UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

LEONARDO DE SOUZA OLIVEIRA DOURADO

REUSO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS TRATADAS PARA PSICULTURA E BENEFICIAMENTO DE PEQUENAS COMUNIDADES.

Campina Grande/PB
2012

LEONARDO DE SOUZA OLIVEIRA DOURADO

REUSO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS TRATADAS PARA PSICULTURA E BENEFICAMENTO DE PEQUENAS COMUNIDADES.

CAMPINA GRANDE – PB

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

D739r Dourado, Leonardo de Souza Oliveira.

Reuso de efluentes domésticos tratados para piscicultura e beneficiamento de pequenas comunidades [manuscrito] / Leonardo de Souza Oliveira Dourado - 2012.

43f. ; il. Color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2012.

"Orientação: Prof. Dr. Howard William Pearson, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Piscicultura. 2. Reator UASB 3. Filtro Intermitente. . I. Título.

21. ed. CDD 628.3

LEONARDO DE SOUZA OLIVEIRA DOURADO

REUSO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS TRATADAS PARA PSICULTURA E BENEFICAMENTO DE PEQUENAS COMUNIDADES

O TCC apresentado ao Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, referente ao Trabalho Acadêmico Orientado, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Howard William Pearson

Campina Grande/PB

LEONARDO DE SOUZA OLIVEIRA DOURADO

REUSO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS TRATADAS PARA PSICULTURA E BENEFICAMENTO DE PEQUENAS COMUNIDADES.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovado em: 29/11/2012
Nota: 8,5 (oito e cinco)

Examinadores:

Prof. Dr. Howard William Pearson
(Orientador – DESA/CCT/UEPB)

Prof. Dr. José Tavares de Sousa
(Examinador – DESA/CCT/UEPB)

Prof. Dr. Israel Nunes Henrique
(Examinador – Dr. Em Recursos Humanos/UFPB)

A Deus, que sem ele nada disso seria possível, por que nele busquei e encontrei forças que me fizeram ter garra, perseverança, esperança e êxito. Aos meus pais, Ernilton Oliveira Dourado e Lícia Maria de Souza Oliveira Dourado e ao meu irmão Diego de Souza Oliveira Dourado, que sempre estiveram presente nos piores e nos melhores momentos apoiando e me passando energia quando pensei até em desistir de tudo, e por terem tirado da boca muitas vezes pra poder me manter aqui.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Howard William Pearson, pelas oportunidades que me dera, pela sua disposição e me orientar nesse trabalho e principalmente pela paciência que teve todo esse tempo comigo sempre me incentivando, apoiando, instruindo e me tornando a cada "*puxão de orelha*" uma *pessoa* mais responsável.

Agradeço à banca examinadora que é composta pelos professores José Tavares de Souza e Israel Nunes Henrique.

Aos professores que fizeram parte de tudo isso, como é o caso de José Tavares de Souza, Ruth Silveira do Nascimento, Valderi Duarte Leite, Celeide Sabino, Geralda Gilvânia, Carlos Antônio Pereira de Lima, Werusca Brasileiro, Gardênia Marinho, Fernando Fernandes e ao professor Rui de Oliveira um agradecimento especial por exigir sempre de mim, o qual por muitas vezes me vi chateado, mas hoje entendo que todo que foi feito pelo mesmo só me fez crescer como pessoa.

Caso alguns professores não tenham sido citados, quero que saibam que mesmo não estando com o nome aqui, levarei lembranças boas de todos que fizeram parte de minha graduação e que com certeza tiveram paciência comigo.

Gostaria de agradecer a Júlia Karla, por ter sido bastante prestativa no estágio e se disponibilizado de tempo com o propósito de me ajudar, boa parte do conseguido teve seu auxilio.

Agradeço a Luciana Luna, que se mostrou muito prestativa sempre que precisei, e que me ajudou bastante no período que foi professora e principalmente no estágio.

Agradeço a meus padrinhos Paulo Humberto e Maria José de Souza e ao meu tio Djalma Matos, a Cássio Souza, e aos meus avós paternos, e a todos da família que sempre me apoiaram com incentivos construtivos e apoio moral.

Agradeço a Andretti Dari, que acredito piamente ter sido a pessoa que mais me ajudou nessa jornada e tenha certeza meu amigo que independente de distância sempre terei uma grande gratidão pelo que fez e carinho pela pessoa que você é.

Agradeço a Clarissa Câmara por ser uma pessoa muito prestativa e ter se oferecido a me ajudar, e por ter feito parte das pessoas que me ajudaram com esse trabalho.

Agradeço ao grupo pancada por estar sempre presente e nos momentos mais difíceis, quando não tinha mãe, pai, irmão, ou alguém especial, eu sei que algum de vocês estaria presentes pra acalmar, chamar pra beber, distrair, estudar, ensinar e pra todo resto que fosse preciso.

A Eyre Katrinne, Élida Nascimento, Rhafael Evangelista, Tales Abreu, Cássio Sobral, Hugo Candido, Amanda Soriano meu carinho todo especial, guardarei todos no coração.

A presença, o carinho e a cooperação de cada um foram essenciais para esta conquista. Obrigada a todos!

“A razão do esforço é a conquista da vitória.”

“Até aqui me ajudou o Senhor.”

II Samuel 7:12

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade da utilização de esgoto doméstico tratado para a criação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e posterior aplicação na agricultura. Foram realizadas análises laboratoriais para averiguar cada parâmetro que influenciaria na taxa de crescimento, engorda e reprodução dos alevinos e, assim, viabilizar o cultivo dessa espécie em água de efluente tratado, já que locais que dispõem de água pura e limpa para esse meio de cultivo encontram-se cada vez mais escassos. Foram utilizados dois tanques, sendo um de aproximadamente 512 litros e outro de aproximadamente 2540 litros. O primeiro tanque (tanque PII) era alimentado a partir de um efluente doméstico tratado com reator UASB seguido de tanque de equilíbrio e dois filtros intermitentes de areia em série. O segundo tanque era alimentado com efluente do mesmo sistema de tratamento, mas apenas por um filtro intermitente de areia individual (tanque PI). Análises semanais de fósforo total, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia, coliformes termotolerantes (CTT), pH, temperatura e condutividade dos efluentes de cada um dos componentes do sistema de tratamento foram realizados com a finalidade de avaliar a eficiência do tratamento. Em ambos os tanques foram adicionados plantas aquáticas do tipo Alface-d'água (*Pistia stratiotes*) para promover a assimilação de nutrientes como fósforo e nitrogênio, favorecendo assim, além da parte nutritiva, o abrigo para os peixes sob as plantas. Um segundo sistema, composto de tanque séptico seguido de filtros intermitentes de areia em série, também foi implantado, visando uma análise dos resultados e uma comparação entre os sistemas.

PALAVRAS CHAVE: Piscicultura. Reator UASB. Tanque Séptico. Filtro Intermitente de Areia. Reuso.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the feasibility of using treated wastewater to the addition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and later agriculture. Conducting laboratory tests to determine each parameter would influence the rate of growth, fattening and breeding of fingerlings. And thus, improve the culture of this species in treated effluent water, since places that have pure and clean water for this method of cultivation is increasingly scarce. We used two tanks, one of approximately 512 liters and the other of approximately 2540 liters. Where the first tank (Tank PII) was fed from a domestic wastewater treatment UASB reactor followed by equilibration tank and two intermittent sand filters in series. The second tank was powered by the same treatment system, but only by intermittent sand filter individual (PI tank). Proceeded weekly analysis of total phosphate, orthophosphate, nitrite, nitrate, ammonia, fecal pH, conductivity and temperature effluents of each of the components of the processing system, aiming to assess the effectiveness of treatment. In both tanks were added aquatic plants like lettuce waterline - Pistia stratiotes to promote the uptake of nutrients such as phosphorus and nitrogen, thereby, besides the nutritional part shelter under plants. It has also deployed a second system consisting of septic tank followed by intermittent sand filters in series to an analysis of results and comparisons between systems.

KEYWORDS: Pisciculture. UASB Reactor. Septic Tank. Intermittent Sand Filter. Reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de água no mundo..... 16
Figura 2 - Funcionamento geral de um tanque séptico..... 25
Figura 3 - Esquema de funcionamento do sistema de reator UASB seguido de filtros intermitentes de areia tratando esgoto para aplicação na piscicultura..... 31
Figura 4 - Perfil experimental do sistema..... 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aumento da produtividade agrícola (ton/ha/ano) possibilitada pela irrigação com esgotos domésticos 18

Tabela 2 - Diretrizes microbiológicas recomendadas por WHO (2006) para uso de esgotos na agricultura e monitoramento do tratamento de efluentes. 20

Tabela 3 - Níveis de qualidade microbiológica para aquicultura utilizando esgotos, de acordo com a Organização Mundial de Saúde. 21

Tabela 4 - Vantagens e desvantagens dos processos anaeróbios de tratamento de esgotos. 27

Tabela 5 - Cálculos sobre área e volume e de onde recebe o efluente 32

Tabela 6 - Resultados diretos, referente ao sistema de reator UASB seguido de filtros. 34

Tabela 7 - Percentuais de remoção por parte do sistema reator UASB e filtros II e III 35

Tabela 8 - Mostra as análises desenvolvidas nos tanques de piscicultura PI e PII. 36

Tabela 9 - Dados referentes ao tratamento composto de tanque séptico seguido de filtros intermitentes de areia em série 37

Tabela 10 - Valores percentuais de remoção de DQO, helmintos, CTT e amônia..... 38

Tabela 11 - Comparativo entre afluente de filtros e saída de tanque de peixes.....38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PI – Piscicultura 1

PII – Piscicultura 2

NBR - Norma brasileira

CONAMA - Conselho nacional do meio ambiente

OMS – Organização Mundial de Saúde

UASB – Reator anaeróbio de fluxo ascendente

CTT - Coliformes Termotolerantes

CCT – Centro de Ciências e Tecnologia

DQO – Demanda química de oxigênio

ANA – Agência Nacional de águas

SST - Sólidos suspensos totais

UEPB – Universidade Estadual da Paraíba

CL_{50} – capacidade letal média

.

