

RONALDO FEITOSA SOARES

AVALIAÇÃO TÉCNICA DA PRODUÇÃO DE TILÁPIA DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) EM UM SISTEMA INTEGRADO COM *Spirulina platensis* EM
UMA COMUNIDADE RURAL NO MUNICÍPIO DE BOA VIAGEM-CE.

Trabalho supervisionado – Modalidade A –
Monografia – submetido à Coordenação do curso
de Graduação em Engenharia de Pesca, da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial para obtenção do título de Engenheiro de
Pesca.

Orientador: Wladimir Ronald Lobo Farias

FORTALEZA
2010

RONALDO FEITOSA SOARES

AVALIAÇÃO TÉCNICA DA PRODUÇÃO DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) EM UM SISTEMA INTEGRADO COM *Spirulina platensis* EM UMA COMUNIDADE RURAL NO MUNICÍPIO DE BOA VIAGEM-CE.

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Pesca

Aprovada em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wladimir Ronald Lobo Farias (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Eng. de Pesca. Glácio Souza Araujo, M.Sc.
Universidade Federal do Ceará

Prof. Rommel Rocha de Sousa
Universidade Federal do Ceará

Avaliação técnica da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em um sistema integrado com *Spirulina platensis* em uma comunidade rural no município de Boa Viagem-CE

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S656a Soares, Ronaldo Feitosa.
Avaliação técnica da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em um sistema integrado com *Spirulina platensis* em uma comunidade rural no município de Boa Viagem-CE / Ronaldo Feitosa Soares. – 2010.
39 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2010.
Orientação: Prof. Dr. Wladimir Ronald Lobo Farias.

1. Spirulina. 2. Tilápia. 3. Aqüicultura integrada. 4. Tratamento de água. I. Título.

CDD 639.2

AGRADECIMENTOS

A minha família que mesmo estando longe sempre me deu apoio e compreensão.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro a execução deste projeto.

Ao Prof. Dr. Wladimir Ronald Lobo Farias, pela orientação, amizade, paciência e dedicação.

Ao Prof. Dr. Moises Almeida de Oliveira que direta e indiretamente, nas aulas de Construções para Aqüicultura, contribuiu no meu crescimento profissional, sobretudo a idealização de novos projetos de aqüicultura integrada.

A minha namorada Mabel Ribeiro, que me deu apoio, compreensão e ajuda em muitos momentos de dificuldades da elaboração do projeto escrito.

Aos Eng. de Pesca. Glácio Souza Araujo, M.Sc. e Prof. Rommel Rocha de Sousa que julgaram meu trabalho e me orientaram a fazer valiosas correções.

Aos amigos Mario Ubirajara, João Henrique, Diana Mendes, Fernanda Tamires, Jose William e Fred Sólón que auxiliaram na execução deste projeto.

Ao meu grande amigo Anderson Alan da Cruz Coelho, bolsista do CNPq na época de execução do projeto, que ao longo destes anos, foi e será fundamental na minha vida profissional.

A Antonia Roselina Oliveira da Silva (Dona Rosa), líder da comunidade de Juazeiro, que nos recebeu e hospedou como uma verdadeira mãe durante estes anos de execução do projeto.

Ao Seu Chico e Marisa, moradores da comunidade de Juazeiro que estiveram presentes em todo o momento de execução do trabalho.

RESUMO

A produção de alimentos a base de pescado tem se tornado uma realidade bastante promissora como atividade de subsistência nas comunidades rurais pelo mundo e as tilápias (*Oreochromis niloticus*) possuem elevada participação na produção nacional. Os efluentes provenientes dos cultivos de organismos aquáticos possuem elevadas concentrações de material orgânico que podem causar impactos ambientais nos ambientes costeiros. Sistemas de aquicultura integrada com recirculação fechada da água têm sido desenvolvidos devido à crescente preocupação com a poluição do meio ambiente. A cianofíceia *Spirulina platensis* é uma cianobactéria filamentosa composta por uma série de células dentro de uma bainha mucilaginosa que tem ganhado bastante importância devido ao seu alto valor nutricional, bem como a possibilidade de ser utilizada como biofiltro. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico da tilápia do Nilo em um cultivo integrado com a cianofíceia *Spirulina platensis* em um Município do semi-árido cearense. O trabalho foi realizado na comunidade rural de Juazeiro, localizada no município de Boa Viagem com a participação da Associação Comunitária do Juazeiro que se propôs a auxiliar no manejo do sistema. Aleviões de tilápia do Nilo foram obtidos em uma piscicultura e transportados para a localidade de Juazeiro, onde foram estocados em dois tanques de alvenaria, com volume útil de aproximadamente 16 m³, na densidade de 16,56 peixes/m³. Os inóculos de *Spirulina platensis* foram transportados para a localidade onde foram cultivados em tanques abertos, sendo o meio químico substituído, gradativamente, pelo meio orgânico, proveniente do tanque de cultivo das tilápias. No sistema integrado *Spirulina* x tilápia, a tilápia do Nilo apresentou pesos médios finais semelhantes nos dois tanques, diferindo apenas na penúltima amostragem. A produtividade diária, o crescimento semanal e o FCA também não diferiram significativamente. Os parâmetros zootécnicos encontrados no sistema integrado não foram ideais, entretanto houve o diferencial da produção de *Spirulina* que também foi consumida pelo peixe e melhorou a qualidade da água. A comunidade de Juazeiro teve participação direta neste trabalho, principalmente as mulheres que estiveram bastante envolvidas nos ciclos de produção. O cultivo integrado de tilápias com *Spirulina platensis* em uma comunidade do semi-árido nordestino resultou em um menor desempenho dos peixes quando comparado à maioria dos sistemas tradicionais de cultivo. Por outro lado, a introdução do sistema em uma comunidade do semi-árido cearense, estimulou os membros da comunidade a dar continuidade ao projeto.

Palavras-chave: *Spirulina*. tilápia. Aquicultura integrada. Tratamento de água.

LISTA DE TABELAS

| | | Pag. |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabela 1 | Composição do meio de cultivo para <i>S. platensis</i> | 17 |
| Tabela 2 | Parâmetros zootécnicos da tilápia do Nilo no sistema integrado com <i>Spirulina platensis</i> | 22 |
| Tabela 3 | Comparação das análises microbiológicas de <i>S. platensis</i> cultivada no sistema integrado com <i>O. niloticus</i> na comunidade rural de Juazeiro com o padrão necessário para o consumo humano pela ANVISA (2001) | 27 |

LISTA DE FIGURAS

| | | Pag. |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1 | Localização do município de Boa Viagem no estado do Ceará | 16 |
| Figura 2 | Esquema da recirculação da água no sistema integrado | 19 |
| Figura 3 | Curva de crescimento de <i>O. niloticus</i> no sistema integrado com <i>Spirulina platensis</i> | 21 |
| Figura 4 | Concentração de amônia nos tanques de cultivo da tilápia no Nilo no sistema integrado com <i>Spirulina platensis</i> ; nos meses de Março, Abril, Maio e Junho | 24 |
| Figura 5 | (A) <i>S. platensis</i> cultivada no sistema integrado com <i>O. niloticus</i> . (B) <i>S. platensis</i> cultivada em meio químico no laboratório de Planctologia do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceara. | 27 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|---------------------------------------------------------------|
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| BIOMAR | Laboratório de Bioquímica Marinha |
| CE | Ceará |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| CNPq | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico |
| FAO | Food and Agriculture Organization |
| FCA | Fator de Conversão Alimentar |
| LABOMAR | Instituto de Ciências do Mar |
| NMP | Numero mais provável |
| TCE | Taxa de crescimento específico |
| UFC | Universidade Federal do Ceará |

SUMÁRIO

| | | |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA | 14 |
| 2.1 | A produção de pescado no mundo e a importância do pequeno produtor no Brasil | 14 |
| 2.2 | Cultivo da tilápia do Nilo | 14 |
| 2.3 | Cultivo de <i>Spirulina platensis</i> | 15 |
| 2.4 | Impactos ambientais gerados pela aquicultura convencional | 16 |
| 2.5 | Conceito de aquicultura integrada | 17 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 19 |
| 3.1 | Localização do experimento | 18 |
| 3.2 | Cultivo da tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> | 20 |
| 3.3 | Cultivo de <i>Spirulina platensis</i> | 20 |
| 3.4 | Cultivo integrado: tilápia x <i>Spirulina</i> | 22 |
| 3.5 | Avaliação técnica do cultivo da Tilápia no sistema integrado | 23 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 25 |
| 4.1 | Parâmetros zootécnicos da tilápia do Nilo | 25 |
| 4.2 | Reuso da água no cultivo integrado | 28 |
| 4.3 | Análises microbiológicas | 31 |
| 4.4 | Participação da comunidade na aquicultura integrada | 33 |
| 5 | CONCLUSÕES | 35 |
| | REFERÊNCIAS | 36 |
| | ANEXO | 43 |

**AVALIAÇÃO TÉCNICA DA PRODUÇÃO DE TILÁPIA DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) EM UM SISTEMA INTEGRADO COM *Spirulina platensis* EM
UMA COMUNIDADE RURAL NO MUNICÍPIO DE BOA VIAGEM-CE**

RONALDO FEITOSA SOARES

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de pescado revela uma tendência ao crescimento do setor aquícola, entretanto, práticas de manejo adequadas ainda precisam ser estabelecidas visando a sustentabilidade ambiental. Em cultivos tradicionais, a água de cultivo é renovada por um afluente, que muitas vezes é oriunda dos mananciais costeiros. O rejeito, ou efluente, nestes cultivos é liberado para o mesmo ambiente aonde a água foi captada. De acordo com as cargas despejadas neste efluente, estas podem causar eutrofização em ambientes costeiros.

