



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA**

LORENA ALVES LEITE

**UTILIZAÇÃO DA *ARTHROSPIRA PLATENSIS* COMO SUPLEMENTO
ALIMENTAR PARA MELHORAR O DESEMPENHO DA TILÁPIA DO NILO
(*OREOCHROMIS NILOTICUS*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA
SALGADA**

FORTALEZA

2016

LORENA ALVES LEITE

UTILIZAÇÃO DA *ARTHROSPIRA PLATENSIS* COMO SUPLEMENTO ALIMENTAR
PARA MELHORAR O DESEMPENHO DA TILÁPIA DO NILO (*OREOCHROMIS
NILOTICUS*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA SALGADA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Bartolomeu Warlene Silva de Souza.

FORTALEZA

2016

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)

- L554u Leite, Lorena Alves.
Utilização da *Arthrospira platensis* como suplemento alimentar para melhorar o desempenho da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de recirculação de água salgada / Lorena Alves Leite. – 2016.
63 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Bartolomeu Warlene Silva de Souza.
1. Aquicultura. 2. Microalga. 3. Recirculação. I. Título.

CDD 639.2

LORENA ALVES LEITE

UTILIZAÇÃO DA *ARTHROSPIRA PLATENSIS* COMO SUPLEMENTO ALIMENTAR
PARA MELHORAR O DESEMPENHO DA TILÁPIA DO NILO (*OREOCHROMIS
NILOTICUS*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA SALGADA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Bartolomeu Warlene Silva de Souza (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alexandre Holanda Sampaio (Interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Aldeney Andrade Soares Filho (Externo)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, José Luís e Antônia Lúcia.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Wladimir Ronald Lobo Farias, pela sua excelente orientação, e por ser esse professor tão generoso que me acolheu em seu laboratório.

Ao Prof. Dr. Bartolomeu Warlene Silva de Souza, por ter aceitado o convite de orientação, ter feito suas contribuições em prol do meu trabalho, e ainda ter cedido o Laboratório de Tecnologia do Pescado – LATEPE para a realização das análises de composição química do pescado.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Alexandre Holanda Sampaio e Prof. Dr. Aldeney de Andrade Soares Filho pelo tempo dedicado e pelas valiosas colaborações e sugestões.

À Coordenação da Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, em nome da coordenadora e Prof.a Dr.a Silvana Saker Sampaio.

A Deus, por me amparar nas horas em que mais precisei, e ter me concedido inúmeras bênçãos.

Aos meus pais, por me darem apoio, amor, e por sempre acreditarem em mim.

A toda minha família, em especial ao meu irmão José Luis Alves Leite, por ter me ajudado em todos os momentos em que precisei.

Ao meu namorado, Luis Átila Bezerra Freitas, por todo amor, carinho, paciência, e por ter me dado forças nos momentos em que quis fraquejar.

À Fabrízia Quaresma, por sua amizade desde a nossa graduação, e por todos os momentos que passamos no laboratório para realização de nossos trabalhos.

Ao Pedro Florêncio, por se mostrar solícito quando precisei de ajuda.

Ao Diego Ribeiro, por suas importantes contribuições para o meu trabalho.

A Daniele Marques, Deborah Amarante, Fernando Luís, Hudson Maia e Igor Gabriel.

Aos meus amigos, Davi Cavalcante, Jéssica Lucinda e Roberto Lima, pelas sugestões para melhorar o meu trabalho.

Ao Daniel Borges, que ajudou bastante na realização da minha dissertação.

Ao José Júnior, que tanto se preocupou e ajudou com o meu trabalho.

Ao Cleiton, servidor do CEBIAQUA, que sempre ajudou quando precisava.

A doutoranda Ana Irene Silva, por sua ajuda na realização das análises de composição química do pescado.

“Sei que meu trabalho é uma gota no oceano,
mas sem ela, o oceano seria menor.” (Madre
Teresa de Calcutá)

RESUMO

A aquicultura utiliza vários recursos naturais, e um deles é a água que deve ser usada de forma racional para que a atividade seja perene e lucrativa. Espécies de peixes eurialinos, como a tilápia do Nilo, em sistemas de água salobra ou marinha, são capazes de fornecer proteína animal em locais onde a água doce é escassa. Para isso, pode-se buscar uma diversificação nas práticas aquícolas, com a introdução de novas espécies ou adaptação de novas culturas para espécies já existentes, a fim de que ocorra a manutenção da sustentabilidade. Uma solução para amenizar tais problemas ecológicos na tilapicultura pode ser o sistema de recirculação, que tem como principal característica a reutilização da água. Além disso, muitas pesquisas vem sendo realizadas utilizando *Arthrospira platensis* como suplemento alimentar nas dietas de vários organismos aquáticos, já que é uma fonte rica em proteínas. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a utilização da *A. platensis* como suplemento alimentar para melhorar o desempenho da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de recirculação de água salgada. Foram montados dois tratamentos com quatro repetições cada, totalizando quatro caixas de polietileno com capacidade de 100 L. Cada cultivo teve duração de 45 dias, tanto para o Controle, como para o Teste, totalizando 90 dias. Para o Controle foi ofertada ração comercial, e para o Teste ração comercial com suplementação de 20% da farinha de *A. platensis*. Foram realizadas análises de qualidade da água, desempenho zootécnico e da composição centesimal do filé de peixe. Os resultados de qualidade da água mostraram que a amônia (NH_3), nitrato (NO_3^-) e fosfato (PO_4^{3-}) permaneceram acima da faixa ideal, com exceção apenas do nitrito (NO_2^-). Esses valores foram mais elevados no tratamento que recebeu a suplementação com *A. platensis*. Em relação ao desempenho zootécnico, a maioria das variáveis não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, com exceção da taxa de crescimento específico e sobrevivência que foram maiores no Controle. Em contrapartida, para a composição centesimal do filé de peixe, o tratamento que recebeu a suplementação com *A. platensis* apresentou um aumento nos níveis de proteínas. Conclui-se que é possível cultivar tilápia do Nilo em água salgada com salinidade de 35 ppt sem que haja alteração no desempenho zootécnico dos peixes, sendo assim, o cultivo dessa espécie torna-se viável em águas salgadas ou até mesmo salobras. Portanto, é considerada uma ótima alternativa para o momento de escassez de água doce que estamos vivendo.

Palavras-chave: Aquicultura. Microalga. Recirculação.

ABSTRACT

Aquaculture uses various natural resources; one of them is water, which should be used rationally so that the activity is perennial and profitable. Euryhaline fish species, such as Nile tilapia, in brackish or marine systems are able to provide animal protein in places where fresh water is scarce. For that, introducing new species or adapting new cultures already existent, you can seek a diversification of aquaculture practices to start a sustainable maintainability. One solution to alleviate these ecological problems in tilapia culture is a recirculation system, which has a primarily characteristic of water reuse. Moreover, many researches have been performed utilizing *Arthrospira platensis* as a food supplement in the diet of many aquatic organisms, since it is a rich source of protein. Thus, the objective of this study was to evaluate the use of *A. platensis* as a food supplement to improve the performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in salt water recirculation systems. Two treatments were developed with four replications each, totalizing four polythene containers with capacity of 100 L. Each culture lasted 45 days, for both controlling and testing, totalizing 90 days. For controlling was offered commercial ratio, and for testing was offered commercial ratio with an increase of 20% of *A. platensis* flour. Analysis of water quality, growth performance and chemical composition of fish fillet were performed. The water quality results presented that ammonia (NH_3), nitrate (NO_3^-) and phosphate (PO_4^{3-}) remained above the ideal range, outside of nitrite (NO_2^-). The treatment that received supplementation of *A. platensis* had larger values. In relation to growth performance, most of the variables did not show statistically significant difference between treatments; except for the specific growth ratio and survival in which were higher in control. On the other hand, for chemical composition of fish fillet, the treatment that received supplementation with *A. platensis* presented an increase of protein levels. Consequently, that it is possible to grow Nile tilapia in salt water with salinity of 35 ppt without change the performance of the fish, thus the cultivation of this species becomes viable in salt water or even brackish. Therefore, it is considered a great alternative to the time of freshwater shortages that we are living.

Keywords: Aquaculture. Microalgae. Recirculation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho esquemático do sistema de cultivo em recirculação <i>indoor</i> marinho	26
Figura 2 – Sistema monocultivo em recirculação de <i>Arthrospira platensis</i>	28
Figura 3 – Tilápia alimentada com ração comercial (A) e alimentada com ração suplementada com <i>Arthrospira platensis</i> (B).....	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Peso médio final de juvenis de tilápia do Nilo cultivados em sistema de recirculação em água salgada	40
Gráfico 2 – Taxa de crescimento específico de juvenis de tilápia do Nilo cultivados em sistema de recirculação em água salgada	42
Gráfico 3 – Fator de conversão alimentar de juvenis de tilápia do Nilo cultivados em sistema de recirculação em água salgada	43
Gráfico 4 – Eficiência alimentar de juvenis de tilápia do Nilo cultivados em sistema de recirculação em água salgada.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição centesimal das rações utilizadas no cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, em sistema de recirculação de água salgada.....	34
Tabela 2 – Variáveis de qualidade da água no cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, em sistema de recirculação de água salgada.....	36
Tabela 3 – Desempenho zootécnico no cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, em sistema de recirculação de água salgada.....	46
Tabela 4 – Composição centesimal do filé de juvenis de tilápia do Nilo, em sistema de recirculação de água salgada.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

cm	Centímetros
FCA	Fator de Conversão Alimentar
g	Gramas
L	Litros
mL	Mililitro
PB	Proteína Bruta
ppt	partes por trilhão
TCE	Taxa de Crescimento Específico
UV	Ultravioleta

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
\geq	Maior ou igual
\leq	Menor ou igual
\pm	Mais ou Menos
®	Marca registrada
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Aquicultura	17
2.2	Tilapicultura	18
2.3	Escassez de água doce	20
2.4	Sistema de recirculação	21
2.5	<i>Arthrospira platensis</i>	22
2.6	Composição centesimal do filé de pescado	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Aquisição dos alevinos e aclimatação	25
3.2	Sistema de cultivo	25
3.3	Delineamento experimental e manejo de cultivo	27
3.4	Obtenção da farinha de <i>Arthrospira platensis</i>	27
3.5	Preparo das rações	28
3.6	Variáveis experimentais e procedimentos analíticos	28
3.6.1	Qualidade da água	28
3.6.2	Desempenho zootécnico	29
3.6.3	Análise centesimal do filé e da ração	31
3.6.3.1	Umidade	31
3.6.3.2	Lipídios	32
3.6.3.3	Proteína bruta	32
3.6.3.4	Cinzas	33
3.7	Análise estatística	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	Composição centesimal das rações	34
4.2	Qualidade da água	36
4.3	Desempenho zootécnico	39
4.4	Composição centesimal dos filés	48
5	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Em 2014, o valor total da produção da aquicultura brasileira foi de R\$ 3,87 bilhões, sendo a maior parte oriunda da criação de peixes (70,2%). A produção total da piscicultura brasileira foi de 474,33 mil toneladas, com um aumento de 20,9% em relação à produção do ano anterior. A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) foi a espécie que teve maior destaque no Brasil, com uma produção de 198,49 mil toneladas despescadas. Na região Nordeste, o município de Jaguaribara (CE) continuou como líder na produção de tilápias com uma despesa de 16,92 mil toneladas (BRASIL, 2014).