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO 15
2.0 OBJETIVOS 17
2.1 Objetivo Geral 17
2.2 Objetivos Específicos 17
3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 18
3.1 Reuso no Brasil 18
3.2 Diretrizes para reuso piscicultura e agricultura. 19
3.3 Toxicidade da amônia para peixes 22
3.4 Tratamento de águas residuárias para a aplicação em piscicultura 23
3.5 Tanque Séptico 24
3.6 Tratamento Anaeróbio - Reator UASB 26
3.7 Tanque de Equilíbrio 28
3.8 Filtros Intermitentes de Areia 28
3.9 Nutrientes 29
4.0 METODOLOGIA 31
4.1 Sistema de tratamento de tanque séptico seguido de filtros intermitentes de areia ..... **Erro! Indicador não definido.**
5.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES 34
6.0 CONCLUSÕES 40
REFERÊNCIAS 41

1.0 INTRODUÇÃO

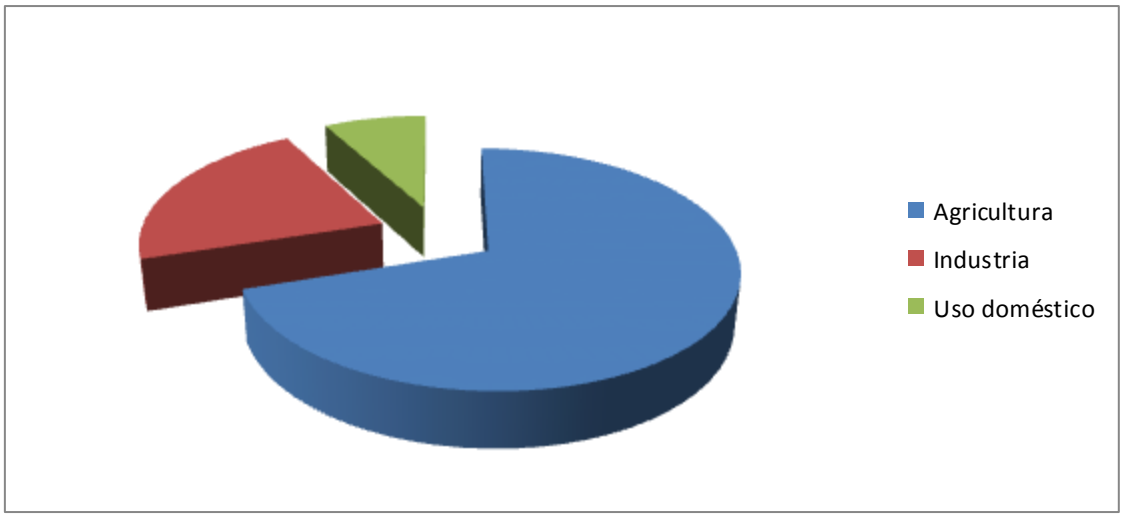
A falta água de qualidade é hoje um mal presente em varias partes do Brasil e do mundo, pois a medida que esses níveis de falta d'água aumentam há uma preocupação grande para ter água de boa qualidade para beber, cozinhar e dessedentação de animais.

Anualmente, perecem mais pessoas pelas decorrências de água imprópria que por todas as formas de violência, incluindo as guerras, sendo as crianças menores de 5 anos as mais afetadas. A água inadequada, associado à falta de tratamento e disposição apropriada de esgoto doméstico são as causas de aproximadamente 3,1 por cento de todos os óbitos – mais de 1,7 milhão por ano – e de 3,7 por cento dos anos de vida perdidos devido aos problemas de saúde considerados mais impactantes em todo o mundo (OMS, 2002). Os meios de vida e de sustentação econômica como a agricultura, a pesca e a pecuária são altamente dependentes não apenas da qualidade, mas também da quantidade de água disponível.

A contaminação das águas abate ou aniquila os ecossistemas naturais, dos quais dependem a saúde humana, a produção de mantimentos e a biodiversidade. "Estudos comprovam que o valor dos serviços ecossistêmicos chega a ser o dobro do produto nacional bruto da economia global e que o papel dos ecossistemas de água doce na purificação da água e na identificação de efluentes é estimado em US$ 400 bilhões (em dólares de 2008)" (Costanza et al., 1997). Os ecossistemas de água doce estão entre os mais degradados do planeta, tendo sofrido perdas proporcionalmente maiores de espécies e de habitat que quaisquer outros ecossistemas terrestres ou marinhos (Revenga et al., 2000). A maior parte da água doce poluída acaba nos oceanos, danificando áreas costeiras e reduzindo recursos pesqueiros.

Segundo a revista CYAN (2010), 70% de toda água no mundo são destinadas a agricultura, 22% para a indústria enquanto apenas 8% são destinados aos usos domésticos, como mostra a Figura 1.1.

Figura 1.1 - Consumo de água no mundo



***Fonte**: Revista CYAN (2010), Quem consome mais água no planeta?*

Com o crescimento demográfico nas cidades agravou-se tanto o aumento do consumo de água, de comida e produção de esgoto. Cerca de 30% da produção de alimentos consumidos nas cidades são produzidos nas periferias ou aos seus arredores. Contudo, torna-se fundamental o tratamento adequado para esse esgoto, tornando-o aplicável na piscicultura e na agricultura, oferecendo uma fonte de água tratada com nutrientes de boa qualidade e poupando o uso da água potável que é um recurso que se esgota a cada dia. Podendo ainda produzir uma fonte de proteína de qualidade e de baixo custo, acessível principalmente as classes menos favorecidas.

É notável o aumento do consumo de peixes como fonte principal de proteínas está crescendo em todo mundo. Um dado satisfatório pra quem visa aplicação do reuso em piscicultura, já que os peixes crescem, engordam, e se reproduzem de forma considerável e a custo inferior ao implantado em águas de boas qualidades. Mais aconselháveis para pequenas comunidades ou até uni familiar.

O efluente doméstico tem sido usado no mundo todo em diversas variedades de sistemas de aquicultura, na maioria dos casos na produção de peixes e/ou na pretensão de tratamento das águas residuárias.

O presente trabalho tem por objetivo estudar os sistemas de tratamento de esgoto viáveis para comunidades difusas e uni familiar em áreas semiáridas (nordeste do Brasil), no contexto de reuso por piscicultura e subsequentemente irrigação.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o reuso de águas residuárias tratadas com dois sistemas, um composto por reator UASB e filtros intermitentes de areia em série e em paralelo, o outro por tanque séptico e filtros intermitentes de areia em série, ambos voltados especificamente para a piscicultura.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade dos parâmetros físicos, químicos e biológicos do efluente utilizado para a criação de tilápias;
- Avaliar as modificações na qualidade dos parâmetros no efluente após a adição dos peixes.

3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Reuso no Brasil

Nas regiões árias e semiáridas do Brasil a água é um fator limitante para os fins agrícola, industrial e urbano, o que se faz necessário o uso de outra fonte com disponibilidade hídrica. Com a expansão demográfica e o surgimento cada vez maior de empresas agravou ainda mais o quadro. O reuso é uma alternativa de baixo custo que se tratado de forma adequada poderá ser utilizado na agricultura que consome cerca de 70% de toda água consumida e para as indústrias que consomem 22%, (CYAN, 2010).

A água é um recurso renovável, que pode reciclada mediante o tratamento por sistemas naturais e utilizada para fins benéficos, porém, a destinação a qual será dada esse reuso é que estabelecerá os níveis tratamento e os padrões que devem ser atendidos. As possibilidades e formas potenciais de reuso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

A junção do reuso nos planos nacionais de gestão de recursos hídricos e desenvolvimento agrícola, é vital para populações onde os recursos hídricos são escassos, o reuso além de apresentar um baixo custo pode implicar em um aumento na produtividade de certas culturas como na Tabela 1.

Tabela 1 - Aumento da produtividade agrícola (ton/ha/ano) possibilitada pela irrigação com esgotos domésticos

Tipo de Irrigação	**Trigo 8 anos(a)**	**Feijão 5 anos(a)**	**Arroz 7 anos(a)**	**Batata 4 anos(a)**	**Algodão 3 anos(a)**
Esgoto bruto	3.34	0.9	2.97	23.11	2.56
Efluente primário	3.45	0.87	2.94	20.78	2.3
Efluente de lagoa de Estabilização	3.45	0.78	2.98	22.31	2.41
Agua + NPK	2.7	0.72	2.03	17.16	1.7

***Fonte**: Shande, (1985)* (a).

Em locais aonde a água não chega ou onde é muito escasso, o uso do esgoto tem se feito aliado do povo em varias partes do mundo por muitos séculos, principalmente no uso da agricultura e na aquicultura, infelizmente esse uso nem sempre obedece a um planejamento para com aspectos de saúde, de meio ambiente e agrícola adequada.