A utilização de sistemas de recirculação de água utilizando filtros mecânicos ou biológicos é uma alternativa viável, tanto do ponto de vista econômico como ambiental. Nestes sistemas o efluente do cultivo é despejado em um outro compartimento onde vai ser tratado, e posteriormente lançado para outro compartimento que vai servir de afluente para o mesmo cultivo em questão. Alguns sistemas de recirculação de água já estão sendo utilizados em larga escala com a utilização de bacias de sedimentação.

A aquíicultura integrada é um segmento novo que incorpora a idéia de recirculação de água na obtenção de um subproduto que forneça uma rentabilidade. De fato, em sistemas de recirculação de água, os nutrientes do efluente não são re-utilizados, na verdade eles são desperdiçados e descarregados em uma forma menos nociva através da nitrificação, desnitrificação e degradação por organismos heterotróficos. Por outro lado, a integração de diferentes módulos em um sistema de aquíicultura integrada intensiva aumenta a retenção de nutrientes substancialmente, tornando-se a única prática de bioremediação com uma perspectiva de gerar uma receita adicional na venda do subproduto gerado, enquanto todas as outras medidas têm procurado geralmente envolver somente custos adicionais ao produtor.

O cultivo de Tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma monocultura bastante praticada nos corpos hídricos cearenses. A tilápia é facilmente cultivada em cativeiro, já que a

mesma é bastante rústica, se adaptando a diversas condições adversas além de ser um peixe com alta aceitabilidade no mercado.

A cianofíceia *Spirulina platensis* é uma cianobactéria que tem ganhado bastante importância internacional devido a existência de diversos componentes essenciais para nutrição humana e animal além de produtos farmacológicos. Esta cianobactéria tem a capacidade de absorver os nutrientes contidos na água e incorporá-los em sua biomassa. Devido ao seu fácil cultivo em larga escala e coleta simplificada, *S. platensis* pode ser utilizada em sistemas de tratamento de água, sendo possível a retenção da biomassa da água residuária. A utilização de *S. platensis* em policultivos ou cultivos integrados já demonstrou ser eficiente no tratamento de compostos nitrogenados da água.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em um cultivo integrado com a cianofíceia *Spirulina platensis* em um Município do semi-árido cearense.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A produção de pescado no mundo e a importância do pequeno produtor no Brasil

A aquicultura continua sendo considerada a atividade de produção que mais consegue seguir o ritmo de crescimento acelerado da população mundial. Entretanto, a taxa de crescimento da aquicultura começou a diminuir, já que chegou a alcançar 11,8%, no período de 1985-94 e, na década seguinte, esta foi reduzida para 7,1% (FAO, 2009). Nos últimos anos, o consumo mundial de pescado *per capita* vem aumentando e atualmente representa 15,6% do total de proteína de origem animal e 6% do total de proteínas consumidas pela população. Globalmente, a produção de pescado sustenta cerca de 1,5 bilhões de pessoas. (FAO, 2007). Em 2006, cerca de 77% do total da produção de pescado foi utilizada diretamente no consumo humano, sendo mais comercializada na forma viva ou fresca (FAO, 2009).

A produção de alimentos a base de pescado tem se tornado uma realidade bastante promissora como atividade de subsistência nas comunidades rurais pelo mundo, visto que além de suprir a necessidade alimentar oferece uma alternativa de renda para os pequenos produtores rurais (FAO, 2009). Os pequenos produtores são a maioria no Brasil, sendo a piscicultura desenvolvida principalmente em pequenas propriedades, onde os viveiros dividem espaço com a agricultura, com o aproveitamento de terras inadequadas, e a mão-de-obra sendo prioritariamente familiar, complementando assim, a renda e proporcionando uma alimentação sadia para esta parcela da população (MIZUMOTO *et al.*, 1999; JUNIOR, 2008).

2.2. Cultivo da tilápia do Nilo

As tilápias possuem elevada participação na produção nacional (71.253,50 t), com destaque para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), que em termos de produção mundial é o segundo peixe mais produzido, sendo ultrapassada apenas pela produção de carpas (*Cyprinus carpio*) (ZIMMERMANN e FITZSIMMONS, 2004; IBAMA, 2007). A tilápia do Nilo teve sua origem nos rios e lagos africanos. No Brasil, esta espécie foi introduzida em 1971, inicialmente em açudes do nordeste, sendo posteriormente difundida em todo o País

(PROENÇA e BITTENCOURT, 2002). Algumas características definem a tilápia do Nilo como uma espécie bastante atrativa para a aquicultura, tais como, rápido crescimento, fácil reprodução, podendo crescer e até se reproduzir em águas salobras ou salgadas. Além disso, podem se alimentar de organismos da base da cadeia trófica, desenvolvem-se em uma ampla faixa de pH, apresentam tolerância a elevadas concentrações de amônia, quando comparada a maioria dos peixes cultivados e apresentam um baixo custo de produção (COSTA-PIERCE e RAKOCY, 1997; KUBITZA, 2000; EL-SHAFI *et al.*, 2004). Segundo Edwards *et al.* (2000), o cultivo semi-intensivo de tilápia em viveiros, utilizando fertilizantes e alimento suplementar, oferece grande segurança alimentar para muitos países em desenvolvimento, já que é uma forma barata de se obter proteína animal a base de pescado.

2.3. Cultivo de *Spirulina platensis*

A cianoficea *Spirulina platensis* é uma cianobactéria filamentosa composta por uma série de células dentro de uma bainha mucilaginosa, cujos filamentos são conhecidos como tricomas. A parede celular é formada por um peptídeoglicano, revestida pela bainha que é essencialmente constituída de carboidratos (LOURENÇO, 2006). O gênero *Spirulina* tem ganhado bastante importância e demanda internacional, por seu alto valor nutricional devido aos elevados teores de proteínas, aminoácidos essenciais, ácidos graxos essenciais (EPA e DHA), vitaminas, minerais e pigmentos antioxidantes, como por exemplo, os carotenóides, os quais podem ser aplicados em diversos segmentos, tais como, suplementação alimentar, ração e fitoterápicos (BECKER, 1994; BELAY *et al.*, 1996; ANDRADE *et al.*, 2005; ABED *et al.*, 2008). Alguns estudos têm apresentado dados sobre o efeito positivo da *Spirulina* na saúde humana. Recentemente, Hirahashi *et al.* (2002) mostraram o efeito imunestimulante de um extrato quente, obtido de *S. platensis*, em seres humanos. Simpre *et al.* (2005) utilizaram a *Spirulina* na alimentação de crianças subnutridas durante 8 semanas, sendo algumas destas crianças infectadas com o vírus HIV, e observaram que 81,6% dos HIV negativos e 63,6% dos HIV positivos tiveram correção da anemia. Além disso, em 49,8% dos HIV-positivos foi constatado um aumento do número de linfócitos, comprovando assim a imunestimulação promovida por esta cianobactéria.

A produção de *S. platensis* em larga escala pode ser realizada utilizando tanques abertos, onde é necessário apenas um meio aquático com nutrientes inorgânicos e luz solar, ou

podem ser produzidas em bioreatores sofisticados, sendo comercializada na forma de pó, flocos, encapsulada ou tabletes (ANDRADE *et al.*, 2005; ABED *et al.*, 2008). Nos últimos anos, houveram tentativas de reduzir os custos com insumos na produção de *Spirulina* onde vários métodos têm sido testados em larga escala, desde a utilização de água do mar enriquecida de nutrientes até resíduos provenientes de cultivos de animais (TREDICI, 1986; VONSHAK e RICHMOND, 1988; WU *et al.*, 1993; PUSHPARAJ *et al.*, 1997; JÍMENEZ *et al.*, 2003; OLGUÍN *et al.*, 2003; NEORI *et al.*, 2004; RAOOF *et al.*, 2006; MORAIS *et al.*, 2009). O tratamento de água residual, proveniente de efluentes anaeróbicos de rejeitos de animais, pela *Spirulina*, nos quais o nitrogênio, fósforo e carbono são encontrados em altas concentrações, é considerada uma alternativa para redução dos custos de produção (OLGUÍN *et al.*, 1994). A longa história de pesquisas em sistemas de tratamento de água utilizando algas, que abrange mais de quatro décadas, certifica a real contribuição que as algas podem proporcionar para a biotecnologia ambiental e o melhoramento do gerenciamento de ecossistemas de água doce (HOFFMAN, 1998).

2.4. Impactos ambientais gerados pela aquicultura convencional

Os efluentes provenientes dos cultivos de organismos aquáticos possuem elevadas concentrações de material orgânico em suspensão e nutrientes dissolvidos, principalmente nitrogênio e fósforo, resultante dos restos de alimento fornecido na forma de ração, excreção, biomassa fitoplânctonica e fertilizantes, que criam um potencial para a eutrofização das águas receptoras (BURFORD *et al.*, 2003; JACKSON *et al.*, 2003). No ambiente aquático o nitrogênio pode ser encontrado em diversas formas, tais como, nitrato, nitrito e amônia (ESTEVES, 1998). Segundo Vinatea (2004), o teor de amônia não-ionizada (NH_3) é um dos parâmetros mais importantes da qualidade da água em cultivos de peixes, pois em elevadas concentrações, esta pode causar mortalidade a estes organismos devido a sua alta toxicidade, obrigando produtores a adotar estratégias que evitem o acúmulo excessivo deste nutriente na água ao longo do cultivo (KUBITZA, 2003). Entretanto, na realidade, a grande maioria dos empreendimentos na aquicultura não prevê um descarte adequado de seus efluentes e o monitoramento, quando existe, é realizado apenas por um acompanhamento da qualidade de

água utilizada e descartada pelos cultivos, não havendo nenhuma ação para seu tratamento propriamente dito, impactando o meio ambiente (GURJÃO, 2004).

