseqüência da explosão populacional, e, em diversas regiões, a maior parte da população sofre com a fome. No entanto, os efluentes das estações de tratamento, particularmente de lagoas de estabilização, estão sendo descartadas, enquanto poderiam ser reusados para produzir alimentos.

Desde 1992, as Lagoas de Estabilização do Sistema de Tratamento do de Esgoto do Distrito Industrial - SIDI, tratam os esgotos domésticos (07 conjuntos habitacionais) e industriais (56 indústrias) do Município de Maracanaú (3° 52' 57" S, 38° 37' 35" O e a 48 m do nível do mar), a 23 km da cidade de Fortaleza, Ceará, região Nordeste do Brasil. O sistema, além de tratar os esgotos dessa região, produz um efluente final rico em nutrientes básicos, ideais para produção de alimentos. Neste complexo, as lagoas de maturação secundária (LMS) e terciária (LMT) possuem uma grande quantidade de peixes. Neste trabalho fez-se o levantamento da ictiofauna presente nas lagoas de maturação e o monitoramento de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água.

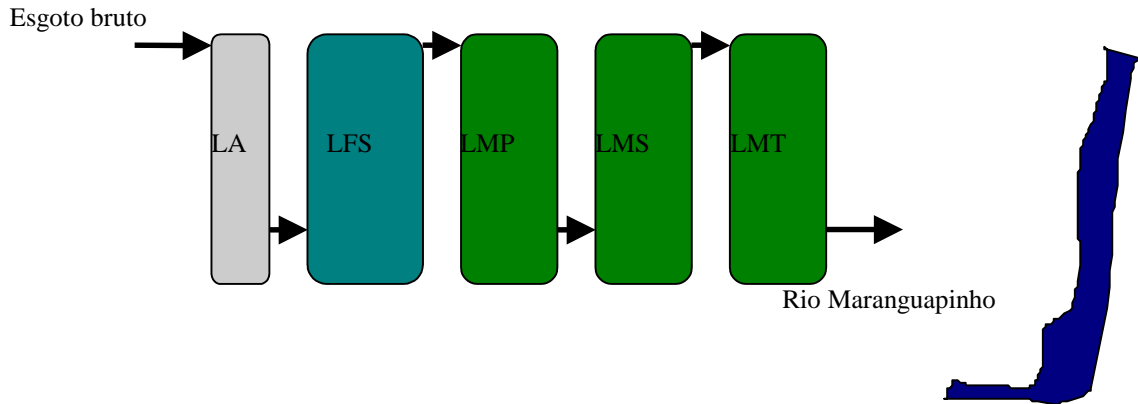
## MATERIAIS E MÉTODOS

### Descrição do Sistema

O sistema das Lagoas de Estabilização do Distrito Industrial (DI) é formado por uma série de cinco (05) lagoas, sendo: uma lagoa anaeróbia (LA), seguida por uma lagoa facultativa secundária (LFS) e por três de maturação (primária - LMP, secundária - LMS e terciária - LMT) (Figura 1). Estas três últimas foram objeto do presente estudo.



**Figura 1 - Fluxograma da série de lagoas do DI – Maracanaú.**



No Quadro 1, são apresentadas as características físicas e operacionais do sistema de lagoas de estabilização de Maracanaú.

**Quadro 1: Características físicas e operacionais das Lagoas LMP, LMS e LMT- SIDI.**

Lagoa	Dimensões à meia Profundidade (m)			Área a meia Profundidade (há)	Volume (m <sup>3</sup> )	TDH	$\lambda_v$	$\lambda_s$
	Comp	Larg	Prof					
				-	-	-	-	-
LMP	1055	158	1,5	16,669	250.035	5,5	18	266
LMS	1055	158	1,5	16,669	250.035	5,5	8	121
LMT	1055	158	1,5	16,669	250.035	5,5	5	

TDH - Tempo de detenção hidráulica (dia)

$\lambda_v$  - Carga orgânica volumétrica (g DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>.d)

$\lambda_s$  - Carga orgânica superficial (kg DBO<sub>5</sub>/ha.d)

### Alimentação do sistema

O esgoto afluyente à estação de tratamento é lançado por meio de estações de bombeamento, para a LA. As elevatórias são necessárias devido diferença de nível entre a cota de chegada do coletor principal e o nível da água da lagoa. A combinação dos dois tipos de esgotos (domésticos e industriais), é feita no canal que dá acesso para alimentar a LA. O efluente desta corresponde ao afluyente da LFS, e assim sucessivamente até que o efluente final da LMT (efluente tratado) seja lançado no corpo receptor, rio Maranguapinho (Figura 1).