Apesar de indicações de reuso agrícola em varias partes do Brasil, essa pratica ainda é bastante insipiente. Portanto, torna-se necessário, situar mecanismos para institucionalizar, regulamentar e incentivar a prática do reuso estimulando as que permanecem rudimentares e promover o desenvolvimento daquelas que ainda não se iniciaram no Brasil.

A Agência Nacional de Águas – ANA, dentro de sua função básica de promover o desenvolvimento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos previsto no inciso XIX do art. 21 da Constituição e criado pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, tem competência para administrar, entre uma gama significativa de atribuições (relacionadas no Art. 4º, Capítulo II, Lei Nº 9.984 de 17 de juho de 2000), os aspectos relativos às secas prolongadas, especialmente no nosso Nordeste e à crescente poluição dos cursos de água, no território nacional (ANA, 2002)

No Brasil o reuso é utilizado de forma inadequada, visto que não existem experiências em reuso planejado e institucionalizado, torna-se necessário à implementação de projetos pilotos. Resultados experimentais darão suporte a todas as modalidades de reuso, principalmente o setor agrícola e deverão fornecer subsídios para o desenvolvimento de padrões e códigos de prática, adaptados às condições e características nacionais.

Sendo concluída a fase experimental, o que foi projeto piloto passa ser um sistema de pesquisa e desenvolvimento no setor.

3.2 Diretrizes para reuso piscicultura e agricultura.

Á Organização Mundial de Saúde tem por função propor regulações e fazer recomendações referentes a assuntos internacionais de saúde pública e de saúde ambiental (WHO, 1990). O que torna o uso seguro do esgoto são diretrizes baseada em pesquisas científicas e estudos epidemiológicos, que são fonte de informações básicas e orientação para tomada de decisão sobre os riscos á saúde pública e ao meio ambiente.

Não se aplica uma diretriz com a mesma finalidade de aplicação absoluta em todos os países. Elas servem meramente como forma orientativa, direcionadas para o estabelecimento de uma base de riscos aceitáveis e, como tal, proporcionam uma referência comum, para o estabelecimento de normas e padrões, a nível nacional (HESPANHOL, 1994)

Na Tabela 2 observa-se diretrizes microbiológicas recomendadas por WHO (2006) quanto as formas de tratamento para redução de patógenos e suas concentrações de coliformes termotolerantes (CTT) para irrigação restrita e irrestrita.

Tabela 2 - Diretrizes microbiológicas recomendadas por WHO (2006) para uso de esgotos na agricultura e monitoramento do tratamento de efluentes.

TIPO DE IRRIGAÇÃO	OPÇÃO PARA REDUÇÃO DE PATÓGENOS	REDUÇÃO DE PATÓGENOS NECESSÁRIA POR TRATAMENTO (UNIDADE LOG)	VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DE MONITORAMENTO (E. COLI POR 100 ML)	OBSERVAÇÕES
Irrestrita	A	4	$\leq 10^3$	Cultivo de raízes
	B	3	$\leq 10^4$	Cultivo de folhas
	C	4	$\leq 10^5$	Irrigação por gotejamento para cultivo de alto crescimento
	D	4	$\leq 10^3$	Irrigação por gotejamento para cultivo de baixo crescimento
	E	6 ou 7	$\leq 10^1$ ou 10^0	Níveis de verificação dependem das exigências da agência reguladora local [(1)]
Restrita	F	4	$\leq 10^4$	Agricultura com intensa mão de obra humana
	G	3	$\leq 10^5$	Agricultura altamente mecanizada
	H	0,5	$\leq 10^6$	Remoção de patógenos em tanque séptico

***Fonte**: WHO (2006)*

1 Por exemplo, para tratamento secundário, filtração e desinfecção: DBO < 10 mg/L; Turbidez < 2 UT; Cloro residual = 1,0 mg/L; pH entre 6-9 e coliformes termotolerantes não detectáveis em 100 mL

A,B – Tratamento + Die-off (redução de 2 unidade log. patógenos antes da última irrigação e consumo) + Lavagem do produto antes do consumo (redução de 1 unidade).

C, D – Tratamento + Irrigação por gotejamento;

E – Tratamento avançado;

F, G, H – Tratamento + Irrigação subsuperficial.

Segundo Hespanhol (2002), O reuso ainda é utilizado de forma clandestina, pois ainda não se tem como comprovar cientifica e epidemiologicamente seus benefícios, sobre a saúde da

aquicultura fertilizada com esgotos ou excreta, porém, o que nos auxilia são as normas e diretrizes da OMS, como mostra a tabela 3 sobre padrões referentes à piscicultura.

Tabela 2 - Níveis de qualidade microbiológica para aquicultura utilizando esgotos, de acordo com a Organização Mundial de Saúde.

Público alvo	Ovos viáveis de trematóides (incluindo ovos de schistosoma onde for relevante) Nº por 100 mL ou por grama de sólidos totais[a]	*E. coli* (média aritmética por 100 ml ou por grama de sólidos totais[a,b]	Ovos de helmintos[c] (média aritmética por litro ou por grama de sólidos totais[a,d]
Consumidores dos produtos			
Água dos tanques	Não detectável	$\leq 10^4$	≤ 1
Esgoto sanitário	Não detectável	$\leq 10^5$	≤ 1
Excretas tratados	Não detectável	$\leq 10^6$	≤ 1
Carne comestível de peixe ou partes de plantas	Cercária infectável não detectável (ou não infectável)	Especificações da *Codex Alimentarius Comission* (FAO/OMS)[e]	Não detectável
Trabalhadores na aqüicultura e comunidade local			
Água dos tanques	Não detectável[f]	$\leq 10^3$	≤ 1
Esgoto sanitário	Não detectável[f]	$\leq 10^4$	≤ 1
Excretas tratados	Não detectável[f]	$\leq 10^5$	≤ 1

***Fonte**: WHO (2006).*
a - Os excretas são medidos em gramas de sólidos totais (em peso seco); 100 mL de esgotos sanitários / excretas contêm aproximadamente 1-4 g de sólidos totais.
b - Deve ser determinada uma média aritmética para o período de aqüicultura. Para a água dos tanques (público alvo consumidores dos produtos), por exemplo, o valor médio de $\leq 10^4$ deve ser determinado em, pelo menos, 90% das amostras, de modo a tolerar amostra com valor eventual maior (10^5 ou 10^6E. coli por 100 mL).
c - Aplicável quando plantas aquáticas estão crescidas e quando há elevado contato com esgotos, excretas, água contaminada ou solos contaminados.
d - Deve ser determinada uma média aritmética para o período de aqüicultura. O valor médio de ≤ 1 ovo por litro deve ser determinado em, pelo menos, 90% de amostras, de modo a tolerar amostra com valor eventual maior (com > 10 ovos por litro).
e - A "Codex Alimentarius Commission" não especifica qualidade microbiológica para carne de peixes ou plantas aquáticas; mais propriamente, recomenda a adoção de análise de riscos e controle de aspectos críticos, aplicados da produção ao consumo.
f- Ovos viáveis de schistosoma, onde relevante.

- As excretas são medidos em gramas de sólidos totais (em peso seco); 100 mL de esgotos sanitários / excretas contêm aproximadamente 1-4 g de sólidos totais.
- Deve ser determinada uma média aritmética para o período de aqüicultura. Para a água dos tanques (público alvo consumidores dos produtos), por exemplo, o valor médio de $\leq 10^4$ deve ser determinado em, pelo menos, 90% das amostras, de modo a tolerar amostra com valor eventual maior (10^5 ou 10^6 E. coli por 100 mL).

- Aplicável quando plantas aquáticas estão crescidas e quando há elevado contato com esgotos, excretas, água contaminada ou solos contaminados.
- Deve ser determinada uma média aritmética para o período de aqüicultura. O valor médio de ≤ 1 ovo por litro deve ser determinado em, pelo menos, 90% de amostras, de modo a tolerar amostra com valor eventual maior (com > 10 ovos por litro).
- A "Codex Alimentarius Commission" não especifica qualidade microbiológica para carne de peixes ou plantas aquáticas; mais propriamente, recomenda a adoção de análise de riscos e controle de aspectos críticos, aplicados da produção ao consumo.Ovos viáveis de schistosoma, onde relevante.

3.3 Toxicidade da amônia para peixes

A toxicidade se refere à capacidade de danificar nocivamente certo organismo vivo, sua periculosidade para tal espécie vai depender da concentração e exposição ao composto químico. O teste de toxicidade aguda no meio aquático estima a concentração letal média (CL_{50}) na qual é estimada uma concentração que causasse a mortandade de 50% dos indivíduos em teste em um período específico, geralmente de 24 a 96 horas (MARTINEZ E CÓLUS, 2002).

Testes para toxicidade da amônia a salmonídeos e entre outras espécies de água doce e em diferentes condições já foi longamente estudada e pode variar em função da sensibilidade da espécie, estágio de desenvolvimento, tempo de exposição e condições ambientais. A CL_{50} (96h) de NH_3 média para os teleósteos dulcícolas em geral é de 0,82 mg L^{-1} de NH_3 (PERSON-LE RUYET et al., 1995).