A definição de impacto ambiental é a alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, podem afetar a saúde, a segurança e 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 (CONAMA, 1986). Neste contexto a aqüicultura é bastante dependente dos ecossistemas nas quais está inserida e torna-se impossível haver produção sem que haja alterações no meio ambiente, no entanto, ações podem ser realizadas para tentar reduzir significativamente os impactos ambientais advindos desta atividade. Esta preocupação é uma parcela importante do processo produtivo, já que não se pode desenvolver tecnologias apenas visando o aumento da produtividade, sendo necessário também uma avaliação dos impactos gerados sobre o meio ambiente (VALENTI, 2002). Segundo Neori *et al.* (2004), há um consenso entre os cientistas, as indústrias, o público e os políticos de que tecnologias que causam impactos descontrolados ao meio ambiente não são consideradas suficientemente sustentáveis.

2.5. Conceito de aqüicultura integrada

Recentemente, sistemas de aqüicultura integrada com recirculação fechada da água têm sido desenvolvidos devido à crescente preocupação com a poluição do meio ambiente e também para evitar a disseminação de doenças infecciosas através da captação de água exógena (MUANGKEOW *et al.*, 2007). Edwards (1998) reforçou a definição geral de cultivo integrado, enfatizando que o efluente de um sub-cultivo que deveria ser descartado, se torna um afluente nutritivo para outro sub-cultivo, resultando em uma maior eficiência da produção.

Os sistemas de recirculação da água na piscicultura, onde o efluente do tanque de cultivo dos peixes é biologicamente tratado e, posteriormente, reutilizado para o desenvolvimento dos próprios animais, podem se tornar uma das soluções para produção de pescado em larga escala e ecologicamente sustentável (PIEDRAHITA, 2003). O objetivo é aumentar a eficiência, levando em consideração a sustentabilidade e lucratividade por unidades de sub-cultivos e não utilizando uma única espécie, como é praticada em

monoculturas. Isto é possível, através do aproveitamento de alguns nutrientes e energia que são perdidas em monocultivos, transformando-os em subprodutos com valor comercial (TROELL *et al.*, 2009). Avnimelech (1998) relata que a circulação da água de áreas de confinamento intensivo de peixes para outras, com cultivos algais intensivos, permite o tratamento da mesma através da biofiltração das algas, podendo ser reutilizada, sem ser descarregada para o meio ambiente.

Nos últimos anos, a maricultura integrada tradicional tem sido realizada principalmente na China, Japão e Coréia do Sul, onde fazendas de cultivo de peixes, ostras e algas marinhas têm sido estabelecidas perto umas das outras em baías e lagunas. Através de tentativa e erro, a otimização da integração tem sido alcançada, mas as informações técnicas e financeiras dos projetos e raramente têm sido publicadas (FANG *et al.*, 1996; SOHN, 1996).

As perspectivas de integração são bastante promissoras, já que estes sistemas requerem baixa quantidade de nutrientes em relação à produção total, e a descarga de nutrientes no efluente é reduzida pela reutilização da água (SCHNEIDER *et al.*, 2005). O conceito de aquíicultura integrada constitui um elemento essencial no gerenciamento de zonas costeiras com o objetivo de reduzir, em um ponto de vista de benefício social e econômico, os impactos ambientais adversos da aquíicultura nestes ambientes costeiros, seja de água doce, salobra ou marinha (BRZESKI e NEWKIRK, 1997; CHOW *et al.*, 2001; MCVEY *et al.*, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento de pesquisa e extensão foi realizado na comunidade rural de Juazeiro, localizada no município de Boa Viagem (05° 07' 40" S, 39° 43' 55" W) no estado do Ceará, distante 216 km da capital Fortaleza. O Município de Boa Viagem está localizado na microrregião do Sertão de Quixeramobim, com acesso pela BR-020 (Figura 1). A associação comunitária do Juazeiro se propôs a auxiliar no manejo e funcionamento do sistema, sendo a líder comunitária local responsável pela equipe que recebeu todo um treinamento prévio no manejo do sistema, especificamente na execução de diversas atividades, tais como, arraçamento diário dos peixes, recirculação da água, filtração, coleta e armazenamento da biomassa de *Spirulina platensis*, biometrias quinzenais e despesca.



Figura 1 – Localização do município de Boa Viagem no estado do Ceará (Fonte: pt.wikipedia.org, acessado em 22/05/2010)

3.2. Cultivo da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*

Alevinões de tilápia do Nilo (530 indivíduos com peso médio de $40 \pm 9,046\text{g}$) foram obtidos na piscicultura Santa Tereza localizada no município de Caucaia-CE e transportados para a localidade de Juazeiro no município de Boa Viagem-CE. Os peixes foram divididos e estocados em dois tanques de alvenaria de 20 m^3 com volume útil de aproximadamente 16 m^3 , portanto a densidade de estocagem em ambos os tanques foi de $16,56\text{ peixes/m}^3$. A água de cultivo foi originada de um poço, localizado próximo aos tanques, com salinidade 2. A salinidade da água de cultivo foi elevada, gradualmente, com a adição de sal de salina comercial até atingir o valor de 12 e foi também adicionado bicarbonato de sódio para tornar o pH ligeiramente alcalino. O cultivo foi realizado com uma taxa de arraçoamento inicial de 6% da biomassa total e a ração utilizada possuía 40% de proteína bruta (PB), sendo os peixes alimentados 4 vezes ao dia. A cada quinze dias, foram realizadas biometrias nos tanques para avaliar o crescimento em peso e realizar ajustes na oferta de ração. Além disso, os tanques de cultivo foram sombreados para impedir qualquer desenvolvimento de microalgas. O oxigênio nos tanques de cultivo dos peixes foi fornecido através de três bombas de circulação de água, em cada tanque, com vazão de 1000L/h e por um catavento que também auxiliou na circulação da água dos tanques, através de tubulação de PVC perfurada. Os peixes foram cultivados em um período de 120 dias.

3.3. Cultivo de *Spirulina platensis*

A produção de *S. platensis* foi iniciada a partir de um inóculo obtido de um cultivo no Laboratório de Planctologia do Departamento de Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará, realizado em uma caixa d'água de 250 L , com aeração e iluminação artificial de 10.000 Lux , utilizando um meio de cultivo enriquecido com fertilizantes agrícolas (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição do meio de cultivo para *S. platensis*

| Sais | g L ⁻¹ |
|--------------------------------------------|-------------------|
| Cloreto de Sódio (NaCl) | 30,0 |
| Bicarbonato de Sódio (NaHCO ₃) | 10,0 |
| Nutrientes | |
| Nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) | 1,0 |
| Superfosfato Triplo | 0,1 |

Para a preparação do meio de cultivo, os fertilizantes agrícolas foram macerados e diluídos em um recipiente plástico contendo água doce e, posteriormente, o sal e o bicarbonato de sódio foram adicionados à mistura. Em seguida, a água foi submetida a uma forte aeração por 24 horas antes de ser utilizada.

O transporte do inóculo de *Spirulina* para os tanques de cultivo em Boa Viagem foi realizado utilizando 10 garrações com 20 L do inóculo produzido na caixa de 200 L. A *Spirulina* foi cultivada em 3 (três) tanques de alvenaria com 3,0 m de comprimento e com altura e largura de 1,0 m. Após a inoculação da *Spirulina* no primeiro tanque, o volume do mesmo foi elevado gradualmente, de 200 em 200 L, com meio de cultivo até o volume de aproximadamente 2.500 L. Quando o volume total do primeiro tanque foi atingido, este foi dividido em mais dois tanques iguais e, a partir desse momento, estes reservatórios foram completados novamente, da mesma maneira do primeiro, com meio de cultivo. A partir do momento que dois dos tanques de cultivo atingiram um desenvolvimento satisfatório, o meio químico foi substituído pelo meio orgânico, proveniente do tanque de cultivo das tilápias, enquanto que um dos tanques permaneceu com o meio químico como inóculo de segurança. Portanto, o volume total do cultivo de *Spirulina* foi de 7.500L.

O desenvolvimento da *Spirulina* nos tanques de 2.500 L foi acompanhado pela transparência da água mediante o uso de um disco de Secchi, através de uma relação previamente estabelecida com a absorbância no comprimento de onda de 680 nm, sendo a coleta realizada no momento em que a transparência da água atingia um valor em torno de 8,0 cm, através de filtragem da água em telas de 60 µm. Os tanques de *Spirulina* foram cobertos por plástico transparente para permitir a passagem dos raios solares e evitar a entrada de água proveniente da chuva.