O. niloticus possui rusticidade, crescimento rápido, fácil reprodução em cativeiro e boa aceitação de carne pelo mercado consumidor. Dentre todas essas características, a tilápia ainda é capaz de se adaptar a altas salinidades, tolerando variações na faixa de 0 – 35 ppt, sendo assim considerada um peixe eurialino (BASUKI; REJEKI, 2015; KUBTIZA, 2005; SÁ, 2012).

Segundo Lopera Barrero *et al.* (2006), a tilápia em água marinha possui um grande potencial para incrementar a produção, contudo, se faz necessário estudos mais detalhados utilizando metodologias adequadas para que não haja contaminação alimentar e biológica.

A aquicultura utiliza vários recursos naturais, e um deles é a água, que deve ser usada de forma racional para que a atividade seja perene e lucrativa (VALENTI, 2002). Espécies de peixes eurialinos em sistemas de água salobra ou marinha são capazes de fornecer proteína animal em locais onde a água doce é escassa (FRIDMAN; BRON; HANA, 2012a).

Algumas pesquisas mostram que está ocorrendo uma diminuição da água doce disponível, devido ao rápido aumento das atividades urbana, industrial, e agrícola, além do impacto das mudanças climáticas. Assim, necessita-se de um gerenciamento racional desse recurso. Para tanto, pode-se buscar uma diversificação nas práticas aquícolas, com a introdução de novas espécies ou adaptação de novas culturas para espécies já existentes, a fim de que ocorra a manutenção da sustentabilidade. Uma solução para amenizar tais problemas ecológicos na tilapicultura pode ser o sistema de recirculação (FRIDMAN; BRON; HANA, 2012b; MARTINS; EDING; VERRETH, 2011).

O sistema de recirculação em aquicultura é fechado e tem como principal característica a reutilização da água. É considerado uma tecnologia viável para o cultivo de peixes em altas densidades, pois exige menor volume de água, além de proporcionar um maior controle ambiental e altas taxas de produção quando comparado a outros sistemas de

cultivo (AL-HAFEDH; ALAM; ALAM, 2003; SÁNCHEZ; MATSUMOTO, 2012).

Em sistemas de recirculação, os peixes são criados em um cenário onde a temperatura permanece constante em comparação com outros ambientes, os parâmetros físico e químicos da água são monitorados para que haja uma boa qualidade da água, e assim ocorra uma minimização de risco por contaminação externa, além de garantir a saúde dos peixes (BOWSER *et al.*, 2003; LAI *et al.*, 2016).

Os estudos sobre sistemas de recirculação se intensificaram na década de 80 no Japão, Estados Unidos, Israel e em diversos países europeus. No Brasil, esses estudos ainda são muito recentes. Diante disso, mais pesquisas devem ser realizadas, com o intuito de que esta inovação possibilite um menor custo e maior eficiência, fazendo com que haja uma produção de pescado a preço compatível com outros sistemas de criação (KUBTIZA, 2006).

O cultivo de microalgas tem se destacado como uma ferramenta de pesquisa moderna, em que se interessa por diversos campos como taxonomia, morfologia, fisiologia, bioquímica, engenharia genética, produção de alimentos, agricultura, eliminação de resíduos e medicina (BECKER, 1994). Dentre as microalgas cultivadas, destaca-se a possibilidade da utilização de *Arthrospira platensis* como suplementação no cultivo de peixes (GOMES *et al.*, 2012; MOREIRA; MARTINS; FARIAS, 2011).

As microalgas são encontradas em todo o mundo. São distribuídas principalmente nas águas, mas também são encontradas na superfície de todos os solos. Embora sejam de vida livre, algumas microalgas vivem em associação simbiótica com uma variedade de outros organismos (RICHMOND, 2004). São micro-organismos fotossintéticos com requerimentos nutricionais simples (ANDRADE; COSTA, 2008).

A *A. platensis* é uma cianobactéria pertencente a classe Cyanophyceae e a família Microcoleaceae (ALGAEBASE, 2016). É uma microalga verde azulada de forma helicoidal, com grande potencial para aquicultura (GONÇALVES, 2009; MOREIRA, 2010). O interesse por essa microalga vem crescendo devido ao seu alto valor nutricional. É rica em proteínas (60-70%), vitaminas, minerais, carotenóides, aminoácidos essenciais e ácidos graxos essenciais (principalmente o gama-linolênico). O produto que advém da *Arthrospira* é vendido como suplemento alimentar em várias lojas de alimentos saudáveis em todo o mundo (BELAY *et al.*, 1993; RICHMOND, 2004). É reconhecida mundialmente por ser usada como fonte de alimento humano, como alimento nutracêutico, e ainda pode servir como alimento na aquicultura, neste caso, como biomassa para alimentação animal (BEZERRA, 2006; COLLA *et al.*, 2007; PARISI *et al.*, 2009). A espécie é considerada um micro-organismo promissor para a aquicultura, e muitas pesquisas vem sendo realizadas utilizando a mesma como

suplemento alimentar nas dietas de vários organismos aquáticos (GADELHA, 2013).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a utilização da *Arthrospira platensis* como suplemento alimentar para melhorar o desempenho da tilápia do Nilo em sistema de recirculação de água salgada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aquicultura

A aquicultura é considerada uma prática tradicional antiga, encontrada em várias culturas pelo mundo. Há registros históricos evidenciando a técnica em documentos e manuscritos chineses de séculos passados, e até mesmo em hieróglifos egípcios. Por definição, a aquicultura é considerada uma atividade multidisciplinar, referente ao cultivo de diversos organismos aquáticos, como plantas aquáticas, moluscos, crustáceos e peixes, cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático (BRASIL, 2009; OLIVEIRA, 2009).

Em 2012, alcançou um novo recorde de produção, e agora fornece quase metade do pescado para consumo humano. Estudos apontam que o setor pode alcançar um aumento de até 62% em 2030. Se a atividade for desenvolvida e praticada responsavelmente, a aquicultura pode gerar benefícios duradouros para a segurança alimentar mundial e para o crescimento econômico (FAO, 2014). A aquicultura é a atividade agropecuária que mais cresce no Brasil, produzindo importantes fontes de proteína para consumo humano. Dentre os setores que fazem parte da aquicultura, um dos que mais se destacam é a piscicultura (TAVARES-DIAS; MARIANO, 2015).

A atividade aquícola é a maior responsável por atender a crescente demanda de pescado em nível mundial, e isso tende a continuar nas próximas décadas, pois há um grande mercado para suprir. Como a pesca não será suficiente para atender essa demanda, a aquicultura ofertará esse pescado (BRASIL, 2015).

Os profissionais que representam o setor de produção de insumos já olham para a aquicultura como uma atividade de grande interesse econômico, procurando meios para atender esse mercado. A mesma precisa ser conhecida pelos consumidores, pela sociedade e pelo mercado; se fazer respeitar frente às demais cadeias produtivas; ser reconhecida como fornecedora de alimentos de alta qualidade e geradora de renda para milhares de pessoas, além de parceira da segurança alimentar nacional (OSTRENSKY; BORGHETTI; SOTO, 2008).

A prática da aquicultura encontra-se diante do desafio de adaptar-se ao conceito de sustentabilidade para agregar novas dimensões à racionalidade que move a produção de conhecimentos e as práticas do setor. Alguns autores definem o conceito de aquicultura sustentável de maneira consensual, havendo a necessidade de compatibilizar o

desenvolvimento com a sustentabilidade, englobando as dimensões sociais, econômicas e ambientais (ASSAD; BURSZTYN, 2000; ELER, MILLANI, 2007).

A aquicultura sustentável pode ser definida como a produção lucrativa de organismos aquáticos, devendo manter uma interação harmônica duradoura com os ecossistemas e comunidades locais. Deve ainda ser produtiva, lucrativa, usar os recursos naturais de forma racional para não degradar o meio ambiente, e gerar empregos para a comunidade local a fim de elevar a qualidade de vida (VALENTI, 2002).

Já o conceito de aquicultura responsável seria a produção de organismos aquáticos de acordo com códigos de ética estabelecidos por instituições sociais, tais como sociedades de produtores, órgãos de governo, associações de consumidores ou outros da sociedade civil. Geralmente a aquicultura responsável é próxima da sustentável, mas o fato de se usar boas práticas não significa que o sistema é sustentável (VALENTI, 2008).

A oferta e consumo de pescado no Brasil têm crescido graças à expansão da aquicultura e aumento nas importações. O país é conhecido por apresentar um grande potencial para aquicultura, graças ao forte mercado, indústria de rações estabelecida, e amplo território, em que grande parte está sob um clima tropical (KUBTIZA, 2015). Por fim, registra-se que a aquicultura no Brasil, em especial a criação de tilápias, é uma atividade do agronegócio com pacote tecnológico de produção estabelecido (SUSSEL, 2013).

2.2 Tilapicultura

O cultivo de tilápias, incluindo a tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e outras espécies de ciclídeos é o mais difundido na aquicultura mundial (FAO, 2014). Há um grande potencial natural para o uso de espécies nativas na aquicultura nacional, as quais poderão ser utilizadas comercialmente para atender os mais variados mercados (OSTRENSKY; BORGHETTI; SOTO, 2008).

O Brasil é considerado um dos países de maior potencial para aquicultura, sendo a tilápia a espécie mais cultivada (KUBTIZA, 2015). Na região Nordeste, o cultivo de tilápia cresceu de uma forma acelerada, fazendo da região a maior produtora do país. O Estado que concentra a maior produção de tilápias do país é o Ceará (IBGE, 2014; SUSSEL, 2013).

Considerando este enorme potencial que o país dispõe, se torna viável a busca por alternativas que visam aproveitar os espaços ociosos por meio do desenvolvimento de novas técnicas direcionadas para o cultivo de tilápias, uma alternativa é o cultivo em água salgada (SOUSA *et al.*, 2010).

Nativas da África, Israel e Jordânia, as tilápias apresentam carne branca de alta qualidade, ótima aceitação no mercado, qualidades nutritivas e organolépticas do seu filé, se adaptam aos mais diversos sistemas de cultivo, podendo ser cultivadas em águas com salinidades elevadas e temperaturas baixas. Apresentam hábitos alimentares que vão do herbívoro ao detritívoro (MEURER; HAYASHI; BOSCOLO, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2007).