A toxicidade de amônia em peixes de água doce neotropicais é um estudo que ainda é recente, isso por que a piscicultura de água doce é de certa forma uma atividade recente no Brasil, com a produção nacional é representada por espécies exóticas como é o caso da tilápia do Nilo e das carpas (FRACALOSSI et al., 2004). Viabilizando o cultivo de espécies nativas em grande quantidade, estudos mostram que algumas delas têm grande potencial para piscicultura nacional.

Porém, é de suma importância conhecer a sensibilidade de tais espécies com os parâmetros de qualidade da água, assim como os resíduos nitrogenados que entre outros são fatores limitantes para a sobrevivência, crescimento no confinamento.

De acordo com o estágio de desenvolvimento (ARTHUR et al., 1987), a truta arco ires (*Oncorhynchus mykiss*) é considerada umas das espécies menos tolerante a amônia, com valores de CL_{50} variando de 0,068 a 0,62 mg/L de NH_3. Segundo Karasu Benli e Köksal (2005), a CL_{50}(48h) de NH_3 determinada para larvas e juvenis de tilápia do Nilo foi, respectivamente de 1,01 e 7,4 mg L^{-1}. A tilápia do Nilo se mostrou uma das espécies mais tolerantes, mais até que o bagre de canal *Ictalurus punctatus* que variou a CL_{50} de 0,98 a 4,2 mg/L (EPA, 1999), que até então era a espécie mais tolerante a amônia. Espécies nacionais como o pacu, lambari e a curimba só suportam de 10 a 11,5% da CL_{50} suportado pela tilápia do Nilo, logo, fica claro que os níveis aceitáveis para algumas espécies se torna letal para outras.

Segundo Walker (1996), existe evidências que os peixes maiores são menos suscetíveis que espécimes menores. O tamanho implica que: i) indivíduos menores de uma dada espécie apresentam maior área de superfície corporal para absorção, em relação à massa corpórea; ii) indivíduos pequenos apresentam taxas respiratórias maiores.

3.4 Tratamento de águas residuárias para a aplicação em piscicultura

Em locais onde o predominam regiões áridas e semiáridas onde a água é um recurso escasso, o reuso do esgoto tem se mostrado uma alternativa interessante principalmente em atividades menos exigentes em termos de qualidade de água. Essa pratica pode ser adotada por políticas governamentais com fins de otimização dos recursos hídricos e por parte de pequenos agricultores, que por falta de água acessível podem utilizar algum meio de esgoto com a utilização de meios simples de tratamento para aplicação em irrigação restrita.

De acordo com Barbosa (2008):

Os açudes pequenos no Nordeste devem ser aproveitados para a atividade de piscicultura, particularmente a de caráter semi-intensivo, pois se trata de uma atividade com muitas vantagens (*textual de* MOLLE E CADIER, 1992):

> - *As condições climáticas do Nordeste, em particular no que diz respeito ao regime de luz e temperatura, podem ser consideradas ótimas.*
> - *Pequenos açudes e lagoas de superfície variando de 1 a 5 hectares são os mais adaptados à piscicultura semi-intensiva, como veremos mais adiante.*

- *A piscicultura apresenta vantagens de peso quando comparadas com a agricultura: necessita um investimento limitado (já existindo o açude); exige pouca mão de obra e nenhuma fonte de energia; apresenta pouquíssimo risco (os casos de mortandade são raríssimos);tem retorno econômico mais garantido.*
- *Em relação à pecuária, ela permite uma reprodução de proteínas por hectare 20 vezes superior, considerando-se que a produção de um hectare de pastagem é da ordem de 100 kg de carne /ano.*
- *A piscicultura aparece também como o único meio (com certos tipos de capim de vazante) de valorizar açudes de água salinizada, impróprios ao abastecimento e à irrigação.*
- *Aumenta em muito a disponibilidade de e a qualidade da alimentação familiar.*
- *Em termos alimentares, deve-se ressaltar o grande valor do peixe de água doce.*

A piscicultura é uma atividade que vem se desenvolvendo no Brasil. A implantação da piscicultura em esgotos sanitários é uma pratica quase que centenária e aplicada em diversos países, entre Europa, África, Ásia, América Latina e Oriente Médio. Contudo, as pesquisas sobre este procedimento ainda não são viáveis no âmbito técnico, econômico e sanitário na realidade nacional.

A aplicação do reuso voltado pra piscicultura é proveitoso principalmente na etapa de engorda, quando os peixes se encontram na fase jovem ou adulta. É economicamente viável, visto que, o custo com alimentação é bem reduzido e ainda mantém a preservação desse recurso, visto que, a saída do mesmo implicaria boa parte no descarte, que em muitos casos seria de uma água de boa qualidade.

Neste trabalho utilizou-se de um tratamento composto de tanque de equilíbrio, reator UASB e filtros intermitentes de areia.

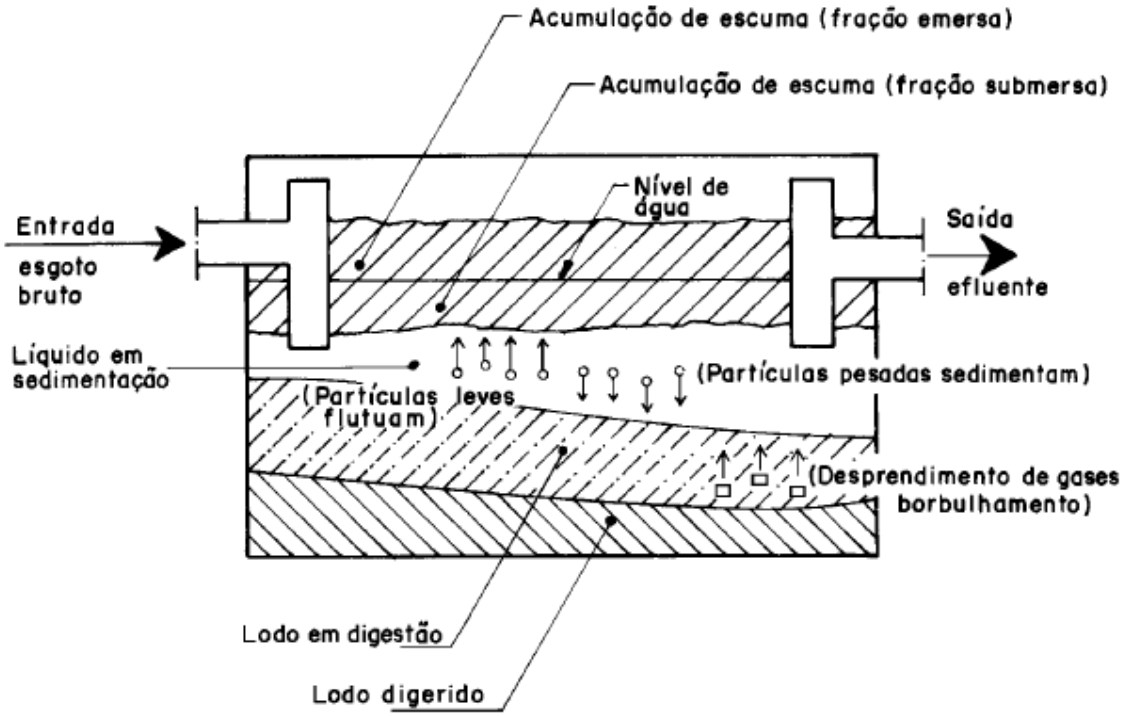
3.5 Tanque Séptico

Os tanques sépticos são formas d tratamento que agrupam várias técnicas em um único meio, tais como: decantação, sedimentação e flotação dos sólidos dos esgotos e degradação e digestão do lodo e da escuma e ainda favorecem o tratamento anaeróbio. Segundo Andrade Neto *et al.*(1999, *apud* CAMPOS, 1999) isso é a reunião dos objetos de decantadores e digestores em uma mesma unidade.

Compreende-se por decantação, sedimentação e flotação que em ambos a princípios físicos, a decantação é o isolamento das fases devido aos diferentes pesos específicos (solido, liquido e gás). A sedimentação é a precipitação do lodo por gravidade. A flotação é a ocorrência de bolhas devido à digestão anaeróbia que favorece o levantamento da manta de lodo.

Após a entrada do esgoto as partículas mais pesadas sedimentam se acumulando gradativamente no fundo do tanque, porém, as mais leves flutuam naturalmente ou por flotação formando as camadas de escuma. Camada essa que pode atingir de 20 a 25 cm de espessura, e em sua composição apresenta parte de gorduras (óleos e graxas). A figura 2 mostra o esquema de funcionamento do tanque séptico.

Figura 2 - Funcionamento geral de um tanque séptico.



Fonte: NBR 7229/1992

Devido à entrada do fluido, forma-se turbulência que agita o lodo e o mistura com a fase liquida, isso trás uma mudança nas densidades no lodo sedimentado e na escuma, das correntes de convecção térmica e da ascensão dos gases. Isso gera um lado positivo e um negativo, o negativo é que prejudica a sedimentação, o positivo é que favorece a um aumento da eficiência do reator em relação à remoção de matéria orgânica. Maior parte da atividade biológica ocorre no

lodo decantado, porém a ação biológica na fase líquida não deve ser desprezada, sobretudo em climas quentes.