### Coleta de Dados

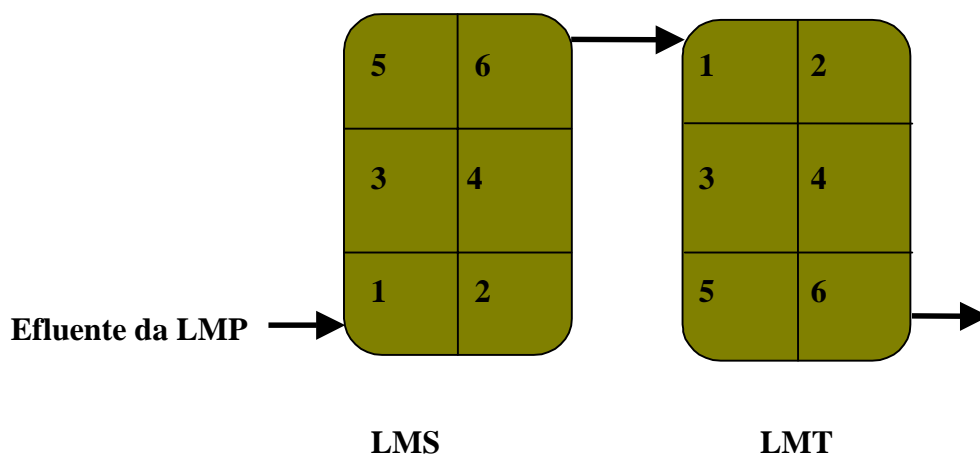
Para o monitoramento da qualidade da água das lagoas LMP, LMS e LMT, foram feitos dois tipos de coletas, do efluente e da coluna líquida, amostradas na saída de cada reator, próximo aos seus vertedouros. As amostras de efluente foram coletadas com a utilização de um recipiente plástico de aproximadamente 5 litros, do qual após a homogeneização retiravam-se subamostras. As amostras de coluna foram realizadas com o emprego de um amostrador confeccionado em PVC, denominado de “coluna”, de 75 mm de diâmetro e 3 m de comprimento. O amostrador era introduzido perpendicularmente à superfície da



lagoa, próximo ao vertedouro, com um dispositivo de entrada da água aberto, até uma profundidade anterior à camada de lodo. Com a coluna cheia de água, esta era retirada da lagoa e conduzida até o seu talude, e vertida num balde de aproximadamente de 10 litros, onde se retiravam subamostras para as análises. As variáveis físicas, químicas e microbiológicas determinadas foram: temperatura (T), pH, oxigênio dissolvido (OD), clorofila “a” (Cla), sólidos suspensos (SS), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5, 20°</sub>), nitrogênio amoniacal (NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), fósforo total (PT) e coliformes fecais (CF).

Para o levantamento da ictiofauna presente na LMS e LMT, procedeu-se à divisão das mesmas em seis (06) quadrantes, como está representado na Figura 2. Nestes quadrantes, foram realizadas pescarias artesanais, usando uma rede de cobrir (tarrafa). Em cada quadrante, o pescador obteve um número razoável de peixes, os quais foram submetidos a identificação e determinação biométrica. Os pesos foram obtidos com o auxílio de uma balança da marca Marte, com capacidade de 250g (0,1g) e os comprimentos foram determinados com o auxílio de um ictiômetro de precisão de 0,1 cm, sendo a identificação feita pelo nome vulgar, com o auxílio do pescador. Estes dados biométricos, assim como a sua identificação foram efetuados individualmente. No final do experimento, foram realizadas análises de coliformes fecais na pele, músculo e vísceras dos peixes. Para tais análises, foram adquiridos dois peixes de cada quadrante, colocados em sacos estéreis e acondicionados num isopor contendo gelo, para o seu transporte.

**Figura 2 - Divisão em quadrantes, das lagoas de maturação (LMS e LMT) para coleta de peixes.**



### APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados médios dos parâmetros analisados nas amostras de efluente e coluna líquida, durante o período de agosto/97 A maio/98. Os resultados ajustaram-se a uma distribuição normal, sendo que para CF adotou-se a média geométrica, discretizando a amplitude total dos resultados.