3.4. Cultivo integrado: tilápia x *Spirulina*

No momento em que um dos tanques de cultivo da cianobactéria atingiu a densidade de tricomas adequada (secchi = 8,0 cm), esta foi filtrada para dentro de um dos tanques dos peixes, através de uma estrutura com malha de 60 μm . O outro tanque das tilápias que não recebeu a água filtrada oriunda da *Spirulina* teve o mesmo volume drenado, através de bombeamento da água para o tanque da cianobactéria, constituindo o meio de cultivo orgânico para o desenvolvimento da mesma (Figura 2). Este procedimento foi repetido constantemente, tendo uma periodicidade variável de cinco a 10 dias, dependendo da densidade do cultivo da *Spirulina*.

Os parâmetros físico-químicos monitorados foram o oxigênio e a salinidade, medidos através de um oxímetro digital e um refratômetro portátil respectivamente, bem como os níveis de amônia utilizando um espectrofotômetro de leitura direta HACH 2000. A taxa de renovação de água do tanque das tilápias necessária para o bom desenvolvimento do animal no período crítico foi calculada de acordo com a metodologia de Oliveira (2005).

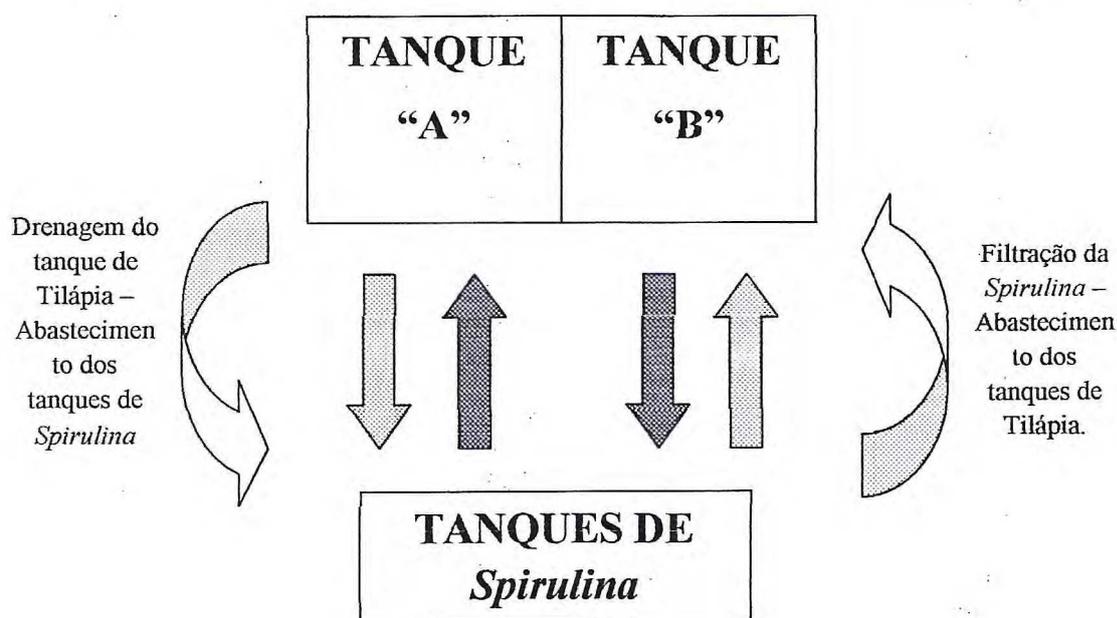


Figura 2 – Esquema da recirculação da água no sistema integrado.

Amostras do concentrado de *S. platensis* foram armazenadas em recipientes escuros e esterilizados e transportados para o laboratório de biologia marinha (BIOMAR) no

departamento de Engenharia de Pesca da UFC, onde foram devidamente secas em uma estufa a 60°C por 24 horas. A biomassa seca foi então transportada para o laboratório de microbiologia do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), onde foi submetida a uma análise bacteriológica. Outra análise bacteriológica foi realizada na biomassa de *Spirulina* seca no próprio local de cultivo.

3.5. Avaliação técnica do cultivo da tilápia no sistema integrado

No cultivo das tilápias do Nilo foram avaliados o ganho de biomassa individual, a taxa de sobrevivência (%), a biomassa total (kg), o ganho de peso diário (g), a taxa de crescimento específico (%/dia), o crescimento semanal (g/semana) e o fator de conversão alimentar que foram calculados de acordo com as seguintes equações:

$$\text{Sobrevivência (\%)} = \frac{\text{Numero de indivíduos despescados}}{\text{Numero de indivíduos estocados}} \times 100 \text{ (Equação 1)}$$

Ganho de biomassa individual (g)

$$= \text{Peso individual final (g)} - \text{Peso individual inicial (g)} \text{ (Equação 2)}$$

Biomassa total (kg)

$$= \text{Numero de indivíduos despescados} \times \text{Peso individual final} \text{ (Equação 3)}$$

$$\text{Produtividade diária} \left(\frac{\text{g}}{\text{dia}} \right) = \frac{\text{Ganho de peso individual (g)}}{\text{Tempo (dias)}} \text{ (Equação 4)}$$

$$\text{Crescimento semanal} \left(\frac{\text{g}}{\text{semana}} \right) = \text{Produtividade} \left(\frac{\text{g}}{\text{dia}} \right) \times 7 \text{ dias} \text{ (Equação 5)}$$

$$\text{TCE} \left(\frac{\%}{\text{dia}} \right) = \frac{\ln \text{Peso médio final} - \ln \text{Peso médio inicial}}{\text{Tempo (dias)}} \times 100 \text{ (Equação 6)}$$

$$\text{Fator de conversão alimentar (FCA)} = \frac{\text{Consumo acumulado de ração (kg)}}{\text{Ganho de biomassa total (kg)}} \text{ (Equação 7)}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetros zootécnicos da tilápia do Nilo

No sistema integrado *Spirulina* x tilápia, a tilápia do Nilo apresentou pesos médios finais de $216,7 \pm 31,660\text{g}$ e $206,6 \pm 42,550\text{g}$ nos dois tanques. As curvas de crescimento da tilápia do Nilo, em ambos os tanques de cultivo do sistema integrado com *S. platensis*, foram bastante semelhantes até o final do experimento, diferindo apenas na penúltima amostragem, quando o crescimento dos animais no tanque “A” foi significativamente superior aos do tanque “B” (Figura 3).

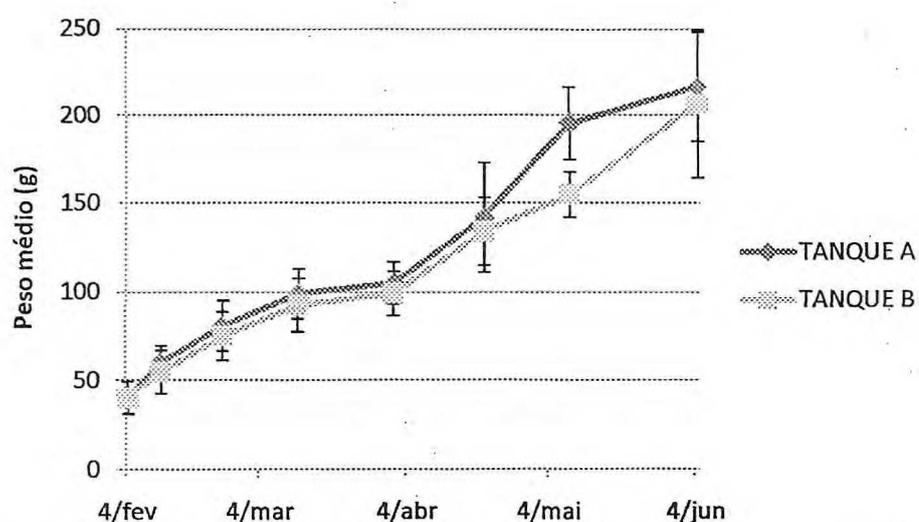


Figura 3 – Curva de crescimento de *O. niloticus* no sistema integrado com *Spirulina platensis*.

Durante o segundo mês de cultivo, a taxa de crescimento dos peixes foi bastante reduzida e não houve ganho de peso significativo. Isto pode ser explicado devido a problemas com as bombas de aeração no tanque dos peixes, quando os mesmos ficaram apenas com uma bomba em cada. A concentração de oxigênio na água exerce grande influência sobre a atividade, o consumo de alimento, o crescimento e a conversão alimentar de peixes, ou seja, em situações quando há diminuição na quantidade de oxigênio dissolvido na água, a ingestão de alimento diminui, pois a quantidade não é suficiente para suprir um peixe bem alimentado (KUBITZA, 2003; BALDISSEROTTO, 2009). Após a solução dos problemas de aeração e a

recirculação da água, as taxas de crescimento voltaram a aumentar e se mantiveram até o final do experimento. Por outro lado, a última biometria foi realizada pela equipe do projeto e não evidenciou diferença significativa de peso entre os peixes cultivados nos dois tanques.

A produtividade diária, o crescimento semanal e o FCA também não diferiram significativamente (Tabela 2), entretanto, a quantidade de ração acumulada foi analisada apenas até a metade do experimento, quando houve problemas com as bombas de aeração, que afetou o comportamento alimentar do peixe. A ocorrência de níveis críticos de oxigênio dissolvido em tanques ou viveiros pode reduzir a sobrevivência, bem como a eficiência alimentar do peixe (KUBITZA, 2003). Apesar dos problemas com a aeração, a sobrevivência foi de 100% nos dois tanques de cultivo. Valores semelhantes também foram encontrados para os demais parâmetros como a TCE, o ganho de biomassa individual e a biomassa total (Tabela 2).