3.6 Tratamento Anaeróbio - Reator UASB

Os sistemas anaeróbios são subdivididos em dois grupos, um que trata afluentes com baixa carga de material orgânico (baixa taxa) e outro que trata os de alta taxa. Os sistemas de alta taxa se caracterizam pela capacidade em reter grandes quantidades de biomassa, de elevada atividade, e com a aplicação de baixos tempos de detenção hidráulica. Assim, proporciona um elevado tempo de retenção celular, proporcionando melhor eficiência de degradação orgânica. O resultado é a obtenção de reatores compactos, com volumes inferiores aos digestores anaeróbios convencionais, mantendo-se, no entanto, o elevado grau de estabilização da matéria orgânica (METCALF E EDDY, 2003).

O sistema de tratamento anaeróbio vem se destacando no quesito tratamento de esgoto pelas vantagens apresentadas sobre o aeróbio, como mostrado na tabela 4 e vem sendo bastante utilizado e aceito no Brasil por suas características climáticas.

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens dos processos anaeróbios de tratamento de esgotos.

Vantagens	Desvantagens
Baixa produção de sólidos	As bactérias anaeróbias são susceptíveis à inibição por um grande número de compostos.
Baixo consumo de nutrientes	A partida do processo pode ser lenta na ausência de lodo de semeadura adaptado.
Baixo consumo de energia	Alguma forma de pós-tratamento é usualmente necessária.
Produção de gás metano	A bioquímica e a microbiologia da digestão anaeróbia são complexas e ainda precisam ser mais estudadas.
Tolerância a elevadas cargas orgânicas e volumétricas	Possibilidade de geração de odores, porém controláveis.
Possibilidade de preservação da biomassa sem alimentação do reator	Possibilidade de geração de efluente com aspecto desagradável
Por vários meses baixos custos de implantação	Remoção de nitrogênio, fósforo e patogênicos insatisfatória.
Aplicabilidade em pequena e grande escala	

Fonte: *Adaptado de CHERNICHARO e CAMPOS (1995); VON SPERLING (1995); HULSHOFF POL (1996)*

Pode-se dizer que um reator UASB desempenha, ao mesmo tempo, as funções de um decantador primário, de um reator biológico propriamente dito, de um decantador secundário e de um digestor de lodo, uma vez que no reator UASB ocorre à retenção de uma parcela significativa dos sólidos suspensos presentes no esgoto bruto, inclusive ovos de helmintos, que pela sua densidade e devido ao fluxo hidráulico ascendente, ficam retidos no leito de lodo biológico espesso. Além dessa retenção de sólidos na parte inferior do reator, ocorre também a sedimentação do lodo biológico que eventualmente escapa do compartimento de digestão, mas para isso é essencial à instalação de um separador de sólidos na parte superior do reator, no qual este funciona também como separador de gases que ascendem juntamente com o líquido, pois além da digestão dos sólidos, ocorrem ainda reações de conversão da matéria orgânica presente nas águas residuárias (ZERBINI, 2000).

É importante que o reator UASB apresente uma repartição uniforme e adequada do esgoto afluente junto ao fundo do reator, obtendo assim maior contato entre biomassa e esgoto, e diminuindo desta forma o possível surgimento de zonas mortas, curtos-circuitos hidráulicos e caminhos preferenciais no interior do reator. O fluxo do líquido é ascendente e como resultados da atividade anaeróbia são formados gases, principalmente CO_2 e CH_4 (VON SPERLING, 2006).

O reator em estudo apresenta baixa demanda de área, simplicidade construtiva e operacional e segundo JORDÃO e PESSOA (2005), estes reatores têm sido projetados para operar com tempo de detenção hidráulica de 6 a 9 horas, com eficiências de remoção da DBO de 65% e para a DQO, uma remoção de 70%.

No entanto, frente às vantagens apresentadas, os efluentes de sistemas anaeróbios, como os reatores UASB, apresentam concentrações residuais de matéria orgânica e poluente microbiológicos, que podem ser quantificados através da determinação de coliformes termotolerantes. Sob este ponto de vista, o pós-tratamento de efluentes anaeróbios faz-se necessário, a fim de atender às exigências ambientais impostas pela legislação no que se refere ao lançamento e destinação final (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994). Ele também não remove nutrientes contidos no efluente, que nesse caso é uma vantagem, uma vez que esses nutrientes poderão ser reciclados através de outras aplicações, como na agricultura ou na piscicultura.

3.7 Tanque de Equilíbrio

O tanque de equilíbrio é um reservatório que recebe através de uma bomba o efluente do reator UASB. E em seguida promove a alimentação dos filtros intermitentes de areia, por meio de bomba.

3.8 Filtros Intermitentes de Areia

É um dos meios de tratamento mais antigos, com mais de 100 anos de utilização, no qual a princípio, era usado apenas para a remoção de turbidez. No filtro intermitente de areia ocorrem processos físicos e biológicos, em função dessa característica têm sido recomendados para tratamento de esgotos domésticos, para populações desde 4.000 habitantes (AGENCE DE L’EAU, 2003).

Os filtros proporcionam um tratamento secundário avançado ou terciário para efluentes de tanque séptico ou esgotos decantados. São utilizados também como removedores de sólidos suspensos e algas em lagos de estabilização (HARRIS e OUTROS, 1977; COWAN e MIDDLEBROOKS, 1980; MIDDLEBROOKS, 1983).

Em 1920, o *Public Health Servive* (USA) publicou um relatório descrevendo o tratamento de esgotos para residências e 37 pequenas comunidades, no qual o filtro intermitente de areia aparecia de forma destacada juntamente com os dados acerca de seu desempenho (CRITES e TCHOBANOGLOUS, 1998).

O filtro de areia tem em si a combinação de dois tipos de tratamento, a filtração e o tratamento biológico por meio de bactérias fixadas nos grãos de areia que são utilizados no tratamento do efluente. Particularmente para pequenas comunidades em regiões semiáridas para conservar água e reuso de efluentes por irrigação (EMMERIDE et al, 1997; EPA, 1999; SIMPSON, 2000).

Os tamanhos das partículas de areia são de suma importância, pois com a uniformidade da granulometria do material a um aumento da eficiência do tratamento e pode melhorar a eficiência do processo de nitrificação e remoção de nutrientes (WA DOH 2007)

Segundo a NBR 13969(1997), “o filtro de areia é um recipiente que apresenta o fundo drenante com preenchimento de areia e outros meios filtrantes e com fluxo de esgoto descendente”.

A combinação entre o reator UASB e filtro intermitente de areia apresenta um rendimento bastante satisfatório, removendo cerca de 80% de material orgânico no UASB a ser melhorada a eficiência com a passagem em filtros de areia, onde será feita a remoção de ovos de helmintos e cargas patógenas, conversão do nitrogênio em sua forma menos danosa, redução de SST, turbidez e DBO. O efluente final poderia ser destinado tanto para a piscicultura quanto para a hidroponia (SILVA, 2006).

3.9 Nutrientes

De acordo com a resolução CONAMA 307/2005:

> *Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais,*

> *ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água.*

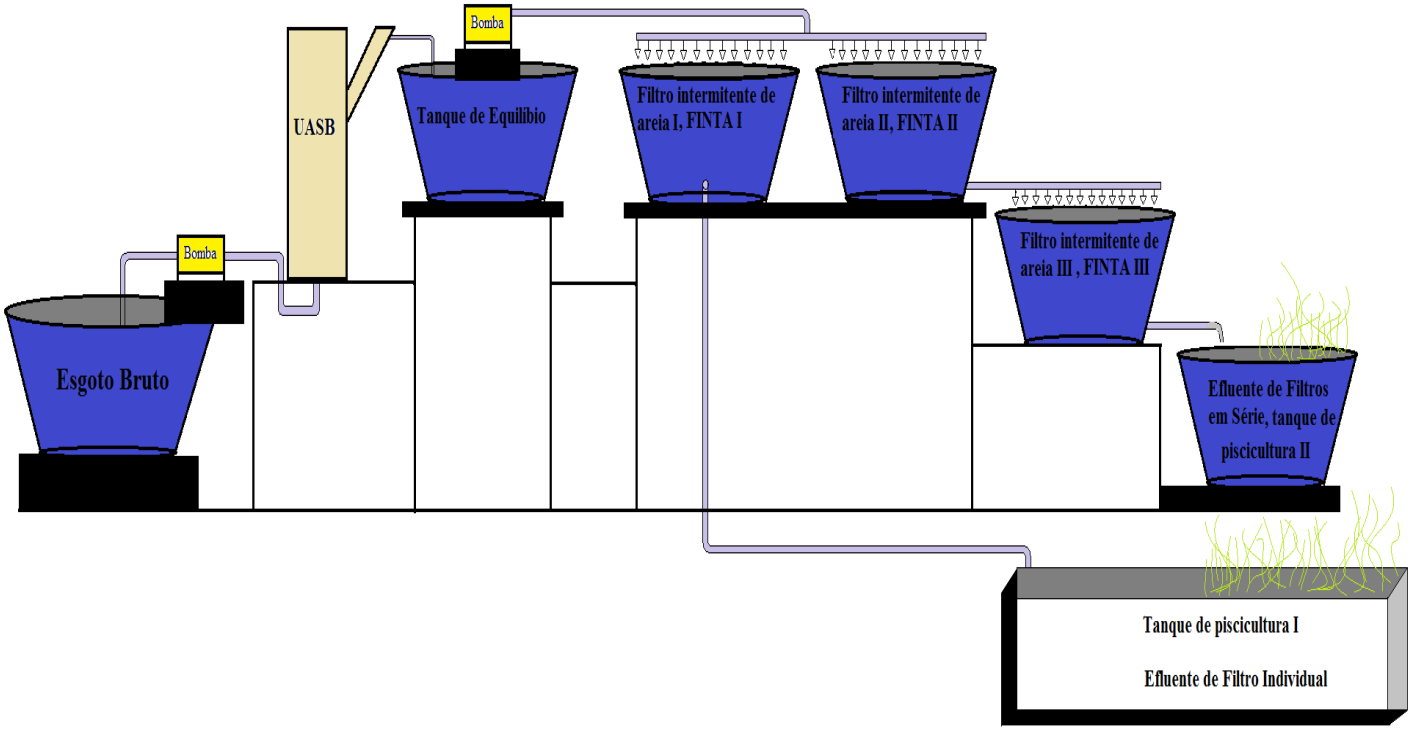
A presença dos sais de fósforo e de nitrogênio na água ou no efluente tornam-se fatores limitantes para o crescimento de organismos no ambiente aquático, de modo que um acréscimo exagerado na centralização desses nutrientes pode provocar uma proliferação exagerada de algas, ocorrendo o fenômeno denominado eutrofização (BRAGA et. al., 2002).