Observou-se que a temperatura média manteve-se praticamente constante para os dois tipos de coleta (efluente e coluna), tendendo A uma uniformidade com valores ligeiramente superiores a 28°C. Esses valores elevados são característicos de regiões tropicais, favorecendo à degradação da matéria orgânica. Não foram observadas grandes



variações nos valores de pH, sendo o menor valor de 8,35, na LMP. Os pHs registrados evidenciaram a influência das atividades fotossintética realizadas pelas algas. As determinações do OD demonstram um aumento gradual nas três lagoas, o menor valor encontrado, de 5,5 mg/L, sendo é superior ao exigido pelo CONAMA (5,0 mg/L) para águas da Classe 2, destinadas à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana (CONAMA, 1986). A biomassa de algas que foi quantificada nas três lagoas mostrou que nas amostras de efluentes foram inferiores às de colunas: 610 µg/L e 861 µg/L (efluente e coluna) na LMP, 375 µg/L e 471 µg/L (efluente e coluna) na LMS e, 304 µg/L e 331 µg/L (efluente e coluna) na LMT. Observou-se que a maior concentração de clorofila “a” foi encontrada na LMP, onde provavelmente haja a maior carga de matéria orgânica e nutriente. Os maiores valores de sólidos suspensos foram registrados nas amostras de coluna, acompanhando o mesmo comportamento da clorofila “a”. A DBO<sub>5</sub> não apresentou variações significantes entre as amostras de efluente e coluna, com percentuais de remoção médio de 22% nas duas lagoas (LMS e LMT). Quanto à amônia, os valores encontrados foram maiores para as amostras de efluentes, havendo uma remoção significativa na LMS (73%). O fósforo total apresentou valores decrescentes (6,09 a 3,85 mg P/L), para efluentes. Nas amostras de coluna as concentrações médias foram maiores. A remoção total ocorrida foi de 37% nas amostras de efluentes e 19% nas amostras de coluna. Os valores de CF foram: 2,8E2; 3,2E1 e 3,6E1 CF/100mL nas amostras de efluentes (LMP a LMT); 9,1E2; 5,2E1 e 1,2E1 CF/100mL para as amostras de coluna. A qualidade da água das lagoas de maturação está de acordo com o que estabelece a Organização Mundial de Saúde, para a prática de piscicultura CF ≤ 100 0/100mL (WHO, 1989).

**Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros analisados (agosto/97- maio/98) - SIDI.**

Reator	T °C	PH unid.	OD mg/L	Cla µg/L	SS mg/L	DBO <sub>5</sub> mg/L	NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> MgN/L	PT mgP/L	CF NMP/ 100mL
LMPe	28,1	8,37	5,5	610	104	41	7,24	6,09	2,81E2
LMPc	28,7	8,35	-	861	160	39	6,26	6,44	9,11E2
LMSe	28,4	8,54	6,0	375	66	31	1,92	5,10	3,32E1
LMSc	28,9	8,53	-	471	91	31	1,55	5,18	5,25E1
LMTe	28,0	8,96	7,2	304	67	23	1,55	3,85	3,65E1
LMTc	28,6	8,85	-	331	65	26	1,47	5,22	1,22E1

e - efluente; c - coluna

A única espécie encontrada foi a Tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). A Tabela 2 apresenta os resultados de biometria dos peixes das lagoas LMS e LMT. Os máximos e mínimos pesos registrados foram 96,5 e 81,3 g (LMS), e 94,3 e 73,3 g (LMT), respectivamente. Seguindo essa mesma ordem, com relação aos comprimentos encontrados, foram 16,8 e 16,3 cm (LMS) e, 16,5 e 15,8 cm (LMT). Foi verificado na LMS uma maior concentração de peixes, 13,8 kg no quadrante 1, enquanto que na LMT, 1,8 kg, também no quadrante 1, não ultrapassando 2,0 kg. O total de peixes capturados na LMS (28 kg) durante todas as amostragens foi bem superior ao total de peixes capturados na LMT (7,5 kg). Embora haja uma diferença considerável nas concentrações de peixes dessas lagoas, pode-se observar que em relação a biometria individual não houve uma variação acentuada. O fato da LMS ter uma maior concentração de peixe pode estar diretamente relacionado com variáveis físicas e químicas, por exemplo DBO<sub>5</sub>, Cla “a” e NH<sub>3</sub>/ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e Pt, pois estas apresentaram valores mais alto na LMS do que LMT.