A tilápia do Nilo, que é a mais cultivada, apresenta hábito fitoplanctófago. Possui dentes rudimentares nos lábios, intestino longo, e respiração do tipo branquial. Sua reprodução é do tipo parcelada, e a maturidade sexual está relacionada com o clima da região, condições de espaço, manejo e alimentação. A mesma apresenta dimorfismo sexual (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Muitas espécies e linhagens de tilápias são capazes de tolerar uma ampla faixa de salinidade, portanto, podem ser cultivadas tanto em água doce, salobra ou salgada (EL-SAYED, 2006). As tilápias cultivadas em águas salobras e salgadas não apresentam problemas com *off-flavor* e sua carne geralmente se assemelha em sabor à carne de peixes marinhos. A textura da carne é superior a observada em tilápias cultivadas em água doce. Alguns estudos sugerem que a *O. niloticus* pode ser aclimatada em salinidade de 30 ppt ou mais (KUBTIZA, 2005).

A tilápia do Nilo pode ser aclimatada à água salgada, e tem seu crescimento maximizado em salinidade de 10 ppt. Fazendo uma adaptação gradual, com um aumento de salinidade na ordem de 5 ppt, resulta em uma melhor sobrevivência dos peixes após a transferência para água marinha, ao invés de ser transferida diretamente. A tolerância à salinidade aumenta a medida que o peixe vai crescendo (KUBTIZA, 2000a).

Segundo Fontainhas-Fernandes *et al.* (2002), a taxa de crescimento da tilápia do Nilo é mais elevada em água doce e em salinidade 10 ppt quando comparada com salinidade 20 ppt, e ainda no processo de aclimatação suplementada com sal, houve um efeito positivo no crescimento do peixe em água salobra. Outros autores afirmam que o ideal para o cultivo da tilápia seria que a água apresentasse uma salinidade de até 15 ppt, no entanto, podem tolerar até 25 ppt, porém com redução de desempenho, pois em salinidades elevadas há um gasto energético maior (CARRIÇO; NAKANISHI; CHAMMAS, 2008).

No cultivo da tilápia vermelha em água do mar, o ganho em peso da espécie é praticamente igual ao da cultivada em água doce, bem como a relação peso x comprimento (SANTOS *et al.*, 2000). A tilápia vermelha pode ser aclimatada e sobreviver na água do mar, mas apresenta maior crescimento entre 6 e 14 ppt de salinidade (JUNIOR *et al.*, 2010).

2.3 Escassez de água doce

A água é um bem essencial à vida. É considerada um recurso natural escasso e cuja disponibilidade tem sido crescentemente limitada, principalmente nas regiões áridas e semiáridas (GHEYI *et al.*, 2012). Este recurso é considerado um dos elementos principais da natureza, pois é de suma importância para os seres vivos, mas a sociedade humana gerou uma relação negativa com este elemento natural, resultando aos poucos na degradação do mesmo (MENDONÇA; LEITÃO, 2008).

Sabe-se que a problemática da escassez de água no planeta não está relacionada com a quantidade de água existente, mas, sim, com a desigualdade que este recurso é distribuído nas diversas regiões e com a sua qualidade. Este fato se torna ainda mais grave quando se é admitida a crescente degradação dos recursos hídricos (SANTOS *et al.*, 2011).

O Brasil é um dos países mais ricos em água doce do planeta, mas a distribuição é feita de forma desigual entre regiões, estados, cidades, e até mesmo entre municípios. O reuso da água deve ser considerado como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso eficiente da água, o qual engloba o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água. Portanto, se torna imprescindível o uso racional e adequado da água (CARDOSO; FILHO, 2014; CUNHA *et al.*, 2011).

O cultivo racional de organismos aquáticos, zootecnicamente conhecida como aquicultura, apresenta-se como atividade economicamente emergente na competição pelo recurso água (ELER; MILLANI, 2007), pois está cada vez mais valorizado e escasso (SILVA, 2012). Usa-se quantidades consideráveis de água com a liberação de efluentes. Sendo assim, surge a necessidade de haver alternativas que busquem utilizar o mínimo de água possível e liberar pouco ou nenhum efluente (MESQUITA, 2010).

O Brasil possui um enorme potencial, sendo assim se torna viável o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para a produção de tilápias em água salgada (SOUSA *et al.*, 2010). Como a maioria das águas subterrâneas do semiárido nordestino são salinizadas, o surgimento de novas tecnologias utilizando água salobra ou salgada seria essencial para reduzir a demanda por água doce, seja para a irrigação ou para o próprio abastecimento humano e animal. A utilização de águas salobras durante o período de cultivo de tilápia do Nilo poderia reduzir a concorrência por água doce, havendo assim uma otimização desse recurso (MOREIRA *et al.*, 2011).

Sendo assim, deverá haver uma melhoria na eficiência do uso da água por todas as atividades que usufruem deste recurso, dentre elas, a aquicultura. Fazendo isso, um uso mais

eficiente da água passa tanto pela redução nas suas demandas, quanto pela manutenção da água em condições que sejam propícias para a espécie cultivada, como também no monitoramento, controle e reaproveitamento dos efluentes gerados (OLIVEIRA; SANTOS, 2015).

Nas regiões semi-áridas a situação é mais precária, o que torna imprescindível o uso da água adequado e aumentar a oferta de alimento. Portanto, deve-se optar por modelos que possam reduzir o uso de água novas, como ocorre nos sistemas fechados que adotam a recirculação de água (OLIVEIRA; SANTOS, 2015).

2.4 Sistema de recirculação

Sistemas de recirculação de água são bem estabelecidos na aquicultura. São sistemas fechados capazes de realizar processos mecânicos, químicos e biológicos essenciais para assegurar a saúde e sobrevivência de numerosos produtos comerciais na aquicultura comercial. A maioria desses sistemas são projetados para maximizar a produção de um organismo alvo, com espaço e custos mínimos (WATSON; HILL, 2006).

É uma tecnologia que apresenta algumas vantagens como: controle da qualidade da água, eliminação de matéria orgânica, redução da proliferação de algas e fungos que podem conferir sabor desagradável ao pescado (SILVA, 2012). Trata-se de um sistema mais eficiente devido a diminuição ou ausência de nenhuma liberação de efluentes, tornando-se economicamente viável e ecologicamente correto (CORSO, 2010). Torna-se ideal para montagem de sistemas simples, baratos e eficientes que podem ser utilizados em laboratórios científicos ou por pequenos produtores (VALENTI; MALLASEN; BARROS, 2009).

São compostos por tanques para cultivo de peixes, sistemas de bombeamento e filtração. Exigem ainda estruturas de captação de água, armazenamento, tratamento e descarte. O sucesso deste tipo de sistema depende do mecanismo de filtragem, já que atua no tratamento da água, e do fluxo de água e oxigenação, que devem se manter constantes para que haja a produção intensiva de peixes. Este sistema possibilita o emprego de elevadas densidades de estocagem quando comparados aos sistemas tradicionais de cultivo, em razão de um maior controle dos fatores limitantes, como temperatura, oxigênio e amônia (AZEVEDO *et al.*, 2014).

Ao reutilizar a água, o oxigênio muitas vezes se torna um parâmetro de qualidade da água limitante, mas as concentrações desse gás podem ser facilmente restaradas por meio da aeração e oxigenação. Além disso, as concentrações de metabólitos, como nitrogênio

amoniaco total (TAN = $\text{NH}_3\text{-N}$ + $\text{NH}_4\text{-N}$), matéria orgânica e dióxido de carbono também precisam ser controlados. Como a amônia ($\text{NH}_3\text{-N}$) é tóxica em níveis muito baixos, a eliminação desse gás é o principal objetivo de um sistema de recirculação (EDING *et al.*, 2006).

Para que a expansão da aquicultura se dê em bases ambientalmente sustentáveis, o desenvolvimento de sistemas mais eficientes do ponto de vista de água e menor impacto ambiental deve ser alvo de pesquisas, portanto, a implementação de sistemas de recirculação é uma possibilidade para atender, pelo menos em partes, a esses objetivos (SILVA, 2012).

Segundo Brito e Silva (2014), um cultivo de tilápia do Nilo com recirculação de água pode apresentar uma taxa de sobrevivência de 82%, no qual o sucesso do sistema passa pelo emprego de tecnologia moderna, uso racional da água e a sustentabilidade econômica.

2.5 *Arthrospira platensis*

As microalgas são organismos unicelulares microscópicos. Podem ser usadas para produzir uma grande variedade de metabólitos, tais como proteínas, lipídios, carboidratos, carotenóides, vitaminas, alimentos, aditivos, cosméticos etc. Atualmente, existem inúmeras aplicações comerciais de microalgas, podendo ser utilizadas para aumentar o valor nutricional de produtos alimentares e rações para animais devido a sua composição química, função esta de suma importância na aquicultura (PRIYADARSHANI; RATH, 2012).

Arthrospira é um gênero recente, que difere do gênero *Spirulina*, e os mesmos atualmente são compostos por cerca de quinze espécies. Portanto, a espécie *Spirulina platensis* hoje é considerada como *Arthrospira platensis* (EL-SHEEKH *et al.*, 2014; ALGAEBASE, 2016). Tornou-se conhecida devido a sua grande concentração de nutrientes. Possui aproximadamente 60% de proteína digestível, contendo todos os aminoácidos essenciais. É rica em vitaminas do complexo B, minerais, clorofila, enzimas, carotenóides e ficocianina (CAPELLI; CYSEWSKI, 2010).

Quando se usa alimentos alternativos em rações para peixes, deve se levar em consideração o desempenho zootécnico e características da composição corporal para avaliação do produto final. Além disso, quando há uma associação entre o uso de alimentos alternativos e o cultivo em águas salobras, o produto gerado é vantajoso economicamente, pois resulta na redução dos custos com alimentação (JESUS *et al.*, 2011).

Foi realizada uma pesquisa com o camarão *Litopenaeus vannamei* para testar a capacidade imunostimulante da *A. platensis* por meio da suplementação alimentar. Os

resultados mostraram que os polissacarídeos sulfatados desta microalga aumentaram as condições de imunocompetência dos animais, avaliadas por meio de diferentes parâmetros hemato-imunológicos (RODRIGUES, 2012). Em outra pesquisa foi testado o poder imunostimulante que a *A. platensis* poderia exercer sobre a tilápia do Nilo. Os organismos foram alimentados com a microalga, e com base nos resultados obtidos sugeriram que a *A. platensis* tem efeitos imunostimulantes sobre o sistema imunológico da tilápia do Nilo (RAPAG; KHALIL; MUTAWIE, 2012).

A *A. platensis* é considerada um tipo de alimento promissor para sustentar a produção animal (HOLMAN; MALAU-ADULI, 2012). Pós-larvas de tilápia do Nilo quando cultivadas em água salina durante o período de reversão sexual, apresentam melhor desenvolvimento e taxa de sobrevivência na presença de ração e *A. platensis*, em relação àquelas alimentadas apenas com ração (MOREIRA; MARTINS; FARIAS, 2011).

Em um cultivo de alevinos de tilápia do Nilo mantidos em um sistema de recirculação de água com *A. platensis* é possível manter os teores de amônia, nitrito e nitrato em níveis aceitáveis para o crescimento dos peixes através da assimilação desses compostos pela microalga, viabilizando a integralização dessas culturas (COELHO *et al.*, 2014).