Em geral, admite-se que a relação DQO: N: P de 500: 5: 1 é suficiente para atender as necessidades de macronutrientes dos microrganismos anaeróbios (SPEECE, 1996).

4.0 METODOLOGIA

O trabalho foi realizado nas dependências da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário – EXTRABES, da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, localizada no Bairro do Tambor na Cidade de Campina Grande, no Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil.

Figura 3 - Esquema de funcionamento do sistema de reator UASB seguido de filtros intermitentes de areia tratando esgoto para aplicação na piscicultura



Fonte: Dourado, 2012

O esgoto era proveniente do interceptor leste da CAGEPA da cidade de Campina Grande-PB. O qual era destinado através de uma bomba para os reatores UASB e tanque séptico.

A figura 3 mostra as etapas do tratamento que é composto por reator UASB com o tempo de detenção hidráulica de 8 horas, o tanque de equilíbrio recebe alimentação do UASB a cada 3 horas durante 2 minutos, os FINTA I e FINTA II recebem alimentação de forma paralela enquanto o FINTA III funciona em série com FINTA II. O tratamento que passa pelos filtros em série vai para tanque PII de aproximadamente 512L enquanto o que passa pelo filtro individual vai para o tanque PI com aproximadamente 2540L.

As plantas aquáticas do tipo Alface-d'água – *(Pistia stratiotes)* para promover a assimilação de nutrientes como fósforo e nitrogênio. Visto que as plantas aquáticas foram

adicionadas em apenas metade da superfície de cada tanque, pois á uma intenção de produção de microalgas para servir de fonte de alimento para os peixes e para isso é necessário a penetração de luz solar realizando a fotossíntese – processo esse que estimula a digestão bacteriana que se alimenta de material carbonáceo e libera oxigênio, oxigenando o meio tornando-o ainda mais favorável ao crescimento e engorda de peixes.

Foram feitas analises para monitoramento da qualidade desse efluente destinado a piscicultura e posterior a agricultura, como é o caso do $Fósforo_{total}$, Ortofosfato, Nitrito, Nitrato, $N\text{-}NH_4$, Ovos de Helmintos, CTT, pH, DQO_{total}, Temperatura, NTK, Condutividade.

A Tabela 5 mostra os cálculos sobre área, volume e referência ao tipo de material que são construídos os tanques do pós-tratamento.

Tabela 4 - Cálculos sobre área e volume doa tanques de piscicultura e de onde recebe o efluente.

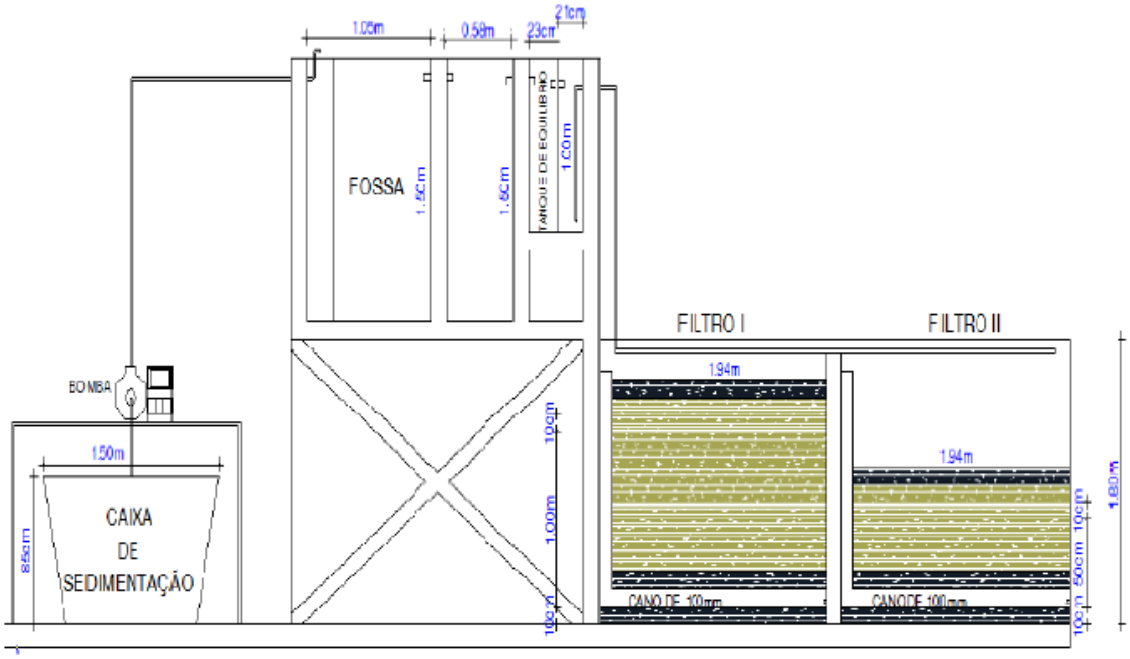
Nome	Recebendo efluente de	Área total	Volume
Tanque PI	Filtro I	0,8 m^2	0, 5117 m^3
Tanque PII	Filtro III	3, 42 m^2	2, 5382 m^3

Os filtros são alimentados 8 vezes por dia, recebendo em média uma descarga de 35 litros cada filtro a cada 3 horas, o que da um total de 560 litros, sendo 280 litros para o filtro I e 280 para os filtros II e III.

4.1 Sistema de tratamento de tanque séptico seguido de filtros intermitentes de areia

A Figura 4 mostra o perfil experimental do sistema ao qual é constituído do tanque séptico com aproximadamente 2,9 m^3 projetadas com 3 células, incluindo chicanas na célula 1 com tanque de equilíbrio integrado. Os filtros intermitentes de areia (FINTA) em paralelo com área superficial de 1,94 m^2 cada. O filtro I com profundidade de areia de 1m e o filtro II com 0,5m.

Figura 4 - Perfil experimental do sistema.



Fonte: Santos, 2011

A alimentação do sistema era realizada a cada 3 horas por um intervalo de 5 minutos, com efluente proveniente de tanque de equilíbrio do tanque séptico.

O sistema foi monitorado através das analises do sistema do reator UASB, como: do $Fósforo_{total}$, Ortofosfato, Nitrito, Nitrato, N-NH4, Ovos de Helmintos, CTT, pH, DQO_{total}, Temperatura, NTK, Condutividade.

5.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos resultados das análises laboratoriais foram elaboradas tabelas que resumem as informações sobre as análises desenvolvidas. As tabelas 6, 8 e 9 apresentam uma média aritmética e desvio padrão dos resultados obtidos nos respectivos tanques, com análise de vários parâmetros, no período de 7 de agosto de 2012 à 14 de novembro de 2012, Campina Grande-PB.

A Tabela 6 mostra os resultados referentes ao sistema do reator UASB. Ele aborda os dados do esgoto bruto, reator UASB, filtro intermitente de areia (FINTA) individual e FINTA I e II.

Tabela 5 - Resultados diretos, referente ao sistema de reator UASB seguido de filtros.