A presença de coliformes fecais foi observada apenas nas análises das vísceras dos peixes da LMS, como um valor médio de 3,3E1 CF/g.

**Tabela 2 - Valores médios das determinações da biométria dos peixes das lagoas.**

LMS	Peso (g)			Comprimento (cm)			Desvio padrão		Total (kg)
	Máx.	Méd.	Mín	Máx.	Méd.	Mín	P*	C*	
<b>Quadrante</b>									-
<b>1</b>	200,0	93,6	25,0	19,5	16,3	14,0	27,8	0,9	13,8
<b>2</b>	200,0	85,4	35,8	19,8	16,5	13,8	23,8	0,9	3,8
<b>3</b>	125,0	81,3	36,8	19,0	16,8	14,2	20,6	1,1	6,6
<b>4</b>	128,0	63,5	34,0	20,2	15,9	13,2	21,2	1,1	1,6
<b>5</b>	125,0	96,5	50,0	18,3	16,7	14,5	13,5	0,6	1,0
<b>6</b>	125,0	87,7	115,0	18,8	16,8	15,3	0,9	0,1	1,2
<b>LMT</b>									
<b>1</b>	220,0	73,3	25,0	20,0	15,9	14,0	16,0	0,7	1,8
<b>2</b>	200,0	81,2	25,0	17,10	16,0	13,3	21,8	0,9	1,5
<b>3</b>	150,0	94,3	50,0	18,0	16,5	15,0	22,1	0,1	0,1
<b>4</b>	101,0	75,7	50,0	18,8	15,8	14,0	1,3	0,9	1,1
<b>5</b>	125,0	76,2	76,2	18,8	15,9	14,2	6,1	0,7	1,3
<b>6</b>	150,0	89,3	50,0	17,8	16,1	13,5	6,8	1,0	1,7

P - peso; C - comprimento

## DISCUSSÃO

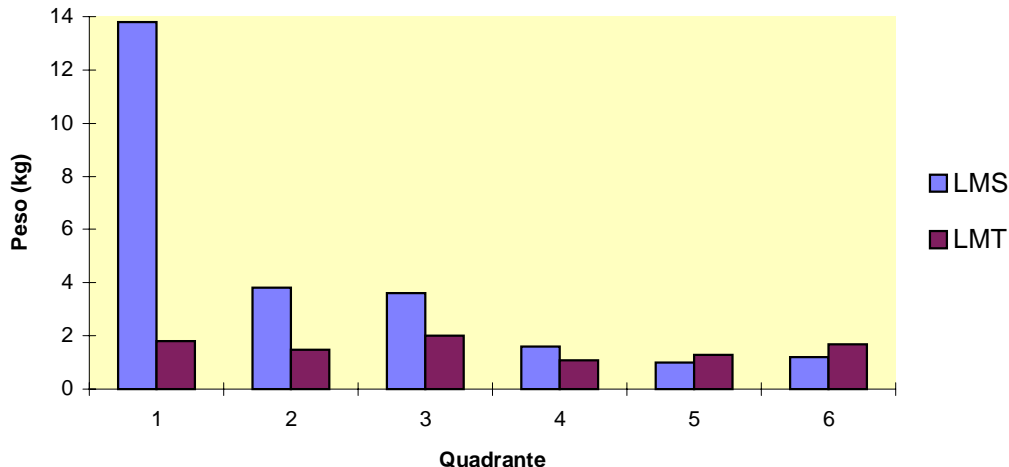
Segundo Boyd (1990) e Polprasert (1996), as condições ideais no ambiente aquático, para desenvolvimento de peixes são: 22 a 30 °C de T; 6,5 a 9,5 de pH; 4 mg/L de OD; 0,2 a 2,0 mgN/L (nitrogênio amoniacal). Na Tabela 1, observa-se que as variáveis anteriormente comentadas apresentam valores satisfatórios para a produção e crescimento de uma população de peixes, previamente definida.