Segundo Gomes *et al.* (2012), a suplementação alimentar com *A. platensis* no cultivo de tilápia vermelha resulta em maiores taxas de ganho em peso, crescimento e sobrevivência, além disso, os peixes podem obter uma coloração mais expressiva, fato este de grande importância para o mercado consumidor.

Em dietas de tilápia vermelha híbrida, pode-se substituir a farinha de peixe por até 20% de *A. platensis*, sem que haja efeito adverso sobre o crescimento dos peixes e composição centesimal das carcaças. Sendo assim, com o uso da *A. platensis* pode-se reduzir a quantidade de farinha de peixe, na maioria dos cultivos piscícolas (UNGSETHAPHAND *et al.*, 2010).

A *A. platensis* e seus componentes possuem uma diversidade de atividades nutricionais e terapêuticas que fazem dela, além de um excelente suplemento alimentar, uma fonte potencial na prevenção e no tratamento de várias enfermidades (AMBROSI *et al.*, 2008). Esta microalga possui um grande potencial de crescimento para a produção de novas tecnologias, devido à aplicabilidade econômica (taxa de crescimento rápido), ecológica (cultivo simples sem degradação do meio ambiente) e nutricional (devido às substâncias que são sintetizadas pela mesma) (MENDONÇA; DRUZIAN; NUNES, 2012).

Atuando como fonte exclusiva de proteína, a *A. platensis* também é capaz de substituir a fonte proteica padrão (caseína) na dieta para roedores, mostrando-se eficaz no

desenvolvimento corporal e lipídico dos animais (CHIATTONI *et al.*, 2015). É uma microalga que possui elevado potencial para a produção intracelular de compostos com atividade antimicrobiana (PARISI *et al.*, 2009). Também é útil no tratamento de efluentes na aquicultura, com remoção de amônia e nitrato da água de cultivo, além de ter aplicabilidade da biomassa como fertilizante agrícola (WUANG *et al.*, 2016).

A *A. platensis* também é um potencial aditivo em alimentos para induzir a pigmentação da truta, como fonte natural eficaz de carotenóides que auxilia na pigmentação do filé de peixe. Nesse caso, a substituição da farinha de peixe pela *A. platensis* em pó não prejudicaria o desempenho dos peixes (TEIMOURE; AMIRKOLAIE; YEGANEH, 2013).

2.6 Composição centesimal do filé de pescado

O pescado é definido como todos os organismos aquáticos (animal e vegetal) de origem fluvial, marinha ou estuarina, destinados à alimentação humana, como os peixes, moluscos, crustáceos, anfíbios, quelônios, mamíferos, algas, dentre outros (GONÇALVES, 2011).

Nos últimos anos o interesse pelo pescado cresceu bastante, devido às suas características nutricionais, e pelo fato da carne apresentar alta digestibilidade, já que possui fibras musculares curtas e com menor tecido conectivo. O conhecimento da composição corporal dos peixes se faz necessário para que haja um aumento de sua aceitação como um alimento alternativo e que possa competir com outras fontes proteicas largamente utilizadas, como as carnes bovina, suína e de aves (BRITTO *et al.*, 2014).

A composição química da carne do pescado depende de fatores bióticos e abióticos relacionados com a espécie e o cultivo, pois influenciam nas características físicas e organolépticas, e ainda no tempo de prateleira do peixe e seus derivados (BURKERT *et al.*, 2008).

A determinação da composição química da carne do pescado é extremamente variável. O principal componente é a água, cuja proporção, na parte comestível, pode variar de 64 a 90%, seguido pelas proteínas, de 8 a 23%, e pela gordura, de 0,5 a 25%. Dentre os menores constituintes do pescado, encontram-se os sais minerais, cujo teor varia de 1,0 a 2,0%, os carboidratos, que no caso dos peixes não chegam a representar 1,0% da sua composição (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no segundo semestre do ano de 2015 no laboratório marinho (sistema *indoor*) do Centro de Biotecnologia Aplicada à Aquicultura (CEBIAQUA), do Departamento de Engenharia de Pesca (DEP) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

3.1 Aquisição dos alevinos e aclimação

Os alevinos revertidos de tilápia do Nilo foram obtidos da Estação de Aquicultura da Universidade Federal do Ceará. Os peixes com peso médio entre $1,0 \pm 0,02$ g foram colocados em quatro aquários (25 peixes/aquário) para realização da aclimação. Tal processo durou seis dias, período em que os animais foram alimentados três vezes ao dia, às 8; 11 e 14 horas, com ração comercial em pó contendo 40% de proteína bruta (PB).

Inicialmente, a água que foi colocada nos aquários foi desclorada e isenta de sal. Posteriormente, ajustou-se a salinidade com água do mar elevando-se 5 ppt ao dia até chegar no valor de 30 ppt. Em seguida, os peixes foram transferidos para o sistema de recirculação, no qual a água tinha salinidade no valor de 35 ppt (valor esse correspondente a salinidade média da água do mar). Foi realizado o mesmo procedimento para o Controle e para o Teste, uma vez que foram realizados em períodos diferentes.

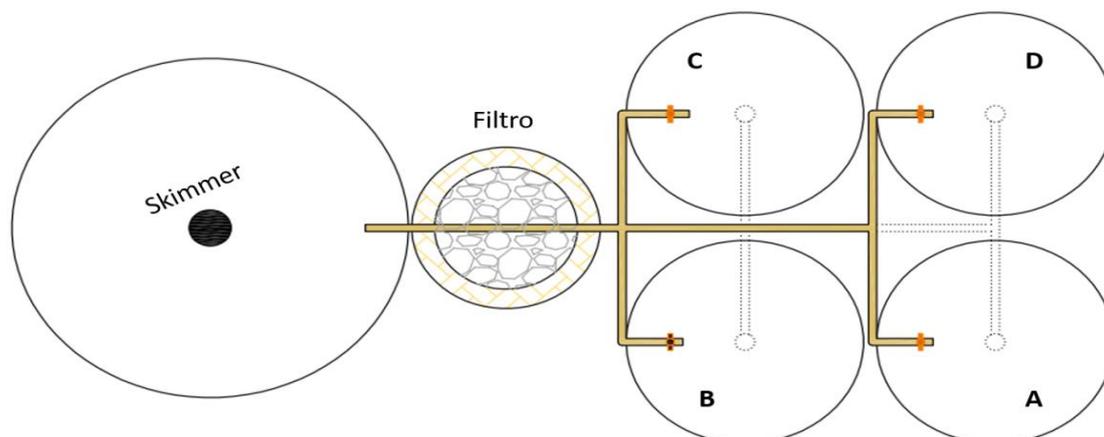
3.2 Sistema de cultivo

A água do mar que abasteceu o sistema durante todo o cultivo foi proveniente da praia da Abreulândia (COFECO), localizada no extremo Sul de Fortaleza - Ceará. A água foi transportada por meio de transfich e foi armazenada em um tanque de fibra de 2500 L.

O sistema de cultivo em recirculação *indoor* marinho foi composto por quatro caixas de polietileno com capacidade de 100 L, um filtro biológico (60 L), e uma caixa de polietileno com capacidade de 500 L. As quatro caixas tinham abastecimento controlado de água cuja vazão variava de 80 a 100 L h⁻¹. A caixa de abastecimento do sistema foi instalada juntamente com um *skimmer* cujo diâmetro foi de 13 cm. A água que chegava nas caixas menores por gravidade, passava anteriormente por um filtro com luz ultravioleta (UV Sterilizer JEBO® H13 13W). Os efluentes das caixas menores foram drenados por gravidade para o chamado filtro biológico, no qual se encontrava uma bomba submersa (DANCOR®),

cuja vazão foi de 2500 L h^{-1} para forçar a água a circular no sistema.

Figura 1 – Desenho esquemático do sistema de cultivo em recirculação *indoor* marinho.



Legenda: A , B, C e D - Caixas de cultivo

Fonte: Autor

O filtro biológico foi construído em um tambor cilíndrico de polietileno com capacidade de 60 L e foi dividido em seis camadas, como descrito abaixo:

- Primeira camada: composta por uma tela de lã grossa, cujo objetivo foi reter partículas orgânicas maiores das sifonagens que foram realizadas diariamente;
- Segunda camada: constituída por material esponjoso;
- Terceira camada: continha tampas de garrafa PET;
- Quarta camada: composta por conchas de ostras;
- Quinta camada: continha tijolo e telha;
- Sexta camada: possuía rochas porosas de formação calcária.

Todas essas camadas que constituíam o chamado filtro biológico foram necessárias para facilitar o crescimento de micro-organismos decompositores de matéria orgânica e para uma maior redução dos compostos nitrogenados.

O filtro ultravioleta (UV) foi usado para eliminar o crescimento de organismos indesejáveis, como algas, bactérias, vírus, entre outros, fazendo com que a água do sistema permanecesse limpa e livre de qualquer impureza.

O *skimmer* foi instalado no centro da caixa de polietileno de 500 L, cuja principal função foi reter resíduos orgânicos indesejados, como restos de ração, retirando-os da água antes de sofrerem mineralização e iniciarem o processo nitrificante.

3.3 Delineamento experimental e manejo de cultivo

Os peixes foram estocados em quatro caixas circulares de polietileno de 100 L em densidades iguais: 10 peixes tanques⁻¹. Não houve troca de água durante o cultivo, apenas reposição para manter o nível do filtro biológico, já que ocorria evaporação, e também para manutenção da salinidade da água em 35 ppt. Houve fornecimento de aeração constante nas caixas.

O experimento teve um grupo Controle e um grupo Teste, cada qual com quatro repetições. Os indivíduos do Controle receberam ração comercial contendo 32% de PB, enquanto os do Teste receberam ração comercial 28% de PB suplementada com 20% da biomassa seca de farinha de *A. platensis*. Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia nos horários de 10:00h e 14:00h, com uma taxa de 20% de peso vivo dia⁻¹.

A cada 11 dias foi realizada biometria para acompanhar o peso e crescimento dos peixes com o auxílio de balança digital e paquímetro. Cada cultivo teve duração de 45 dias, tanto para o Controle como para o Teste, totalizando 90 dias.

Diariamente foi realizada a sifonagem das quatro caixas de cultivo usando uma mangueira. A água contendo matéria orgânica era despejada em um balde com volume útil de 11 L, a qual foi filtrada em uma malha de 60 µm, para que a matéria orgânica ficasse retida na malha, e a água fosse tratada e reaproveitada pelo sistema.

A caixa de 500 L que abastecia o sistema também era sifonada, a fim de evitar acúmulo de matéria orgânica, e melhorar a eficácia do sistema de cultivo. O *skimmer* foi lavado duas vezes ao dia, para que houvesse a manutenção de uma água limpa e cristalina, livre de matéria orgânica. Para manutenção do nível da água no sistema por conta da evaporação, diariamente foi reposta uma determinada quantidade de água doce no filtro biológico, e posteriormente realizada a leitura da salinidade com a sonda HANNA® (HI9828) para que o valor permanecesse em 35 ppt.