PARÂMETROS	Esgoto Bruto	UASB	Filtro I	Filtro II	Filtro II
DQOtotal	451 (147,4)mg/l	167 (12,6) mg/l	104,14 (42,4) mg/l	112 (23,9) mg/l	89 (29,2) mg/l
pH	7,57(0,2)	7,28 (0,2)	7,26 (0,3)	8,61 (0,5)	4,16 (1)
NTK	44,85 (22) mg/l	59 (29,5) mg/l	44 (25,5) mg/l	18,42 (9,1) mg/l	13,43 (8) mg/l
N-NH4	38,7 (14,6) mg/l	48 (19,9) mg/l	32 (18,8) mg/l	12 (7,9) mg/l	9,77 (4,4) mg/l
Nitrato	0,41 (0,4) mg/l	0,07 (0,2) mg/l	11,48 (6,8) mg/l	50,6 (3,9) mg/l	55,91 (5,1) mg/l
Nitrito	0,03 (0,06) mg/l	0,03 (0,03) mg/l	0,05 (0,02) mg/l	0,04 (0,01) mg/l	0,04 (0,02) mg/l
Condutividade	1674,5 (92,4)ms	1547 (89,3)ms	1368 (82,5)ms	1346 (71,8)ms	1331 (33,6)ms
Ovos de Helmintos	212,5 (9,7)un/l	123,33 (5,8)un/l	0 (0)un/l	0 (0)um/l	0 (0)um/l
CTT	27000000 (1,65E+7)ufc	3445000 (2,25E+6)ufc	183375 (1,32E+5)ufc	350375 (2,58E+5)ufc	19025 (1,9E+4)ufc
Fosforo Total	4,56 (0,4) mg/l	4,46 (0,3) mg/l	2,66 (0,3) mg/l	1,14 (0,1) mg/l	1 (0) mg/l
Ortofosfato	3,76 (0,56) mg/l	3 (0,8) mg/l	2,07 (0,2) mg/l	1,07 (0,13) mg/l	1 (0) mg/l

("x") Desvio padrão

A Tabela 7 mostra que os percentuais de remoção por parte do sistema reator UASB e filtros trazem resultados significativos, referente a tratamento de esgoto doméstico com finalidade em piscicultura e posteriormente em agricultura (agricultura restrita). Segundo diretrizes microbiológicas da WHO (2006), são aceitáveis os níveis de coliformes termotolerantes no esgoto tratado de $<10^5$ e para lagoas de piscicultura $<10^4$, e total ausência de ovos de trematódeos (schistomiasis, clonorchiasis e fascialopiasis).

O sistema de reator UASB apresenta conversões de mais de 74% de amônia para nitrito e nitrato, o que pode ser caracterizado como padrão mais importante para os peixes, visto que amônia é tóxico pra peixes. As concentrações de fósforo$_{total}$ também apresentaram resultados esperados, e sua concentração favorecerá o surgimento de microalgas que será fonte de alimento para os peixes. Vale ressaltar que esse efluente final ainda será diluído para uma adequação dos parâmetros, portanto esses valores apresentados ficaram ainda mais adaptados segundo as resoluções CONAMA 357/2005.

Tabela 6 - Percentuais de remoção é fração do sistema reator UASB e filtros II e III.

Remoção referente ao sistema do reator UASB seguido de filtros em serie.	
DQO mg/l	80,27%
Ovos de Helmintos (um/l)	100%
CTT	99,9%
Fósforo$_{Total}$	78,1%
Ortofosfato	73,4%
Amônia	74,4%

A Tabela 8 mostra as análises desenvolvidas no tanque PI e no tanque PII, onde seriam destinados os peixes. Podemos observar que com a diluição os níveis de fósforo e de amônia foram bem reduzidos em comparação aos resultados mostrados anteriormente. Foram feitas analises desses tanques após o tratamento com sistema de reator UASB e filtro intermitente de areia individual (filtro I) e filtros intermitentes de areia em série (filtros II e III) visando basicamente parâmetros que interferem diretamente na sobrevivência e no desenvolvimento dos peixes e das microalgas.

Tabela 7 - Mostra as análises desenvolvidas nos tanques de piscicultura PI e PII.

Analises feitas de 7 de agosto a 14 de novembro de 2012.												
Número de analises	**N-NH4 (mg/l)**		**Nitrato (mg/l)**		**Nitrito (mg/l)**		**NTK (mg/l)**		**Fósforo total (mg/l)**		**Ortofosfato (mg/l)**	
	tanque PI	tanque PII	tanque PI	tanque PII	tanque PI	tanque PII	tanque PI	tanque PII	tanque PI	tanque PII	tanque PI	tanque PII
1	2,24	5,04	20,9	36,3	0,17	0,1	23,31	41,44	4,66	7,7	4,33	7,57
2	4,48	4,76	10,44	49,4	0,9	0,45	15,82	54,61	2,84	7,27	2,83	7,02
3	8,96	2,8	4,3	3,9	0,92	0,18	14,18	6,88	3,05	7,4	2,75	7,01
4	0,56	2,8	19,38	31,36	0,36	0,27	20,3	34,43	3,24	6,06	2,76	5,81
5	1,68	1,12	24,97	40,93	0,07	0,1	26,72	42,15	3,32	2,64	2,69	2,57
6	2,8	1,12	5,74	18,46	0,66	3,42	9,2	23	3,25	4,87	3,05	3.03
7	0,56	0,56	16,29	20,2	1,34	4,46	52,19	25,22	3,8	3,69	3,55	2,9
8	0,56	0,56	23,21	20,63	0,15	0,09	23,92	21,28	2,29	4,37	1,92	3,58
9	0,56	0,56	9,96	15,81	0,83	0,11	11,35	16,48	3,06	7,86	2,57	7,15
10	0,56	0,56	11,8	18,13	0,87	0,09	21,23	18,78	2,96	6,26	2,63	5,85
11	0,56	0,56	11,8	20,84	0,54	0,1	12,9	21,5	3,37	7,41	2,3	5,28
12	0,56	0,56	11,36	17,34	0,36	0,19	12,28	18,09	2,07	5,87	2,03	5,67
Média	2,01	1,75	14,2	24,44	0,60	0,80	20,28	26,99	3,16	2,3	2,78	5,49
Desvio Padrão	2,52	1,69	12,42	12,62	0,39	1,49	11,53	13,48	0,66	1,72	0,65	1,76
Média e desvio padrão para ultimas 6 analises, lagoa estabilizada												
média	0,56	0,56	14,07	18,83	0,68	0,84	16,65	20,23	2,93	5,91	2,50	5,07
Desvio Padrão	0,00	0,00	4,96	2,05	0,42	1,77	5,24	3,11	0,65	1,64	0,59	1,57

Mesmo alcançando a significativa redução nos níveis de amônia e fósforo com a diluição, percebe-se que nos últimos 6 pontos há ainda uma maior redução após a estabilização do meio no tanque, em que seus parâmetros são perfeitamente aceitos nos padrões impostos pelas diretrizes da OMS (2006) visando a piscicultura.

Ha Tabela 9 apresenta os dados referentes ao tratamento composto de tanque séptico seguido de filtros intermitentes de areia em série. Apesar de diferente o do sistema anterior, as pretensões são as mesmas. O esgoto bruto é o mesmo que alimentam os dois sistemas.

Tabela 8 - Dados referentes ao tratamento composto de tanque séptico seguido de filtros intermitentes de areia em série

PARÂMETROS	ESGOTO BRUTO	TANQUE SÉPTICO	FILTRO I	FILTRO II
DQOtotal	451 (147,4) mg/l	186 (51,5) mg/l	29 (13,5) mg/l	65 (14,6) mg/l
PH	7,57 (0,2)	7,37 (0,2)	6,11 (0,4)	6,65 (0,5)
NTK	45 (22) mg/l	46 (14,4) mg/l	21,1 (4) mg/l	16,5 (2) mg/l
N-NH4	38,7 (14,6) mg/l	41,5 (7) mg/l	15,5 (3,3) mg/l	10,0 (2) mg/l
Nitrato	0,41 (0,4) mg/l	0,4 (0,3) mg/l	35,23 (4,4) mg/l	37,46 (4,2) mg/l
Nitrito	0,03 (0,06) mg/l	0,01 (0,01) mg/l	0,02 (0,03) mg/l	0,01 (0,02) mg/l
Condutividade	1674,5 (92,4)ms	1522 (84,2) mg/l	1408 (70) mg/l	1533 (31,8) mg/l
Ovos de Helmintos	212,5 (9,7)un/l	164,25 (5,7) un/l	0 (0)un/l	0 (0)un/l
CTT	2,7E+7 (1,65E+7)ufc	2781500 (2,37E+6)ufc	105000 (3,47E+4)ufc	39167 (3,79E+3)ufc
Fosforo Total	4,56 (0,4) mg/l	3,88 (0,1) mg/l	2,91 (0,1) mg/l	2,74 (0,6) mg/l
Ortofosfato	3,76 (0,56) mg/l	3,70 (0,37) mg/l	3,146 (0,59) mg/l	3,12 (0,29) mg/l

("x") desvio padrão.

A Tabela 10 mostra os valores de DQO, helmintos, CTT e amônia são semelhantes aos do sistema de reator UASB seguido de filtros intermitentes de areia, e também são favoráveis à aplicação em piscicultura, quanto ao fósforo, apesar de ter um baixo percentual de remoção, seus níveis são baixos e posteriormente ainda haverá uma diluição que se adequará aos padrões de destinação a piscicultura.

Tabela 9 - Valores percentuais de remoção de DQO, helmintos, CTT e amônia

Remoção referente ao sistema do tanque séptico seguido de filtros intermitentes de areia em série.

PARAMETRO	REMOÇÃO PERCENTUAL
DQO	85,6%
Ovos de Helmintos	100%
CTT	Remoção de 3 logs, ficando 3,92E+04
Fósforo$_{Total}$	40%
Ortofosfato	17%
Amônia	74.4%

A Tabela 11 mostra em porcentagem a remoção total através do sistema tanque séptico seguido de filtros intermitentes de areia em série.

Tabela 11 - Comparativo entre afluente de filtros e saída de tanque de peixes.