A média das concentrações de Cla, 331 a 861 µg/L (amostra de coluna) nas lagoas LMP, LMS e LMT, mostram uma quantidade considerável de algas, que, através da atividade fotossintética, favorecem à produção do OD requerido pelos peixes, servindo também de fonte de alimentos. Os sólidos suspensos (67 a 104 mg/L e 65 a 160 mg/L - efluente e coluna), mostram que grandes quantidades deste material estão relacionadas com as algas das lagoas, uma vez que a determinação de SS abrange tanto o material particulado distribuído na lagoa, quanto as algas contidas na massa líquida. Os demais parâmetros mostraram que as lagoas estudadas são satisfatórias para a prática de piscicultura com uso de efluentes.

As quantidades diferentes de peixes capturados nos quadrantes das lagoas, podem estar relacionadas com as concentrações de alimento. O Quadrante 1 da LMS é o local de entrada do efluente da LMP, possuindo possivelmente uma maior concentração de SS e Cla. Este fato justificaria as altas concentrações de peixes neste local. Observou-se, ainda, que o número de peixes capturados diminuía ao longo do eixo longitudinal da lagoa, ou seja na proporção que o alimento ficava menos disponível, o que pode ser visualizado no gráfico da Figura 3.



**Figura 3 - Peso da ictiofauna dos quadrantes das lagoas LMS e LMT.**



A tilápia do Nilo é de espetacular crescimento e se propaga de 4 a 6 meses, podendo atingir de 500 a 600g em um ano. Os baixos pesos encontrados estão relacionados, possivelmente, com a elevada população presente nas lagoas, havendo grande competição por alimento. Os resultados das análises microbiológicas mostram que, embora os peixes estivessem dentro das lagoas de maturação de um sistema de tratamento de esgoto doméstico e industrial, encontram-se dentro dos padrões exigidos de 100 CF/25g, de acordo a portaria nº 001 de 28 de Janeiro de 1987, do Ministério da Saúde (DINAL, 1987). Segundo León e Cavallini (1996), a probabilidade das bactérias invadirem o músculo dos peixes, ocorre quando são cultivados em tanques com um valor entre  $10^4$  a  $10^5$  CF/100ml. E para que haja pouca contaminação de organismos entéricos e agentes patogênicos na superfície dos tecidos comestíveis, é necessário que somente quando a concentração de coliformes fecais das águas que abastecem os tanques seja inferior a  $10^3$  por 100mL.

## CONCLUSÃO

As lagoas LMS e LMT do Sistema de Tratamento do Distrito Industrial são, na verdade, reservatórios que abrigam grande população de peixes, tornando-se atrativo para os pescadores da região. Apesar de não se poder estimar ainda o tamanho desta população, pode-se dizer que os valores das variáveis físicas, químicas e microbiológicas permitem a sobrevivência deste indivíduos, mesmo que o meio aquático seja considerado hipereutrófico. Fica evidenciado que é possível a produção de proteína animal, na forma de peixe, em efluentes tratados ou em lagoas de maturação, desde que haja um monitoramento adequado da qualidade física, química e microbiológica. Apesar da grande rejeição que ocorre por parte da comunidade em geral, em consumir peixes provenientes de efluentes tratados, pescarias clandestinas são realizadas nestas e EM outras lagoas. A pesca "clandestina" é, normalmente, a base de alimentação de famílias de baixa renda, assim como, sustento com a comercialização do pescado, sem declarar as origens.

A regulamentação de tal prática e o controle sanitário das águas e dos peixes são medidas apropriadas de manejo de piscicultura em lagoas com esgotos tratados.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18 th edition. Washington - DC, 1992.
2. Boyd, C. E. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama, 1990.
3. Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE. Avaliação Preliminar do Desempenho do Sistema de Lagoas de Estabilização de Maracanaú - Distrito Industrial. Fortaleza, 1996.
4. Da Silva, F. J. e Morais, J. Desempenho de um Sistema de Lagoas de Estabilização - Perspectivas de Reuso no Ceará. Revista Tecnologia 16, 21-27. Universidade de Fortaleza, 1996.
5. Polprasert. C. Organic Waste Recycling: Technology and Management. Second edition. John Wiley & Sons. Chichester, England, 1996.
6. Tavares, L. H. S. Limnologia Aplicada à Aquicultura. Jaboticabal: FUNEP, 1994.
7. World Health Organisation - WHO. Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. Report of a Scientific Group. Technical Report Series No 778. Geneva, 1989.