3.4 Obtenção da farinha de *Arthrospira platensis*

A farinha de *A. platensis* foi adquirida de um sistema monocultivo em recirculação *outdoor* com salinidade de 6 ppt (Figura 2), localizado na Estação de Aquicultura Professor Raimundo Saraiva da Costa, pertencente ao Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará.

Para obtenção da biomassa foi realizado o processo de filtração em uma tela de

60 μm , lavagem com água corrente para retirada do sal, e posterior secagem em estufa a 60 °C. Após a secagem, o conteúdo foi triturado em um liquidificador industrial até virar pó, para que o processo de preparo das rações pudesse ser efetuado.

Figura 2 – Sistema monocultivo em recirculação de *Arthrospira platensis*.



Fonte: Autor

3.5 Preparo das rações

A ração comercial foi triturada em um liquidificador industrial até virar pó. Em seguida, foi misturada à farinha de *A. platensis* juntamente com gelatina incolor e sem sabor (5%), que serviu como aglutinante, diluída em 500 mL de água morna, e adicionada aos ingredientes secos. Posteriormente, os ingredientes secos e o aglutinante foram misturados aos poucos para que houvesse a homogeneização e formação de uma pasta.

A pasta foi colocada em um espremedor para formação dos *pelletes*, os quais foram colocados em bandejas na estufa a 60 °C durante 36 horas. Depois de secos, os *pelletes* foram armazenados em um recipiente plástico e acondicionados no freezer a -20 °C. Para a ração Controle com 32% de PB realizou-se o mesmo procedimento sem adição da farinha de *Arthrospira platensis*.

3.6 Variáveis experimentais e procedimentos analíticos

3.6.1 Qualidade da água

As variáveis de qualidade da água foram medidas semanalmente. O oxigênio

dissolvido (mg L^{-1}) foi medido com o auxílio de uma sonda do tipo HANNA® (HI9146), já a temperatura e salinidade foram medidas com o auxílio de uma sonda do tipo HANNA® (HI9828). O pH foi medido com um pHmetro de bancada. Os compostos nitrogenados (amônia - NH_3 , nitrito - NO_2^- , nitrato - NO_3^-), bem como o fósforo reativo (PO_4^{3-}) foram medidos por meio de um espectrofotômetro modelo DR 2700 (HACH), de acordo com a metodologia do fabricante e instruções contidas no manual do aparelho.

3.6.2 Desempenho zootécnico

Por meio das biometrias foram obtidos valores de peso e comprimento dos peixes cultivados que possibilitam os cálculos dos índices de desempenho zootécnico a seguir:

$$\text{GP} = \text{Pmf} - \text{Pmi} \quad (1)$$

Sendo:

GP = ganho em peso (g);

Pmf = peso médio final (g);

Pmi = peso médio inicial (g).

$$\text{GPD} = \frac{\text{Gp}}{\text{T}} \quad (2)$$

Sendo:

GPD = ganho em peso médio diário (g dia^{-1});

GP = ganho em peso (g);

T = tempo de cultivo (dias).

$$\text{CM} = \text{Cmf} - \text{Cmi} \quad (3)$$

Sendo:

CM = crescimento médio (cm);

Cmf = crescimento médio final (cm);

Cmi = crescimento médio inicial (cm).

$$\text{CMD} = \frac{\text{CM}}{T} \quad (4)$$

Sendo:

CMD = crescimento médio diário (cm dia⁻¹);

CM = crescimento médio (cm);

T = tempo de cultivo (dias).

$$S = \text{Nf} \times \frac{100}{\text{Ni}} \quad (5)$$

Sendo:

S = taxa de sobrevivência (%);

Nf = número final de peixes;

Ni = número inicial de peixes.

$$\text{TCE} = \frac{\text{Ln Pf} - \text{Ln Pi}}{T} \times 100 \quad (6)$$

Sendo:

TCE = taxa de crescimento específico (%);

Ln = logaritmo neperiano e;

Pf = peso médio final;

Pi = peso médio inicial;

T = tempo de cultivo (dias).

$$\text{FCA} = \frac{\text{QR}}{\text{GB}} \quad (7)$$

Sendo:

FCA = fator de conversão alimentar (g de ração g de peixe⁻¹);

QR = quantidade de ração consumida (g);

GB = ganho de biomassa (g).

$$\text{EA} = \text{GP} \times \frac{100}{\text{QR}} \quad (8)$$

Sendo:

EA = eficiência alimentar (%);

GP = ganho em peso (g);

QR = quantidade de ração consumida (g).

$$P = \frac{Bf}{Vt} \quad (9)$$

Sendo:

P = produtividade (kg/m³);

Bf = biomassa final no tanque (kg);

Vt = volume do tanque (m³).

3.6.3 Análise centesimal do filé e da ração

Foram filetados 10 peixes ao final de cada tratamento com peso médio de $9,16 \pm 0,02$ g e comprimento médio de $7,71 \pm 0,04$ cm. Após a filetagem, os filés foram embalados à vácuo e armazenados em uma temperatura de -18 °C até o respectivo dia da análise. Cada amostra composta continha 25 g de filé de peixe. As rações Controle e Teste foram coletadas para análise, cada amostra contendo 25 g de ração. As análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia do Pescado – LATEPE (DEP/UFC), onde foram obtidos os valores percentuais de umidade, lipídios, proteína e cinzas.

3.6.3.1 Umidade

Segundo a metodologia de AOAC (2000), as amostras foram devidamente homogeneizadas, e posteriormente adicionadas em cada cadinho contendo 2 a 5 g de cada amostra. Em seguida, foram secas em estufa com temperatura de 105 °C por 24 horas. O seguinte cálculo foi aplicado para o valor da umidade:

$$U = \frac{V2-V1}{V2-V0} \times 100 \quad (10)$$

Sendo:

U – Umidade;

V0 – Peso do cadinho seco;

V2 – Peso do cadinho com amostra;

V1 – Peso do cadinho com amostra após secagem.

3.6.3.2 Lipídios

Os lipídios foram determinados seguindo o método de Soxhlet (AOAC, 2000). Os balões de Soxhlet foram colocados em estufa com temperatura variando entre 100 e 105 °C durante uma hora para depois serem pesados. Cada amostra continha de 3 a 5 g em cartucho, sendo cada cartucho colocado no extrator de Soxhlet. Adicionou-se 100 mL de acetona em cada balão, pois a mesma atuava como solvente orgânico extrator.

O aparelho foi ligado durante 2 horas, com uma temperatura de 90 °C para que ocorresse a extração. Feito isto, os balões foram pesados após esfriarem. O seguinte cálculo foi aplicado para obtenção do valor dos lipídios:

$$\text{Lipídios Totais} = \frac{\text{Peso balão com gordura} - \text{peso balão vazio seco}}{\text{amostra}} \times 100 \quad (11)$$

3.6.3.3 Proteína bruta

De acordo com o método Kjeldahl (AOAC, 2000), o nitrogênio total da amostra é convertido em proteína bruta multiplicando-se o valor encontrado pelo fator 6,25. Cada amostra foi macerada, pesada em papel vegetal contendo 0,2 g de cada amostra.

Em um balão de Kjeldahl, adicionava-se 2 g de catalisador e 4 mL de H₂SO₄ concentrado. Os balões foram colocados em um digestor aquecido brandamente no início (150 °C) e depois mais energicamente (350 °C) até o final da digestão, em que ocorria o desaparecimento da cor escura. A amostra foi colocada no destilador de Kjeldahl, sendo antes lavada duas vezes com um pouco de água.

Ocorria a neutralização da mistura com NaOH a 50% (10 mL), e assim havia o desaparecimento da cor escura do óxido de cobre formado. Recolhia-se o destilado em erlenmeyer com 10 mL de solução de H₃BO₃ a 2% com 3 gotas do indicador misto composto

de verde de bromocresol e vermelho de metila. As amostras foram tituladas com HCl 0,02 N padronizado, e o seguinte cálculo foi aplicado para obtenção do valor das proteínas:

$$\% N_{total} = \frac{(Vol\ da\ Amostra - Vol\ do\ Branco) \times 0,014 \times 0,04\ N\ HCL \times F}{Peso\ da\ Amostra} \times 100 \quad (12)$$

Sendo:

$$\% Pt = \% Ni \times 6,25$$

3.6.3.4 Cinzas

De acordo com a metodologia de AOAC (2000), os cadinhos utilizados para determinação da umidade foram colocados no forno mufla a uma temperatura de 550 °C durante 4 horas, até que toda a amostra ficasse homogeneizada e com uma coloração branca. Feito isto, os cadinhos foram transferidos do forno mufla para um dessecador. Após esfriados, fez-se a pesagem dos mesmos. O seguinte cálculo foi aplicado para obtenção do valor do teor de cinzas:

$$C = \frac{V1 - V0}{V2 - V0} \times 100 \quad (13)$$

Sendo:

V0 = Peso do cadinho;

V1 = Peso do cadinho + cinza;

V2 = Peso do cadinho + amostra.

3.7 Análise estatística

Para análise estatística dos dados obtidos, foi utilizado o *software* BioEstat 5.0 - 2012. Os resultados encontrados foram submetidos à análise de variância unifatorial (ANOVA) simples, comparando-se suas médias pelo teste de Tukey, quando a diferença entre elas foi significativa ao nível de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição centesimal das rações

No presente trabalho foram utilizadas duas rações na alimentação dos indivíduos de tilápia do Nilo. A ração controle (C) a princípio continha 32% de PB, e a ração utilizada no teste (T) continha 28% de PB e foi enriquecida com mais 20% de farinha de *Arthrospira platensis*. A tabela mostra os resultados das análises que foram realizadas para se obter a composição centesimal de cada ração utilizada no experimento.

O teor de umidade foi maior no Teste com média de $(5,75 \pm 0,22 \%)$ quando comparado com o Controle que apresentou média de $(4,44 \pm 0,11 \%)$. De acordo com a Tabela 1, houve diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre os valores de umidade. Já para o teor de cinzas, os valores não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p \geq 0,05$), e tiveram como médias $(10,94 \pm 0,04 \%)$ para o Controle e $(10,73 \pm 0,22 \%)$ para o Teste.

Tabela 1 – Composição centesimal das rações utilizadas no cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em sistema de recirculação de água salgada.

VARIÁVEL	TRATAMENTO	
	Controle	T - 20%
Umidade (%)	$4,44 \pm 0,11^a$	$5,75 \pm 0,22^b$
Lipídios (%)	$6,04 \pm 0,03^a$	$4,12 \pm 0,06^b$
Proteína Bruta (%)	$31,23 \pm 0,05^a$	$32,60 \pm 0,97^a$
Cinzas (%)	$10,94 \pm 0,04^a$	$10,73 \pm 0,22^a$

Para cada variável, letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$); letras iguais na mesma linha indicam ausência de diferenças significativas entre as médias ($p \geq 0,05$)

Nos últimos anos, um dos tópicos de investigação da nutrição na aquicultura está voltado para as dietas de peixes, com o intuito de surgir fontes alternativas de proteína para redução dos custos, e possivelmente um melhoramento do valor nutricional dos peixes (JAFARI *et al.*, 2014).