Tabela 2 – Parâmetros zootécnicos da tilápia do Nilo no sistema integrado com *Spirulina platensis*.

| Parâmetros zootécnicos | TANQUE A | TANQUE B |
|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Peso médio (g) | 216,7 ± 31,660 ^{a*} | 206,6 ± 42,550 ^a |
| Produtividade (g/dia) | 1,651 ± 1,005 ^a | 1,421 ± 0,609 ^a |
| Crescimento semanal (g/semana) | 11,554 ± 7,034 ^a | 9,946 ± 4,273 ^a |
| TCE (%/dia) | 1,4 | 1,36 |
| Ganho de biomassa individual (g) | 176,3 | 166,2 |
| Biomassa total (kg) | 57,426 | 54,479 |
| FCA médio** | 1,940 ± 0,944 ^a | 2,240 ± 0,946 ^a |
| Sobrevivência (%) | 100 | 100 |

* Letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de significância seguindo o teste *t* de Student.

** O FCA foi obtido até o mês de Abril, a partir deste momento a ração foi ofertada *ad libitum*.

Não existem relatos de avaliação de parâmetros zootécnicos em cultivos integrados de tilápias, sendo os trabalhos realizados apenas em sistemas de monocultura que utilizam gaiolas ou tanques escavados ou, mais raramente, em policultivos com camarões. Os parâmetros zootécnicos da maioria dos monocultivos realizados em tanques redê ou tanques escavados são superiores aos encontrados no sistema integrado adotado no presente trabalho.

Em um cultivo de machos de tilápia do Nilo, com duração de 99 dias, realizado em gaiolas colocadas dentro de um viveiro, Leonhardt e Urbinati (1999) obtiveram peso médio de $396,40 \pm 64,71\text{g}$, com uma produtividade diária de $2,435\text{g}$ e sobrevivência de $97,5\%$.

Godoy (2006) utilizou *Oreochromis niloticus* linhagem Chitralada em cultivos em tanque rede, visando o atendimento de comunidades carentes com densidade inicial de 300 peixes/ m^3 . Após 77 dias, os peixes alcançaram peso médio final de $421,3 \pm 19,04\text{g}$, produtividade diária de $5,46\text{g}$, taxa de crescimento específico de $4,16\%$ ao dia, taxa de sobrevivência de $99,7\%$ e FCA de $1,09$.

Visando o atendimento de uma comunidade remanescente do quilombo no estado de São Paulo, através da piscicultura de subsistência, Baccarin *et al.*, (2009) cultivaram tilápia do Nilo em viveiros escavados, obtendo peso médio final, produtividade e taxa de sobrevivência de $483,27\text{g}$, $2,18$ g por dia e $90,89\%$ respectivamente.

Carmo (2003) verificou que, ao longo de 112 dias de cultivo semi-intensivo de *O. niloticus* em viveiros escavados, o peso médio final, a produtividade diária, a TCE, a sobrevivência e o FCA no final do experimento foram $197,98\text{g}$, $1,55\text{g}$, $1,77\%$ dia^{-1} , $85,67\%$ e $1,59$ respectivamente.

Por outro lado, Abimorad *et al.* (2009) utilizaram uma ração comercial e outra artesanal a base de silagem de peixe para o cultivo da tilápia em tanques escavados durante 161 dias obtendo pesos médio finais de $399,23 \pm 9,07\text{g}$ e $384,12 \pm 4,7\text{g}$ para os respectivos tratamentos. Neste mesmo estudo a produtividade diária, a taxa de crescimento específico, a sobrevivência e o FCA foram respectivamente $1,961\text{g}$, $1,06\%$ ao dia, $90,76\%$ e $1,72$ para o tratamento com ração comercial e $1,87\text{g}$, $1,07\%$ ao dia, $88,82\%$ e $1,82$ para o tratamento com ração artesanal.

Em um policultivo da tilápia do Nilo e o camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) com densidade de 1 tilápia e 40 camarões por m^2 , Muangkeow *et al.* (2007) obtiveram peso médio final e produtividade diária de $200,9 \pm 27,3\text{g}$ e $1,89 \pm 0,56\text{g}$, respectivamente, além de 100% de sobrevivência dos indivíduos estocados cultivados em um período de 56 dias.

Os resultados obtidos no presente trabalho, quando comparados as formas de cultivos adotadas tradicionalmente, não demonstraram serem eficientes, sendo a maioria dos parâmetros superiores aos obtidos neste estudo. Por outro lado, alguns parâmetros zootécnicos se aproximaram dos obtidos em cultivos em viveiros escavados, como a taxa de crescimento específico, a sobrevivência e o FCA (Tabela 2). Já no policultivo Camarão x tilápia, todos os

parâmetros de crescimento e o FCA foram bastante semelhantes aos obtidos no sistema integrado do presente trabalho, inclusive a sobrevivência que, somente nestes dois casos, foi de 100%.

Embora o crescimento dos peixes no sistema integrado *Spirulina* x tilápia tenha sido inferior aos obtidos em cultivos tradicionais, existe o diferencial da produção adicional de *Spirulina*, que também foi consumida pelos peixes e contribuiu para manter a qualidade de água do sistema. Na realidade, peixes cultivados em sistemas de recirculação de água crescem menos quando comparados aos peixes cultivados em sistema de fluxo-contínuo (DEVILLER *et al.*, 2005). O acúmulo de matéria orgânica seja originada dos biofiltros, ração e do cultivo dos próprios peixes pode ser responsável pelo menor crescimento (MARTINS *et al.*, 2007, 2009a).

4.2.Reuso da água no sistema integrado

O crescimento dos peixes no sistema integrado pode ter sido comprometido também devido à exposição prolongada a elevadas concentrações de amônia durante o mês de Abril e Junho, principalmente no tanque A (Figura 4). A exposição contínua dos peixes a elevadas concentrações de amônia pode causar atraso no crescimento, além disso, em baixas concentrações de oxigênio, a toxicidade da amônia aumenta de 2 a 5 vezes (BALDISSEROTTO, 2009). No cultivo de tilápias, o limite crítico de amônia é $0,2 \text{ mg L}^{-1}$, valores acima desta concentração afetam o desempenho e a saúde dos peixes (KUBITZA, 2003).

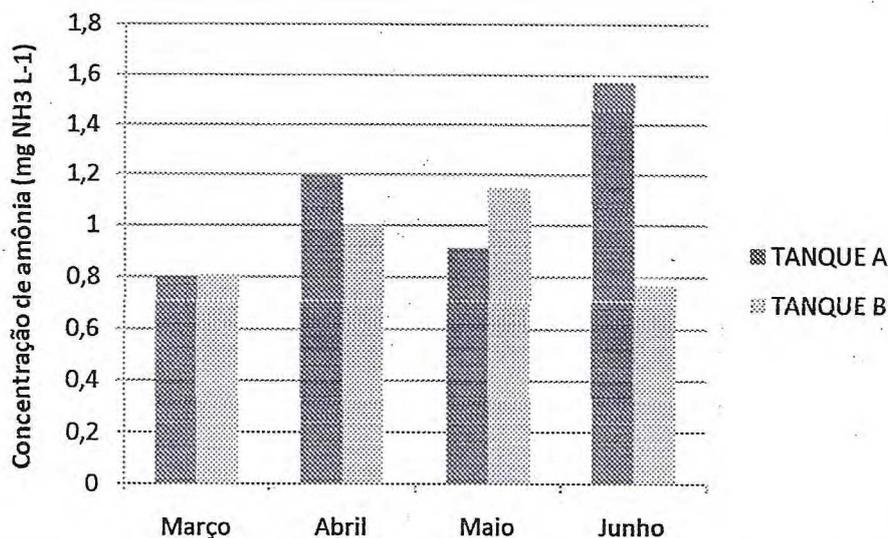


Figura 4 – Concentração de amônia nos tanques de cultivo da tilápia no Nilo no sistema integrado com *Spirulina platensis*, nos meses de Março, Abril, Maio e Junho.

No mês de maio, houve uma recirculação mais intensa da água no tanque A, que proporcionou uma redução da concentração de amônia. Neste mesmo período, a *Spirulina platensis* começou a se desenvolver neste tanque, o que provavelmente auxiliou, juntamente com a renovação da água, na redução deste composto nitrogenado. No entanto, no mês de junho, a concentração de amônia teve outro aumento neste mesmo tanque. Chuntapa *et al.* (2003) mostraram que *Spirulina platensis* foi bastante eficiente em melhorar a qualidade da água em um policultivo com camarões, reduzindo significativamente as concentrações de compostos nitrogenados como a amônia, nitratos e nitritos, quando a microalga era constantemente retirada do tanque. Já quando a *Spirulina* foi cultivada com os camarões sem ser coletada, os níveis de compostos nitrogenados diminuía e se elevavam, de acordo com o ciclo de vida da microalga.