	Tanque Piscicultura I			**Tanque Piscicultura II**		
	Afluente de FINTA I	**Efluente**	**%Remoção**	**Afluente de FINTA III**	**Efluente**	**%Remoção**
Ovos de Helmintos	0	0	100	0	0	100
Fósforo$_{Total}$	2,66 (0,3)	3,16 (0,66)	+18	1 (0)	2,3(1,72)	+230
Ortofosfato	2,07 (0,2)	2,78(0,65)	+34	1 (0)	5,49(1,76)	+549
Amônia	32 (18,8)	2,01(2,52)	93,4	9,77 (4,4)	1,75(1,69)	82,1

("x") Desvio padrão

A tabela 11 mostra um comparativo entre o tratamento que se destina aos tanques de piscicultura e a saída dos mesmos. Mostrando que para fósforo$_{Total}$ e ortofosfato ouve um alimento favorecendo ao uso empregado e uma queda brusca na amônia, porém, os resultados das

ultimas 6 analises feitas nos tanques de piscicultura I e II apresentam um valor ainda menor (0,56) o que beneficia a cultura de peixes.

6.0 CONCLUSÕES

A partir de pesquisas laboratoriais feitas na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário – EXTRABES comprovaram que os tratamentos utilizados apresentam níveis de remoção dentro das normas da OMS (2006) com destinação para piscicultura e agricultura.

Os níveis de amônia que foram apresentados nos pós-tratamentos de reator UASB seguido de filtros intermitentes de areia e do sistema de tanque séptico seguido de filtros intermitentes de areia são aceitáveis para piscicultura envolvendo tilápias do Nilo, porém, faz se necessário uma diluição para melhor adequação aos padrões exigidos.

Apresentado nos tanques de piscicultura I e II com diluição pós-tratamento do sistema de reator UASB seguido de filtro I e filtro III, foi detectado a presença de zero ovo de helmintos, coliformes termotolerantes menor 10^4, N-NH4 de aproximadamente 0,56mg/l. Mostrando que de acordo com as normas da OMS (2006) são exigidos todos os padrões, podendo ainda ser utilizado posteriormente em agricultura.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . **NBR 13969***: Tanques Sépticos: Unidades De Tratamento Complementar E Disposição Final Dos Efluentes Líquidos: Projeto, Construção E Operação.* Rio de Janeiro, 1997.

AGENCE DE L'EAU. *Epuration des eaux usées urbaines par infiltration percolation: état de l'art et etude de cas. Etude Inter-agence* nº.9, Office International de l'Eau, Paris, 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, *A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil*. Brasília: ANA, 2002.

ANDRADE NETO, C. O.. *Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira.* Rio de Janeiro: ABES, 1997. 301p.

ARTHUR, J. W.; W.W. CORLIS; K.N. ALLEN, e S.F. HEDTKE. 1987. *Seasonal toxicity of ammonia to five fish and nine invertebrate species.* Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 38: 324-331.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229*: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos* - Elaboração. Rio de Janeiro, 1993, 15 p.

BARBOSA, J. E. L. *Uso e reuso da água em sistemas de produção animal*. UFPB/ABZ. João Pessoa, p. 17, maio de 2008.

BRAGA, Benedito et al. *Introdução a Engenharia Ambiental*. São Paulo: Prentice Hall,2002. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 357 de 17 de março de 2005. *Disponível em*: www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf.

COSTANZA, R., R. D'ARGE, R. de GROOT, S. FARBERK, M. GRASSO, B. HANNON, K. LIMBURG, S. NAEEM, RV O'NEILL, J. PARUELO, RG RASKIN, P. SUTTONKK, e M.VAN DEN BELT. *O valor dos serviços dos ecossistemas mundiais e do capital natural. Nature*, 387: 353-360, 1997.

EDWARDS, PETERS . *Reuse of Human Wastes in Aquaculture - A techinical review*. Water Sanitation Report. UNDP - World Bank - Water and Sanitation Program. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, DC, 350 p. ,1992.

EMMERIDE, R.W., TEST, R., TCHOBANOGLOUS, G. and DARBY, J. S..*Intermittent Sand Filtration for Microorganisms Removal.* The Small Flows Jurnal, 3(1), 12-22. 1997.

EPA – United States Environmental Protection Agency. 1999 *Update of Ambient Water Quality Criteria for Ammonia*. EPA-822-R-99-014. EPA, Washington.

FRACALOSSI, D.M.; G. MEYER; F.M. SANTAMARIA; M. WEINGARTNER, e E.

HARRIS, S; REYNOLDS, J. H.; HILL, D. W.; FILIP, D. S.; MIDDLEBROOKS, E. J. *Intermittent sand filtration for upgrading waste stabilization pond effluents*. **Journal WPCF**, p. 83-1, Jan. 1977.

HESPANHOL, I.. *Potencial de reuso de água no Brasil*: Agricultura, Industria, Municípios, recarga de aquíferos. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 4. Out/ Dez de 2002. 75 - 95.

HESPANHOL, I.; PROST, A. WHO *Guidelines and National Standards for Reuse and Water Quality*.Water Research, London, v. 28, n. 1, p. 119 124, 1994.

JORDÃO, E.P., PESSÔA, C.A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 4ª Edição – Rio de Janeiro, ABES. 932p, 2005.

KARASU BENLI, A.C., AND G. KÖKSAL. *The acute toxicity of ammonia on tilapia (Oreochromis niloticus L.) larvae and fingerlings.* Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 29: 339-344., 2005.

MARTINEZ, C.B.R., e I.M. CÓLUS. 2002. *Biomarcadores em peixes neotropicais para o monitoramento da poluição aquática na bacia do rio Tibagi.* Páginas 551-577 *in* M.E. Medri, E. Bianchini, O.A. Shibatta, and J. A. Pimenta, editors. A Bacia do Rio Tibagi. Edição dos Editores, Londrina, PR.

METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Ed. McGraw Hill, 4º edição. (2003)

MOLLE, F.; CADIER, E. *Manual do pequeno açude*. 1. ed. Recife: SUDENE/Cooperación Française/ORSTOM, 1992.521p.il.

OMS, (1990). *Documento básico.* 38 ª edição, Organização Mundial da Saúde, Genebra.

Organização Mundial da Saúde (OMS). (2002). Relatório Mundial da Saúde: Redução de Riscos, Promovendo Vida Saudável. França. Retirado 14 julho de 2009 a partir de http://www.who.int/whr/2002/en/whr02_en.pdf.

PERSON-LE RUYET, J.; H. CHARTOIS, e L. QUEMENER. 1995. *Comparative acute ammonia toxicity in marine fish and plasma ammonia response*. Aquaculture 136: 181-194.

QUEM CONSOME MAIS ÁGUA NO PLANETA? *Disponível em:* http://www.movimentocyan.com.br. *Acessado em* 07/11/2012.

REVENGA, C., J. BRUNNER, N. HENNINGER, K. KASSEM, e R. PAYNE. *Análise Piloto de Ecossistemas globais: sistemas de água doce*. World Resources Institute: Washington DC *Acessado em 28 janeiro de 2010 a partir de* http://www.wri.org/wr2000.

SHENDE, G. B. *Status of Wastewater Treatment and Agricultural Reuse with Special Reference*

to Indian Experience and Research and Development Needs. In: PESCOD, M. B.; ARAR, A. (Ed.). Seminar On The Treatment And Use Of Sewage Effluents For Irrigation, Nicosia, Cyprus, 7 9 Oct. Butterworths. Proceedings. London: FAO, 1985.

SILVA, E. H. B. C. *Polimento DE Efluente de UASB com Filtros Intermitentes de Areia*. Salvador-BA, 2006.

SPEECE, R.E. (1996) *Anaerobic Biotechnology* For Industrial Wastewaters. Nashville Teenessee, Archae Press.

VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. *Tratamento Anaeróbio de Esgotos. Um Manual para Regiões de Clima Quente*. Campina Grande, 1994

VON SPERLING, M. *Princípios Básicos Do Tratamento De Esgotos. In: Princípios Do Tratamento Biológico De Águas Residuárias*. 6. ed. Belo Horizonte: Ed. SEGRAF, v. 2, 2006.

WA DOH (2007) *Intermittent Sand Filter Systems Recommended Standards and Guidance for Performance, Application, Design and Operation and Maintenance. Washigton State Department of Health.* Publication #337-007. Olympia, Washigton.

WHO. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater.* Volume 3. Wastewater and excreta use in aquaculture. Geneva: World Health Organization, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Health guidelines for use of wastewater in agriculture and acquaculture. Technical Report Series*. 778. WHO, 1989, Geneva.

ZANIBONI FILHO. 2004. *Desempenho do jundiá, Rhamdia quelen, e do dourado, Salminus brasiliensis, em viveiros de terra na região sul do Brasil*. Acta Scientiarum 26(3): 345-352.

ZERBINI, A. M. *Identificação e análise de viabilidade de ovos de helmintos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos constituído de reatores anaeróbios e rampas de escoamento superficial*. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte. 2000.

NBR 7229/1992 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.

Santos, E. S. PORTO. 2011. *Pós-tratamento de reatores anaeróbio por filtros de areia intermitentes.*

DOURADO, L. S. O. 2012. *Reuso de efluentes domésticos tratadas para psicultura e beneficamento de pequenas comunidades.*