A maioria das rações comerciais para peixes contém aproximadamente 13% de umidade ou menos. Podem ser armazenadas à temperatura ambiente devido ao seu baixo teor de umidade durante períodos prolongados, geralmente durante 90 dias após sua fabricação (CHAPMAN; MILES, 2009).

As cinzas nada mais são que os minerais, e entre eles estão inclusos o cálcio,

potássio, fósforo, sódio, etc. Os minerais são elementos inorgânicos necessários na dieta. Quando se trata da nutrição de organismos aquáticos em relação ao teor de minerais, os mesmos possuem funções diversificadas, desde constituição de tecido até atividade enzimática. Com exceção do cálcio e fósforo, as necessidades de minerais pelos peixes não são bem conhecidas, embora se saiba que, em outros animais eles necessitam pelo menos de traços de vários elementos (CRAIG; HELFRICH, 2009; GUILLAUME *et al.*, 2001; SANTOS, 2007).

Como descrito na Tabela 1, a proteína bruta das rações não apresentou diferença estatística ($p \geq 0,05$), tendo como média para o Controle ($31,23 \pm 0,05$ %) e para o Teste ($32,60 \pm 0,97$ %). Os valores de proteína encontrados nas rações foram bem próximos, mas o da ração teste foi ligeiramente maior. É importante ressaltar que as rações para peixes onívoros, como a tilápia, o teor de PB varia de 24 a 32%. Na piscicultura intensiva as rações correspondem a 50 a 70% do custo de produção (KUBTIZA; CYRINO, ONO, 1998), daí então a necessidade de formular rações com ingredientes mais baratos e que apresentem o mesmo efeito no crescimento dos peixes, e uma das alternativas que vem sendo utilizada é a inclusão da microalga *Arthrospira platensis* na ração (GOMES *et al.*, 2012).

Sabe-se que a *A. platensis* pode ser usada na suplementação parcial ou substituição completa para a proteína em rações para aquicultura (FAO, 2008). Dito isto, é importante ressaltar que a proteína é a parte mais cara na alimentação de peixes (CRAIG; HELFRICH, 2009). Sendo assim, a farinha desta microalga foi incluída na ração teste do presente trabalho, pois é rica em proteína e contém todos os aminoácidos essenciais (BABADZHANOV *et al.*, 2004). Além disso, é facilmente digerida já que sua parede celular é composta por mucopolissacarídeos (açúcares simples e proteínas) (BEZERRA *et al.*, 2010).

Em peixes, o excesso de proteína ou aminoácidos não pode ser estocado (PONTES *et al.*, 2010). Segundo Gatlin (2010), níveis excessivos de proteína na dieta são prejudiciais, tanto economicamente quanto ambientalmente, pois a proteína é o componente dietético mais caro e, quando os níveis de proteína estão em excesso conseqüentemente a excreção de compostos nitrogenados aumenta.

Com relação aos valores de lipídios do Controle e do Teste, os mesmos apresentaram as respectivas médias: $6,04 \pm 0,03$ % e $4,12 \pm 0,06$ %, havendo diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$). Observando os valores citados anteriormente, pode-se afirmar que no grupo Controle o nível de lipídio foi ligeiramente mais elevado que no grupo Teste (Tabela 1).

Os lipídios são nutrientes de alta energia, e ultimamente em rações para peixes

estão sendo usados níveis mais elevados deste nutriente na dieta (CRAIG; HELFRICH, 2009; MORO; RODRIGUES, 2015). Desempenham um papel importante na estrutura e função da membrana, facilitam a absorção de vitaminas lipossolúveis, servem como precursores de hormônios esteróides e prostaglandinas, e ainda atuam como fonte metabolizável de ácidos graxos essenciais (MJOUN; ROSENTRATER; BROWN, 2010), sendo assim, são essenciais ao crescimento normal e sobrevivência dos peixes (SANTOS, 2007).

4.2 Qualidade da água

A temperatura do Controle e do Teste, apresentaram médias de $27,31 \pm 0,26$ °C e $27,01 \pm 0,17$ °C, respectivamente, com diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre o Controle e o Teste. Os peixes são animais pecilotérmicos, portanto, quando a temperatura da água varia, todo metabolismo do animal é afetado. Quando a temperatura está inadequada para o peixe, ocorre perda de apetite, perda de equilíbrio e mortalidade aguda (OSTRENSKY; BOEGER, 1998). Apesar da temperatura ter apresentado diferença estatística, os valores desta variável permaneceram dentro da faixa ideal para o cultivo de tilápia do Nilo que se encontra entre 28 e 32 °C (KUBTIZA, 2000b). O mesmo autor ainda cita que geralmente tilápias cultivadas sob condições de temperatura entre 23 e 32 °C, são menos propensas à parasitoses e doenças.

Tabela 2 - Variáveis de qualidade da água do cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em sistema de recirculação de água salgada.

VARIÁVEL	TRATAMENTO	
	Controle	T - 20%
Temperatura(°C)	$27,31 \pm 0,26^a$	$27,01 \pm 0,17^b$
Salinidade (ppt)	$33,30 \pm 0,77^a$	$35,03 \pm 0,14^b$
Oxigênio (mg L ⁻¹)	$5,58 \pm 0,06^a$	$5,10 \pm 0,05^b$
pH	$8,16 \pm 0,13^a$	$7,76 \pm 0,29^b$
Amônia-NH ₃ (mg L ⁻¹)	$0,18 \pm 0,09^a$	$0,27 \pm 0,10^a$
Nitrito-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	$0,04 \pm 0,04^a$	$0,05 \pm 0,03^a$
Nitrato-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	$10,40 \pm 1,27^a$	$13,53 \pm 1,60^a$
Fosfato-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	$6,49 \pm 0,77^a$	$8,53 \pm 0,45^b$

Para cada variável, letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$); letras iguais na mesma linha indicam ausência de diferenças significativas entre as médias ($p \geq 0,05$)

A salinidade da água variou entre $33,30 \pm 0,77$ ppt e $35,03 \pm 0,14$ ppt. Houve diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre o Controle e o Teste, respectivamente (Tabela 2). Muitas espécies e linhagens de tilápia são eurialinas, sendo assim, podem adaptar-se a ambientes de diferentes salinidades. A tilápia do Nilo é uma delas, e alguns estudos enfatizam que a mesma pode ser aclimatada em salinidades de 30 ppt ou mais. Sendo assim, é importante destacar a seleção das espécies ou linhagens de tilápias que são candidatas ao cultivo em água salgada, tendo como obrigação testar a tolerância e desempenho (KUBTIZA, 2005). Em trabalho realizado em 2008, Carriço, Nakanishi e Chammas, sugerem que a faixa ideal de salinidade para o cultivo de tilápia vai até 15 ppt, podendo, no entanto, tolerar até 25 ppt com redução de desempenho. Segundo Maia (2006), o incremento gradual de salinidade a partir de 28 ppt se consolidou como um fator limitante no crescimento e na sobrevivência de *O. niloticus*. Já o presente trabalho constatou que a tilápia do Nilo cresce em até 35 ppt.

O oxigênio dissolvido não oscilou muito durante o cultivo, no entanto, obteve diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre o Controle e o Teste, apresentando as respectivas médias: $5,58 \pm 0,06$ mg L⁻¹ e $5,10 \pm 0,05$ mg L⁻¹ (Tabela 2). Esta variável é considerada uma das mais importantes para aquicultura, pois o peixe precisa para sua manutenção, locomoção, alimentação e biossíntese (TRAN-DUY *et al.*, 2008). A faixa ideal de oxigênio para o cultivo de tilápia do Nilo deve estar acima de 4 mg L⁻¹, portanto, no presente trabalho este parâmetro foi considerado ótimo, como pode-se observar nos valores citados anteriormente (LIMA *et al.*, 2013).

O pH da água apresentou diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) com médias de $8,16 \pm 0,13$ e $7,76 \pm 0,29$ (C e T, respectivamente; Tabela 2). Os valores obtidos neste trabalho permaneceram dentro do limite aceitável, pois a faixa de pH ideal da água vai de 6,5 a 9,0. Portanto, é nesta faixa que os organismos encontram as condições ideais para o seu desenvolvimento (SÁ, 2012). Valores abaixo ou acima desta faixa podem prejudicar o crescimento e reprodução e, em condições extremas, causar a morte dos peixes (KUBTIZA, 1998). Valores próximos aos encontrados no presente trabalho foram observados em um cultivo de tilápia nilótica (linhagem chitralada) sob influência da salinidade, em que o pH variou entre 7,14 e 8,39, permanecendo dentro da faixa recomendável (SOUSA *et al.*, 2010).

A amônia-NH₃ não variou muito durante o cultivo, apresentando média de $0,18 \pm 0,09$ mg L⁻¹ e $0,27 \pm 0,10$ mg L⁻¹ (C e T, respectivamente), e não teve diferença estatisticamente significativa ($p \geq 0,05$; Tabela 2). Esta variável apresentou concentrações consideradas elevadas tanto no Controle e no Teste, podendo ainda afirmar que no Teste foi numericamente maior. A *Arthrospira* possui um elevado teor de proteína (COLLA *et al.*,

2007), e este fato poderia ter contribuído para que a amônia se elevasse. O peixe aproveita a proteína da ração, mas não totalmente, sendo assim o restante que não é digerido vai para a água em forma de fezes. Quando as fezes entram em decomposição, há liberação de amônia para a água, pelo processo de amonificação bacteriana. A amonificação e a excreção de amônia por animais aquáticos são as principais fontes deste composto para o ambiente aquático, no entanto, a excreção desses animais é quantitativamente insignificante, como fonte de amônia em sistemas naturais. Para não causar nenhum malefício aos peixes, a amônia não ionizada (NH_3) da água de cultivo tinha que estar abaixo de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$, fato este que provavelmente comprometeu o desempenho zootécnico dos organismos (ESTEVES, 2011; SÁ, 2012).

Não apresentando diferença estatisticamente significativa ($p \geq 0,05$), o nitrito- NO_2^- teve como média $0,04 \pm 0,04 \text{ mg L}^{-1}$ no Controle e $0,05 \pm 0,03 \text{ mg L}^{-1}$ no Teste (Tabela 2). Como a água tinha uma concentração de oxigênio considerada ideal, sugere-se que todo o nitrito foi transformado em nitrato pela ação das bactérias nitrito-oxidantes, tornando esse composto não prejudicial aos peixes (FERREIRA, 2009). Em sistemas de recirculação de água com um biofiltro considerado maduro, ou seja, bem colonizado pelas bactérias nitrificantes, a concentração ideal de nitrito deve permanecer abaixo de 1 mg L^{-1} , fato este que foi encontrado no presente trabalho. Deve-se ressaltar que o nitrito é prejudicial aos organismos aquáticos, devendo ser monitorado constantemente nos tanques de cultivo (LIMA; KEBUS, 2008).