Apesar do sombreamento, o tanque A ficava exposto à luz solar nas primeiras horas do dia, o que não ocorria com o tanque B. Este fato, além de permitir o desenvolvimento inicial da *Spirulina* neste tanque, também levou a uma contaminação pela microalga verde *Chlorella* sp que se adaptou as condições de baixa luminosidade e salinidade, existentes naquele ambiente de cultivo. Em um primeiro momento, a presença de *Spirulina* e *Chlorella* no tanque A pode ter contribuído para a nutrição dos peixes, o que pode justificar o maior crescimento observado na penúltima biometria. No entanto, como neste mesmo período a renovação da água não foi possível, devido ao risco de contaminação o acúmulo de biomassa fitoplânctonica morta e a subsequente liberação de nutrientes para o meio pode ter

contribuído para o aumento de amônia neste tanque no mês de junho (Figura 4), resultando em uma diminuição da taxa de crescimento dos peixes do referido tanque (Figura 3). A morte súbita do fitoplâncton incorpora, em um curto espaço de tempo, uma grande quantidade de resíduos orgânicos nos tanques que, através de bactérias e outros organismos, são decompostos por processos biológicos resultando em um consumo considerável de oxigênio e formação de diversos produtos metabólicos tóxicos aos peixes, tal como a amônia (KUBITZA, 2003). Por outro lado, no tanque “B”, não foi constatada a presença de nenhuma microalga e a concentração de amônia não atingiu valores subletais, sendo ainda reduzida no mês de junho devido à recirculação da água, o que manteve a taxa de crescimento dos peixes crescente até o final do cultivo (Figura 3). O cultivo integrado de tilápias, algas e ostras, em laboratório, também foi capaz de reduzir significativamente os níveis de amônia, nitratos e nitritos, permitindo a total recirculação da água no sistema (CAVALCANTE *et al.*, 2005).

De acordo com a figura 3 a concentração de amônia diminuiu no tanque B. Para manter a capacidade de suporte em cultivos de peixes, uma elevada taxa de absorção deste composto por área é inversamente proporcional ao tamanho e o custo de sistemas biofiltrantes, portanto uma elevada eficiência da absorção de amônia reduz a taxa a qual a água do viveiro de peixe tem que ser recirculada (NEORI *et al.*, 2004). Em sistemas com organismos fototróficos, como no caso da *Spirulina*, elevadas cargas de nutrientes dissolvidos podem ser aceitáveis, devido à elevada absorção destes nutrientes pelas microalgas (SCHNEIDER *et al.*, 2005).

A renovação de água em tanques de piscicultura é uma importante ferramenta para a diluição de substâncias tóxicas como a amônia (KUBITZA, 2003). De acordo com a metodologia de Oliveira (2005), a renovação de água necessária para o bom desenvolvimento da tilápia do Nilo nas dimensões deste projeto deveria ser de aproximadamente 51, 79 e 103% ao dia para peixes com 100, 200 e 400 g, respectivamente. No entanto, houve apenas uma renovação de 31,25% a cada 20 dias, período no qual a água da tilápia era renovada com a água proveniente da *Spirulina*. Com isso, a renovação da água foi de apenas 1,56% ao dia, o que provavelmente prejudicou o crescimento dos peixes. Entretanto, quando Martins *et al.* (2009b) realizaram uma renovação de água diária de apenas 1%, observaram que juvenis de tilápia do Nilo, em torno de 150 g, cultivados em um sistema com recirculação da água, conseguiram se desenvolver sem uma aparente redução de apetite apresentando boa conversão alimentar e crescimento satisfatório. Por outro lado, a influência da qualidade da água no crescimento pareceu ser mais relevante para indivíduos maiores já que estes peixes

apresentam baixas taxas de crescimento em sistemas de recirculação de água, onde ocorre baixa renovação da água quando comparados com os de elevada renovação.

Outro fato que não pode deixar de ser comentado foi a dificuldade de se realizar a recirculação da água em alguns momentos, devido a não retenção da cianobactéria nas malhas de 60 μm . Observações microscópicas revelaram que a *Spirulina* cultivada no sistema integrado se apresentou fragmentada quando comparada à mesma cultivada em laboratório (Figura 5). Isto pode ser explicado devido às bombas utilizadas para a agitação da água nos tanques de *Spirulina* que fragmentaram os tricomas fazendo com que os mesmos não conseguissem ser retidos na malha durante a filtração. Já a *Spirulina* cultivada em laboratório, onde é movimentada no meio com o auxílio de sopradores portáteis, apresentam tricomas mais longos que são facilmente retidos na malha de 60 μm .

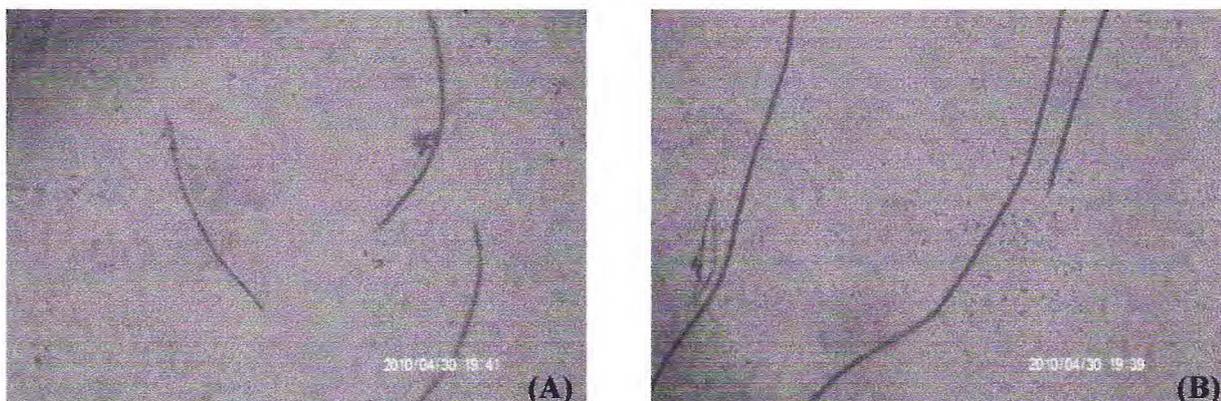


Figura 5 – (A) *S. platensis* cultivada no sistema integrado com *O. niloticus*. (B) *S. platensis* cultivada em meio químico no laboratório de Planctologia do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará.

4.3. Análises microbiológicas

Com relação aos resultados da análise microbiológica da biomassa de *Spirulina* produzida no sistema integrado, os mesmos ficaram de acordo com os recomendados pela ANVISA (2001) para suplementos vitamínicos, minerais e similares, em forma de pó, cápsulas, drágeas e similares (Tabela 4).

Tabela 4 – Comparação das análises microbiológicas de *S. platensis* cultivada no sistema integrado com *O. niloticus* na comunidade rural de Juazeiro com o padrão necessário para o consumo humano pela ANVISA (2001).

| Microorganismos | <i>Spirulina</i> | ANVISA (2001) |
|----------------------------|------------------|---------------------|
| Coliforme a 45°C/g | < 3,0 | 10 |
| Staphylococcus coagulase + | < 10 | 5 x 10 ² |
| <i>Salmonella</i> sp/25g | Ausência | Ausência |

Foi observada, também, a presença de bactérias dos gêneros *Enterobacter* e *Citrobacter*, que além de serem encontrados nas fezes, podem estar presentes em outros tipos de ambientes como na vegetação e no solo, onde permanecem por tempo superior ao de bactérias patogênicas de origem intestinal como *Samonella* e *Shigella* (FRANCO, 2003). No entanto, as infecções causadas por *Enterobacter* e *Citrobacter* costumam ser contraídas em hospitais, principalmente por doentes que tem uma capacidade reduzida de combater estas infecções (VIEIRA, 2004). O ambiente onde o sistema integrado foi conduzido favoreceu o aparecimento destas bactérias, já que existiam criações de bovinos e outros animais de sangue quente. Em uma análise realizada em um ciclo anterior ao do presente trabalho, foram constatadas presenças de *E. coli* em amostras de *Spirulina* secas no próprio local, naquele momento foi utilizada uma estufa artesanal que se encontrava próximo a criações de bovinos e equinos, o que pode ter permitido a contaminação através do ar. Por não fazer parte da microbiota natural do pescado, a presença de *E. coli* está associada principalmente a contaminação cruzada no manuseio do produto (VIEIRA, 2004). Para evitar a contaminação por esta bactéria, no ciclo atual a biomassa de *Spirulina* foi seca no laboratório, em estufa, sem contato com o meio externo.

Por se tratar de suplemento alimentar humano, toda biomassa de *Spirulina* deve ser submetida a uma análise microbiológica. Wu *et al.* (1993) encontraram bactérias totais e *Escherichia coli* em quantidades muito menores do que a permitida para o consumo humano. Análises microbiológicas de cultivos de três diferentes cepas de *Spirulina platensis* com morfologia variada no sul da Espanha, resultaram em baixas concentrações de bactérias mesofílicas estimadas através de contagem em placas padrão a 31°C (JÍMENEZ *et al.*, 2003). Os autores também observaram que o número mais provável (NMP) de *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* e coliformes totais estavam abaixo dos limites permitidos pela rígida regulação dos membros da União Européia e Japão. Recentemente, no extremo sul

do Brasil, em um cultivo semicontínuo de *Spirulina* em escala piloto, realizado com água proveniente de uma lagoa, Morais *et al.* (2009) observaram que a presença de bactérias estava de acordo com os padrões de vigilância sanitária nacional e internacional. No sistema integrado *Spirulina* x tilápia, as análises microbiológicas confirmaram que o extrato seco passou pela regulação do controle de sanidade necessária para qualificação do produto como alimento para o consumo humano.

4.4. Participação da comunidade na aquíicultura integrada

A comunidade de Juazeiro teve participação direta na execução deste projeto de aquíicultura integrada, principalmente as mulheres que estiveram bastante envolvidas nos ciclos de produção da cianobactéria e do peixe. Segundo a FAO (2008) aquículturas de pequena escala beneficiam diversas comunidades, particularmente as mulheres. A aquíicultura, assim como a agricultura, pode ser uma atividade de subsistência já que oferece trabalho e alimento para o trabalhador rural (FAO, 2008).

Devido à longa distancia da capital e dificuldade de deslocamento imediato da equipe do projeto ao local de cultivo muitas dificuldades foram encontradas durante a execução do projeto. Apesar de poder ser um instrumento de desenvolvimento social, a aquíicultura pode gerar impactos sociais negativos se não houver harmonia com as comunidades locais (VALENTI, 2002). O mesmo autor relata que a transferência de tecnologia e o treinamento de pessoal são, com freqüência, elementos fracos da cadeia produtiva da aquíicultura, que dificultam o desenvolvimento da atividade. Segundo a FAO (1999) o setor de produção de organismos aquáticos que visa apenas os aspectos técnicos em detrimento dos aspectos políticos, sociais, econômicos, ambientais e legais freqüentemente culmina em conseqüências negativas.

A produção da tilápia do Nilo no sistema integrado não foi constituída de peixes grandes com peso médios elevados, mas sim de peixes pequenos com peso médio de 200g. No entanto, peixes com este peso são bem aceitos em muitas áreas rurais da África e da Ásia, devido ao preço ser bastante acessível, atraindo a parcela dos consumidores com menor poder aquisitivo (BRUMMETT, 2000; LITTLE e EDWARDS, 2004;), o que pode também funcionar na zona rural do Ceará. Baccarin *et al.*, (2009) analisou a produção de tilápia do Nilo em uma comunidade rural no estado de São Paulo e constatou que após seis meses de

criação, 60% da produção foi comercializada e o restante foi destinada ao consumo pelas famílias e para os trabalhadores envolvidos na despesca. Nesta mesma pesquisa, a implementação do cultivo de peixe nesta comunidade gerou um estímulo no consumo do mesmo melhorando a qualidade nutricional dos alimentos ingeridos. Este comportamento também foi observado na comunidade de Juazeiro em Boa Viagem, já que devido à falta de outros cultivos na região, foi nítida a substituição de peixes oriundos da pesca artesanal, pelos peixes cultivados no sistema integrado.

De acordo com os resultados obtidos neste projeto piloto na localidade de Juazeiro, foi possível a elaboração de um novo projeto que será executado no município de Tejuçuoca-CE. A partir dos erros e acertos no projeto realizado na comunidade de Juazeiro, alguns aspectos foram totalmente modificados, como as relações de volume dos tanques de *Spirulina* com os tanques da tilápia do Nilo, além do tipo de tanque, que passou de forma retangular para circular. Neste novo projeto, o inóculo de *Spirulina platensis* será cultivado dentro de um pequeno laboratório, construído no local, antes de passar para os tanques no meio ambiente. Este manejo tem como finalidade coletar a *Spirulina* em crescimento exponencial onde as células estão no máximo aproveitamento dos nutrientes. A participação da comunidade no sistema integrado também será mais constante, com elaboração de cronogramas de trabalhos e treinamento prévio com palestras e aulas práticas.

5. CONCLUSÕES

A implantação do primeiro módulo de aqüicultura integrada com tilápias e *Spirulina platensis* em uma comunidade do semi-árido nordestino resultou em um menor desempenho dos peixes quando comparado à maioria dos sistemas tradicionais de cultivo, devido a vários fatores e, principalmente, ao dimensionamento do sistema que não permitiu uma eficiente recirculação da água. Por outro lado, a introdução do sistema em uma comunidade do semi-árido cearense, de forma pioneira, estimulou os membros da comunidade a dar continuidade ao projeto. Além disso, esta primeira experiência permitiu a elaboração de um novo projeto que tem como objetivo otimizar o dimensionamento do sistema integrado e, conseqüentemente, aumentar sua eficiência.

REFERÊNCIAS

ABED, R.M.M.; DOBRETSOV, S.; SUDESH, K. **Applications of cyanobacteria in biotechnology.** *Journal of Applied Microbiology*. 106. 1–12. 2008.

ABIMORAD, E.G.; STRADA, W.L.; SCHALCH, S.H.C.; GARCIA, F.; CASTELLANI, D.; MANZATTO, M.R. **Silagem de peixe em ração artesanal para tilápia-do-nilo.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília. 44. 5. 519-525. maio 2009.

ANDRADE, R. DE L. et al. **La importancia de Spirulina en La alimentación acuícola.** *Contactos*. 57. 13-16. 2005.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Boletim informativo nº 06**, fevereiro de 2001.

AVNIMELECH, Y. **Minimal discharge from intensive aquaculture.** *World Aquaculture* 29. 32-37. 1998.

BACCARIN, A. E.; LEONARDO, A.F.G.; TACHIBANA, L.; CORREIA, C.F. **Piscicultura em comunidade remanescente de quilombo: um estudo de caso.** *Informações Econômicas*, SP. 39. 11. 2009.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de Peixes Aplicada a Piscicultura.** Vol 1. 2 ed. Santa Maria. 352p. 2009.

BECKER, E. W. **Microalgae: biotechnology and microbiology.** Cambridge: Cambridge University Press. 1994.

BELAY, A. **Mass cultivation of Spirulina outdoors—the earthrise farms experience.** In: Vonshakm, A. (Ed.), *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, Cell Biology and Biotechnology.* Taylor and Francis, London. 131–158. 1997.

BRUMMETT, R.E. **Factors influencing fish prices in Southern Malawi.** *Aquaculture*. 186. 243–251. 2000.

BRZESKI, V.; NEWKIRK, G.F. **Integrated coastal food production systems—a review of current literature.** *Ocean Coast. Manag.* 34. 55–71. 1997.

BURFORD, M.A.; GLIBERT, P.M.; **Short-term N uptake and regeneration in early and late growth phase shrimp ponds.** *Aquacult. Res.* 30. 215–227. 1999.

CARMO, J.L. **Avaliação do crescimento de três linhagens de tilápia do gênero *Oreochromis* sp, em sistema semi-intensivo, cultivadas em viveiros.** 62f. :Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Pesca. Recife. 2003.

CAVALCANTE JÚNIOR, W.; ANDRADE, L.N.; BEZERRA, L.N.; GURJAO, L.M.; FARIAS, W.R.L. **Reuso de água em um sistema integrado com peixes, sedimentação, ostras e macroalgas.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.* 09. 118-122. 2005.

CHOW, F.Y.; MACCHIAVELLO, J.; CRUZ, S.S.; FONCK, E.; OLIVARES, J. **Utilization of *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta: Gracilariaceae) as a biofilter in the depuration of effluents from tank cultures of fish, oysters, and sea urchins.** *J. World Aquac. Soc.* 32 (2). 215– 220. 2001.

CHUNTAPA, B.; POWTONGSOOK, S.; MENASVETA, P. **Water quality control using *Spirulina platensis* in shrimp culture tanks.** *Aquaculture.* 220. 355-366. 2003.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986, art 1º.** Publicada no DOU, Seção 1, páginas 2548-2549, 17 de fevereiro de 1986.

COSTA-PIERCE, B.A. ; RAKOCY, J.E., **Tilapia Aquaculture in the Americas.** *World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA.* 1. 258. 1997.

DEVILLER, G.; PALLUEL, O.; ALIAUME, C.; ASANTHI, H.; SANCHEZ, W.; NAVAD, M.A.F.; BLANCHETON, J.P.; CASELLAS, C.; **Impact assessment of various rearing systems on fish health using multibiomarker response and metal accumulation.** *Ecotox. Environ. Safe.* 61. 89–97. 2005.

EDWARDS, P. A. **Systems approach for the promotion of integrated aquaculture.** *Aquac. Econ. Manag.* 2. 1– 12. 1998.

EDWARDS, P.; LIN, C.K.; YAKUPITIYAGE, A. **Semi-intensive pond aquaculture.** In: BEVERIDGE, M.C.M.; MCANDREW, B.J. *Tilapias: Biology and exploitation.* Kluwer Academic. 377-403. 2000.

EL-SHAFAI, S. A.; EL-GOHARY, F. A.; NASR, F. A.; PETER VAN DER STEEN, N.; GIJZEN, H. J. **Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. *Aquaculture*. 232. 117-127. 2004.

ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed., Interciência/FINEP. 602p. 1998.

FANG, J.; KUANG, S.; SUN, H.; LI, F.; ZHANG, A.; WANG, X.; TANG, T. **Status and optimising measurements for the culture of scallop *Chlamys farreri* and kelp *Laminaria japonica* in Sanggou Bay**. *Mar. Fish. Res. (Haiyang Shuichan Yanjiu)* 17. 95– 102. 1996.

FAO – Food and Agriculture Organization. **Fishery and Aquaculture Statistics – 2007**. FAO Fisheries and Aquaculture Department. 100. 2007.

FAO - Food and Agriculture Organization. **The State of World Fisheries and Aquaculture - 1999 (SOFIA)**. FAO Fisheries and Aquaculture Department. 120 p. 1999.

FAO – Food and Agriculture Organization. **The State of World Fisheries and Aquaculture - 2008 (SOFIA)**. FAO Fisheries and Aquaculture Department. 176 p. 2009.

FAO – Food and Agriculture Organization. **Towards integrated assessment and advice in small-scale fisheries Principles and processes**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. 84 p. 2008.

FRANCO, B. D. G. M. **Microbiologia dos Alimentos**, 2º edição. São Paulo. 2003.