O nitrato- NO_3^- teve média $10,40 \pm 1,27 \text{ mg L}^{-1}$ no Controle e $13,53 \pm 1,60 \text{ mg L}^{-1}$ no Teste, não apresentando diferença estatisticamente significativa ($p \geq 0,05$; Tabela 2). Os valores de nitrato foram elevados, provavelmente devido a transformação dos compostos nitrogenados (amônia e nitrito), que ocorre por meio de processos biológicos realizados pelas bactérias aeróbicas que atuam em sistemas de água salgada, transformando-os em nitrato (AZEVEDO *et al.*, 2014). Coêlho *et al* (2014) cultivou tilápia do Nilo em um sistema de recirculação juntamente com a microalga *A. platensis*, e encontrou valores de nitrato de até $6,32 \text{ mg L}^{-1}$.

O fosfato- PO_4^{3-} apresentou média de $6,49 \pm 0,77 \text{ mg L}^{-1}$ e $8,53 \pm 0,45 \text{ mg L}^{-1}$ (Controle e Teste, respectivamente), e houve diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$; Tabela 2). Os valores de fosfato foram bastante elevados, sendo assim, permaneceram fora do limite aceitável determinado pela resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que determina a concentração máxima de fósforo em águas salinas no valor de $0,062 \text{ mg L}^{-1}$ (BRASIL, 2005). O emprego da alimentação artificial foi a principal

fonte de fosfato no cultivo de tilápia do Nilo (MARTINS, 2007), com destaque para a ração Teste que continha *A. platensis*, pois esta microalga possui um carboidrato denominado de mesoinositol fosfato, que confere a característica de uma excelente fonte de fosfato (OLIVEIRA *et al.*, 2013). É importante ressaltar que este elemento é considerado um nutriente essencial para a formação da estrutura óssea e para o metabolismo corporal, portanto, é imprescindível ter uma concentração adequada deste elemento na ração para atender à exigência nutricional do animal (DIETERICH *et al.*, 2012).

4.3 Desempenho zootécnico

A Figura 3 mostra duas fotos da tilápia do Nilo nas biometrias que foram realizadas ao final do experimento: grupo controle (A) e do grupo teste (B).

Figura 3 – Tilápia alimentada com ração comercial (A) e alimentada com ração suplementada com *Arthrospira platensis* (B).



(A) Grupo controle

Fonte: Autor

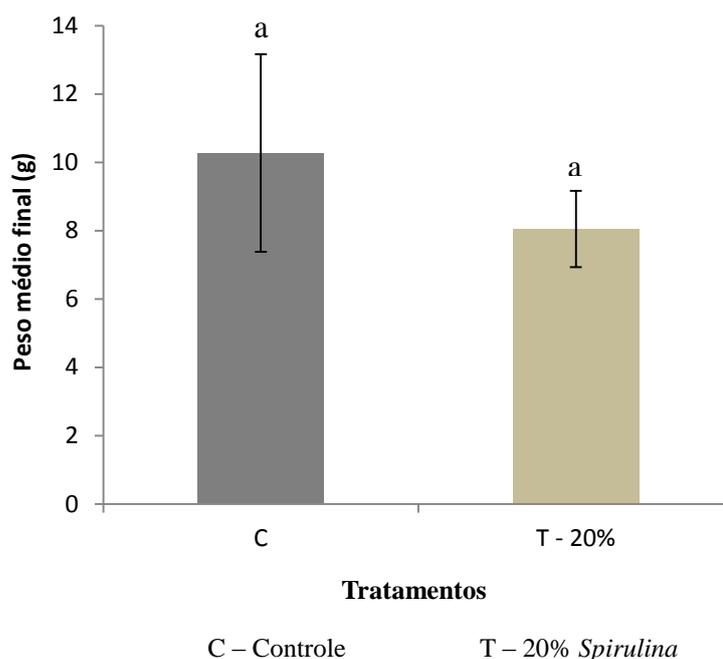


(B) Grupo teste

Fonte: Autor

Os indivíduos do grupo Controle apresentaram ligeiramente um maior peso médio final ($10,27 \pm 2,89$ g) em relação aos do grupo Teste ($8,05 \pm 1,12$ g). Porém, não apresentaram entre si diferença significativa ($p \geq 0,05$; Gráfico 1).

Gráfico 1 – Peso médio final de juvenis de tilápia do Nilo cultivados em sistema de recirculação em água salgada.



Este fato poderia ser explicado pelas rações que foram utilizadas no experimento, já que a ração controle continha aproximadamente 32% de proteína bruta (PB) além de mais energia, e a ração teste possuía 28% de PB e foi enriquecida com 20% da farinha de *A. platensis*, totalizando 32,60% de PB com menor energia, já que o teor de lipídios foi mais baixo na ração teste. Sabe-se que os lipídios são considerados a principal fonte de energia no contexto de formulação de rações para peixes (FRACALOSSI; CYRINO, 2012).

Os lipídios são nutrientes de alta energia que podem ser utilizados para poupar parcialmente ou substituir a proteína que advém das rações usadas na aquicultura (CRAIG; HELFRICH, 2009), dito isto, no grupo Controle o nível de lipídio foi maior e isto provavelmente fez com que o peso final dos indivíduos do Controle ultrapasassem os do Teste.

Coelho *et al.* (2014) testaram o desempenho zootécnico de alevinos de tilápia do Nilo cultivados em um sistema de recirculação de água em associação com a microalga *A. platensis*. Os peixes foram inseridos no cultivo de *A. platensis* que tinha uma salinidade de 10 ppt. Três tratamentos com diferentes densidades de peixes foram testados (0,10; 0,15 e 0,20 peixes L⁻¹). O peso médio em todos os tratamentos aumentou, mas a densidade (0,10 peixes L⁻¹

¹⁾ teve um maior destaque. Sendo assim, esta associação se mostrou bastante vantajosa, pois os peixes cresceram, e a microalga fez com que os compostos nitrogenados permanecessem em níveis aceitáveis a fim de não prejudicar o crescimento dos peixes.

A eficiência da *A. platensis* na forma líquida foi testada no desempenho produtivo de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei*. O delineamento experimental consistiu em dois tratamentos na densidade de 5 pós-larva/tratamento, um com ração comercial e o outro com *A. platensis*. O peso final das pós-larvas nos dois tratamentos não apresentaram diferença estatística, porém, o tratamento que continha a microalga cresceu ligeiramente mais. Portanto, a microalga serviu como uma fonte alimentar eficiente para pós-larvas de *L. Vannamei* (GADELHA, 2013).

Em um cultivo na alevinagem do tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Colossoma brachypomus*) foi avaliado o efeito que a *A. platensis* possui como suplemento alimentar. Houve um tratamento controle (ração comercial) e mais dois tratamentos com a inclusão da farinha desta microalga em 20 e 40%. Os pesos médios finais obtidos nos tratamentos com a *A. platensis* foram maiores em relação ao controle, mas o que se mostrou ainda mais vantajoso foi o tratamento com a inclusão de 20%. Portanto, esta microalga atuou como um ótimo suplemento alimentar (RIBEIRO, 2016).

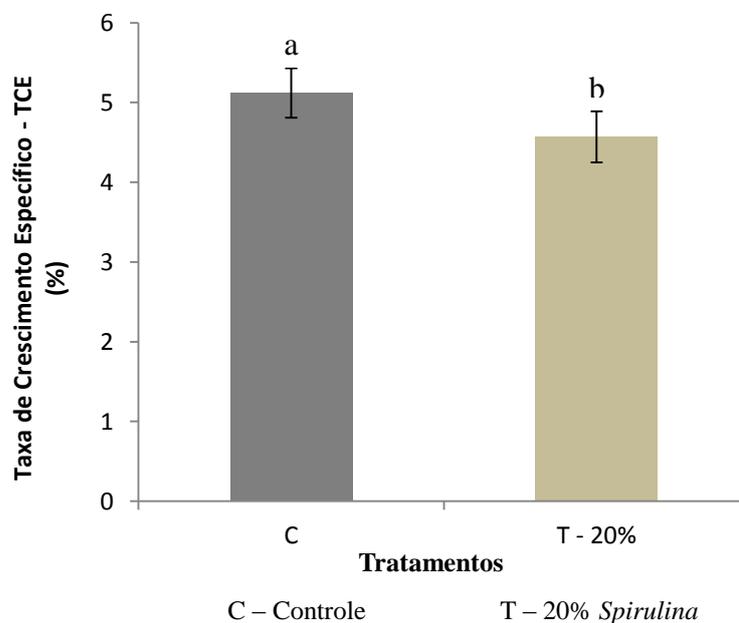
Diante dos resultados de peso final dos indivíduos do presente trabalho, pode-se dizer que é possível cultivar tilápia do Nilo em água salgada (35 ppt), diferente do que afirma outros pesquisadores (CARRIÇO; NAKANISHI; CHAMMAS, 2008).

A taxa de crescimento específico apresentou diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$). O grupo Controle teve como média $5,12 \pm 0,31$ % e o Teste $4,57 \pm 0,32$ % (Gráfico 2). Esta variável está associada a vários fatores, entre os quais está incluída a variação ontogenética, ou ainda, a adaptação a algum ambiente de cultivo, podendo apresentar resultados diferentes para indivíduos de uma mesma espécie (JUNIOR; ALMEIDA; SOUZA-FILHO, 2007).

Olvera-Novoa *et al.* (1998) verificaram a eficácia da *Spirulina maxima* como substituta da farinha de peixe em dietas para tilápia *Oreochromis mossambicus* (Peters). Foram elaboradas cinco dietas com diferentes inclusões desta microalga (20, 40, 60, 80 e 100%), além da dieta controle e outra contendo 100% de suplementação com a microalga mais 4% de fosfato de cálcio. Com relação à TCE, os autores observaram que a medida que o percentual das inclusões iam aumentando, a TCE diminuía. O maior valor de TCE foi encontrado na dieta com 20% de *S. maxima*, mas não houve diferença estatisticamente significativa em relação ao controle, e concluíram que o nível de inclusão mais adequado na

ração é o de 20%, e que esta microalga demonstra viabilidade por ser uma fonte alternativa de proteína na alimentação de peixes.

Gráfico 2 – Taxa de crescimento específico de juvenis de tilápia do Nilo cultivados em sistema de recirculação em água salgada.