GODOY, C.E.M. **Produção da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L, 1758), linhagem Chitralada, de pequeno porte, em tanques-rede visando o atendimento de comunidades carentes**. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. 57p. 2006.

GURJÃO, L. M. **Uso integrado de sedimentação, ostras e macroalgas para tratamento de efluente de carcinicultura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará. 2004.

HIRAHASHI, T.; MATSUMOTO, M.; HAZEKI, K.; SAEKI, Y.; UI, M.; SEYA, T. **Activation of the human innate immune system by *Spirulina*: augmentation of hot water extract of *Spirulina platensis***. *International Immunopharmacology*. Amsterdam. 2. 423-434. 2002.

HOFFMAN, J.P. **Wastewater treatment with suspended and nonsuspended algae.** J. Phycol. 34. 757–763. 1998.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Estatística da pesca 2005: Grandes regiões e unidades da federação.** Brasília (DF). 2007.

JACKSON, C.; PRESTON, N.; THOMPSON, P.J.; BURFORD, M. **Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm.** Aquaculture. 218. 397–411. 2003.

JÍMENEZ, C.; COSSÍO, B. R.; LABELLA, D.; NIELL, F.X. **The Feasibility of industrial production of Spirulina (Arthrospira) in Southern Spain.** Aquaculture. 217. 179-190. 2003.

JUNIOR, C. L. F.; JUNIOR, A. S. V. **Cultivo de tilápias no brasil: origens e cenário atual.** Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. 2008.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões.** 1º ed. Jundiaí – SP. 265 p. 2003.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial.** Jundiaí – SP. 285p. 2000.

LEONHARDT, J.H.; URBINATI, E.C. **Estudo comparativo do crescimento entre machos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, sexados e revertidos.** Boletim do Instituto de Pesca. São Paulo. 25. 19 – 26. 1999.

LITTLE, D.C.; EDWARDS, P. **Impact of nutrition and season on pond culture performance of mono-sex and mixed-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).** Aquaculture. 232. 279–292. 2004.

LOURENÇO, S.O. **Cultivo de microalgas marinhas: Princípios e aplicações.** Vol 1. 1 ed. São Carlos. 606p. 2006.

MARTINS, C.I.M.; STEPHAN, E.; OCHOLA, D.; EDING, E.H.; VERRETH, J.A.J. **Growth retardation in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in recirculating aquaculture systems.** Aquaculture Europe Istanbul, Turkey. 162–163. 2007.

MARTINS, C.I.M.; PISTRIN, M.G.; STEPHAN, E.; EDING, E.H.; VERRETH, J.A.J. **The accumulation of substances in Recirculating Aquaculture Systems (RAS) affect embryonic and larval development in common carp *Cyprinus carpio***. *Aquaculture* 291. 65–73. 2009a.

MARTINS, C.I.M.; OCHOLA, D.; STEPHAN, E.; EDING, E.H.; VERRETH, J.A.J. **Is growth retardation present in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in low water exchange recirculating aquaculture systems?**. *Aquaculture*. 298. 43–50. 2009b.

MCVEY, J.P.; STICKNEY, R.; YARISH, C.; CHOPIN, T. **Aquatic polyculture and balanced ecosystem management: new paradigms for seafood production**. In: Stickney, R.R., McVey, J.P. (Eds.), *Responsible Marine Aquaculture*, CABI Publishing, Oxon, UK. 91–104. 2002.

MIZUMOTO, F.M.; HIRSCH, R.G.; NEVES, E.M. **Caracterização dos pesqueiros do município de Piracicaba–SP**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL. Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Sonopress. 37. 1999.

MORAIS, M.G.; RADMANN, E.M.; ANDRADE, M.R.; TEIXEIRA, G.G.; BRUSCH, L.R.F.; COSTA, J.A.V. **Pilot scale semicontinuous production of *Spirulina* biomass in southern Brazil**. *Aquaculture*. 294. 60–64. 2009.

MUANGKEOW, B.; IKEJIMA, K.; POWTONGSOOK, S.; YI, Y. **Effects of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), and Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., stocking density on growth, nutrient conversion rate and economic return in integrated closed recirculation system**. *Aquaculture*. 269. 363–376. 2007.

NEORI, A.; CHOPIN, T.; TROELL, M.; BUSCHMANN, A.H.; KRAEMER, G. P.; HALLING, C.; SHPIGEL, M.; YARISH, C. **Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern aquaculture**. *Aquaculture*. 231. 361–391. 2004.

OLGUÍN, E.J., HERNÁNDEZ, B., ARAUS, A., RAMÍREZ, M.E., CAMACHO, R., GALICIA, S. **Simultaneous high biomass protein production and nutrient removal using *Spirulina maxima* in seawater supplemented with anaerobic effluent**. *World J. microbiol. Biotechnol.* 10. 576–578. 1994.

OLGUÍN, E. J.; GALICIA, S.; MERCADO, S.; PÉREZ, T. **Annual productivity of *Spirulina* (*Arthrospira*) and nutrient removal in a pig wastewater recycling process under tropical conditions**. *Journal of Applied Phycology*. 15. 249–257. 2003.

OLIVEIRA, M.A. **Engenharia para Aqüicultura**. Vol. 1. 1ed. Fortaleza. 241p. 2005.

PIEDRAHITA, R.H. **Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation**. *Aquaculture* 226. 35–44. 2003.

PROENÇA, C. E. M.; BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA. 196. 2002.

PUSHPARAJ, B.; PELOSI, E.; TREDICI, M.R; PINZANI, E.; MATERASSI, R. **An integrated culture system for outdoor production of microalgae and cyanobacteria**. *Journal of Applied Phycology* 9. 113–119. 1997.

RAOOF, B.; KAUSHIK, B.D.; PRASANNA, R. **Formulation of a low-cost medium for mass production of *Spirulina***. *Biomass and Bioenergy* 30. 537–542. 2006.

SCHNEIDER, O.; SERETI, V.; EDING, E.H.; VERRETH, J.A.J. **Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems**. *Aquacultural Engineering* 32. 379–401. 2005.

SIMPORE J, ILBOUDO D, SAMANDOULOGOU A, GUARDO P, CASTRONOVO P, MUSUMECI S. **HCV and HIV co-infection in pregnant women attending St. Camille Medical Centre in Ouagadougou (Burkina Faso)**. *J Med Virol*. 75. 209–312. 2005.

SOHN, C.H. **Historical review on seaweed cultivation of Korea**. *Algae* 11. 357– 364. 1996.

TREDICI, M.; PAPUZZO, T.; TOMASELLI, L. **Outdoor mass culture of *Spirulina maxima* in seawater**. *Appl. Microb. Biotech*. 24. 47 -50. 1986.

TROELL, M.; JOYCE, A.; CHOPIN, T.; NEORI, A.; BUSCHMANN, A. H.; FANG J. **Ecological engineering in aquaculture — Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems**. *Aquaculture*. 297. 1–9. 2009.

VALENTI, W.C. **Aqüicultura sustentável**. In: Congresso de Zootecnia, 12, Vila Real, Portugal. 2002.

VIEIRA, R.H.S.F. **Microbiologia, Higiene e Qualidade do Pescado**. Vol 1. 1 ed. São Paulo. 380p. 2004.

VINATEA, L. A. **Fundamentos de Aqüicultura**. 1 ed. Florianópolis: EDUFSC. 349p. 2004.

VONSHAK, A.; RICHMOND, A. **Mass production of blue-green algae – *Spirulina*: An overview.** *Biomass* 15. 233-247. 1988.

WU, B.; TSENG, C.K.; XIANG, W. **Large-scale cultivation of *Spirulina* in Seawater based culture medium.** *Botanica Marina*. 36. 99-102. 1993.

ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS, K. **Tilapicultura intensiva.** In: José Eurico Possibeon Cyrino, Elisabeth Criscuolo Urbinati, Débora Machado Fracalosi, Newton Castagnolli (Eds), *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. São Paulo. 9. 239-266. 2004.

ANEXO A - Análise bacteriana emitida pelo laboratório de microbiologia ambiental e do
pescado do Instituto de Ciências do Mar

Instituto de Ciências do Mar
Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado
Av. Abolição 3207, Fortaleza - Ceará
Telefone: (88) 3366 7027

Análise bacteriana – Padrão ANVISA (2001) para suplementos vitamínicos e minerais e similares, em forma de pó, cápsulas, drágeas e similares

Material analisado – 12,5g de *Spirulina*

Resultados

| Microorganismos | <i>Spirulina</i> | ANVISA (2001) |
|----------------------------|------------------|---------------------|
| Coliforme a 45°C/g | < 3,0 | 10 |
| Staphylococcus coagulase + | < 10 | 5 x 10 ² |
| <i>Salmonella</i> sp/25g | Ausência | Ausência |

OBS: Foram isoladas 5 colônias do agar hektoen e agar eosina azul de metileno em agar triptona soja, com posterior identificação ao nível de gênero por IMVIC e fermentação de malonato.

| Cepas | Indol | VM | VP | Citrato | Motilidade | Malonato | Identificação |
|-------|-------|----|----|---------|------------|----------|--------------------------|
| 1 | - | - | + | + | + | + | <i>Enterobacter</i> spp. |
| 2 | - | - | + | + | + | + | <i>Enterobacter</i> spp. |
| 3 | - | - | + | + | + | + | <i>Enterobacter</i> spp. |
| 5 | - | + | - | + | + | + | <i>Citrobacter</i> spp. |