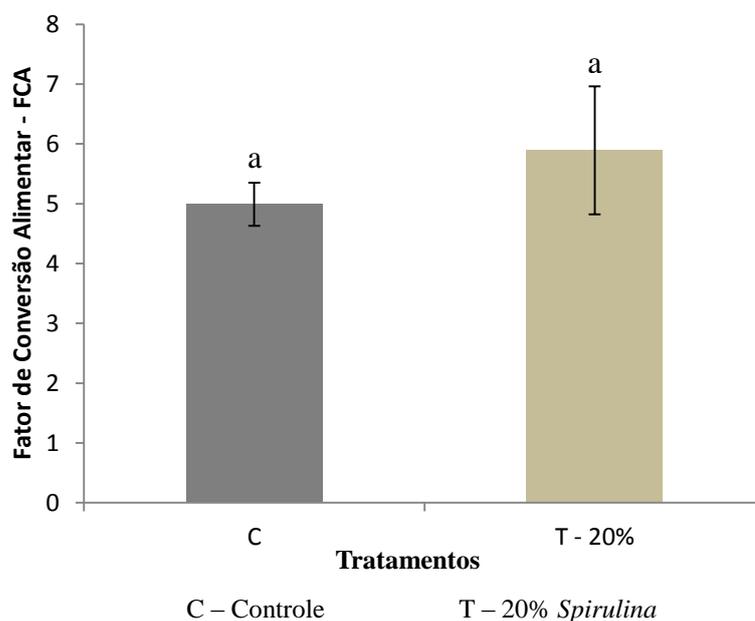
A microalga *A. platensis* foi testada como suplemento alimentar na ração que foi ofertada a alevinos de tilápia do Nilo em um sistema de recirculação com água doce. O delineamento experimental consistiu de uma dieta controle (sem adição da microalga) e mais três dietas com diferentes inclusões (5; 10 e 20%). Em relação ao TCE, o mesmo não diferiu entre os tratamentos, assim como para a maioria dos parâmetros zootécnicos. Como conclusão, o tratamento com inclusão de 20% de *A. platensis* foi mais eficaz, possivelmente por conta das propriedades nutricionais que a mesma possui (ALBUQUERQUE, 2014).

Ibrahim, Mohamed e Ibrahim (2013) decidiram avaliar o potencial que a *A. platensis* poderia exercer no crescimento de tilápia do Nilo (*O. niloticus*). O grupo 1 consistia na dieta controle, e os outros 5 grupos com as seguintes proporções microalga/ração: 5; 7,5; 10; 15 e 20g kg⁻¹. Avaliando os resultados obtidos, todas as dietas que continham *A. platensis* melhoraram a taxa de crescimento específico em relação ao controle, assim como para os demais parâmetros zootécnicos avaliados. E a que obteve maior destaque foi a dieta 4 com 10g kg⁻¹. Concluíram que o nível de 10g kg⁻¹ desta microalga no cultivo de tilápia foi ótimo para diminuir os custos do produto.

O fator de conversão alimentar (FCA) não apresentou diferença estatisticamente significativa ($p \geq 0,05$) entre os grupos Controle e Teste, com médias de $4,99 \pm 0,36$ e $5,89 \pm$

1,07, respectivamente (Gráfico 3). O FCA é calculado dividindo-se a quantidade total de ração fornecida pelo ganho de peso dos indivíduos. O FCA é influenciado por diversos fatores: qualidade do alimento ofertado, espécie de peixe, qualidade da água, dentre outros. Quanto melhor a qualidade da água, melhor o FCA (KUBTIZA, 2010). Como a qualidade da água no tratamento com *A. platensis* teve alguns compostos nitrogenados mais elevados, o seu FCA foi maior, como pode-se observar no gráfico 3.

Gráfico 3 – Fator de conversão alimentar de juvenis de tilápia do Nilo cultivados em sistema de recirculação em água salgada.



De acordo com um trabalho realizado com truta (*Oncorhynchus mykiss*), várias dietas foram formuladas com a *A. platensis* (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10%) em substituição da farinha de peixe, com o intuito de comprovar se esta microalga pode ser uma fonte alternativa de proteína para o cultivo desses organismos. Um dos parâmetros zootécnicos analisados foi o FCA que não apresentou diferença estatística em relação ao controle, sendo assim, concluíram que esta microalga pode ser usada na suplementação de dietas para truta, pois é uma fonte de proteína de baixo custo (TEIMOURI; AMIRKOLAIE; YEGANEH, 2013).

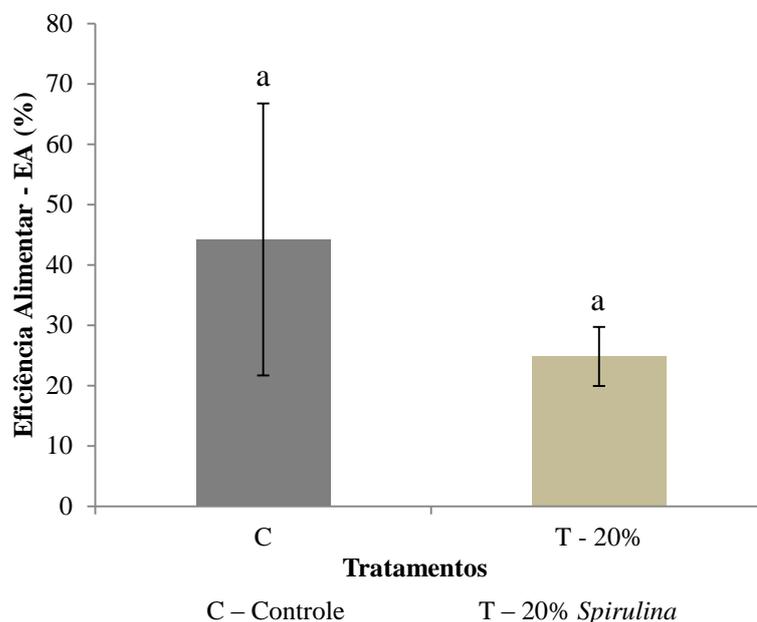
Jesus *et al.* (2011) avaliaram o desempenho de juvenis de tilápia do Nilo mantidos em água salobra com a inclusão do farelo da vagem de algaroba e da folha de mandioca em rações. De acordo com os resultados obtidos, o FCA desses animais permaneceram dentro da faixa considerada ótima, bem como outros parâmetros zootécnicos. Sendo assim, o cultivo de tilápia do Nilo na água salobra em associação com alimentos alternativos faz com que se tenha um produto vantajoso economicamente. Ressaltando que a tilápia do Nilo é uma espécie

considerada de água doce, portanto, cultivá-la em águas salobras é considerada uma grande vantagem.

Abdel-Tawwab e Ahmad (2009) testaram a *A. platensis* no cultivo de tilápia do Nilo para saber se a mesma tinha algum efeito positivo no crescimento da espécie e foram desafiados por uma bactéria patogênica *Aeromonas hydrofila*. Várias dietas foram elaboradas, tendo uma controle (sem adição de *A. platensis*) e mais outras cinco dietas com diferentes níveis de inclusão com esta microalga (1,25; 2,5; 5; 7,5 e 10g kg⁻¹). Diante dos resultados obtidos, o FCA de todas as dietas com *A. platensis* foi melhor em relação ao controle, já que consumiram mais alimento, e a que obteve maior destaque foi a dieta contendo 5g kg⁻¹. O estudo mostrou que a tilápia foi resistente a infecção pela bactéria, e concluíram que a taxa ótima de *A. platensis* na dieta de *O. niloticus* está entre 5 e 10g kg⁻¹.

Apesar de ter obtido um valor maior no controle, a eficiência alimentar não diferiu significativamente ($p \geq 0,05$). As médias para o Controle e o Teste foram as seguintes, respectivamente: $44,22 \pm 22,54$ % e $24,85 \pm 4,88$ % (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Eficiência alimentar de juvenis de tilápia do Nilo cultivados em sistema de recirculação em água salgada.



Sabe-se que a ração é um dos custos mais caros na piscicultura, portanto, uma das maneiras mais eficazes de se minimizar esses custos é ajustar adequadamente a qualidade da ração e o manejo alimentar nas diferentes fases de produção e ao sistema de cultivo, possibilitando uma melhora na eficiência alimentar e na minimização dos custos de produção (KUBTIZA, 1999). Se o produtor trabalhar em todas as fases em busca de eficiência

alimentar, poderá ter uma redução muito significativa no custo total de produção (KUBTIZA, 2012).

No presente trabalho, os peixes do Teste provavelmente não aproveitaram muito bem o nitrogênio advindo da proteína da ração com a inclusão de *A. platensis*, e isto prejudicou a qualidade da água de cultivo, e conseqüentemente os parâmetros zootécnicos como a eficiência alimentar.

Em um estudo realizado com tilápias vermelhas (*Oreochromis* sp.) optaram por testar a substituição da farinha peixe por farinha de *A. maxima* com 10, 20 e 30% de inclusão. A eficiência alimentar não apresentou diferença estatística, portanto, não afetou o consumo alimentar dos organismos cultivados (RINCÓN *et al.*, 2012).

Kim *et al.* (2013) avaliaram o efeito da suplementação da *A. pacifica* e quercetina como suplemento alimentar em juvenis de *Paralichthys olivaceus*. Foram elaboradas quatro dietas experimentais contendo 48% de PB. A dieta controle não tinha adição de *A. pacifica*, e as demais continham (3,4 e 6,8% com adição da microalga), e por fim, a outra dieta continha 6,8% de *A. pacifica* mais a quercetina. O desempenho do crescimento e eficiência alimentar foram afetados positivamente com a suplementação da microalga, no entanto, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

O grupo Controle obteve um maior ganho em peso ($9,21 \pm 2,71$ g), como também um maior ganho em peso diário ($0,21 \pm 0,06$ g) quando comparado ao Teste ($6,98 \pm 1,11$ g) ($0,16 \pm 0,03$ g, respectivamente ganho em peso e ganho em peso diário), mas não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p \geq 0,05$; Tabela 2). Como o nível de lipídios no presente trabalho foi maior no grupo (C), isto pode ter afetado o desempenho dos peixes no (T), o qual continha a *A. platensis*. Uma dieta deficiente em ácidos graxos essenciais reduz o ganho de peso do indivíduo, geralmente após um período prolongado (GATLIN, 2010).

Em um trabalho realizado com híbridos de tilápias vermelhas (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus*) para testar várias dietas com substituições parciais de farinha de peixe por farinha de *A. platensis* (0, 50, 75 e 100%), resultados significativos foram encontrados no ganho de peso e no ganho em peso médio diário, ressaltando que a dieta que mais obteve êxito em termos de desempenho zootécnico foi a dieta com 75% de *A. platensis* (EL-SHEEKH *et al.*, 2014).

Tabela 3 - Desempenho zootécnico no cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em sistema de recirculação de água salgada.

VARIÁVEL	TRATAMENTO	
	Controle	T - 20%
Ganho em peso (g)	9,21 ± 2,71 ^a	6,98 ± 1,11 ^a
Ganho em peso diário (g)	0,21 ± 0,06 ^a	0,16 ± 0,03 ^a
Crescimento final (cm)	7,79 ± 0,65 ^a	7,64 ± 0,29 ^a
Crescimento médio (cm)	3,79 ± 0,41 ^a	3,73 ± 0,28 ^a
Crescimento médio diário (cm)	0,09 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,01 ^a
Sobrevivência (%)	100 ± 0,00 ^a	90 ± 8,17 ^b
Produtividade (kg/m ³)	1,03 ± 0,29 ^a	0,72 ± 0,11 ^a

Para cada variável, letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$); letras iguais na mesma linha indicam ausência de diferenças significativas entre as médias ($p \geq 0,05$).

Já em outra pesquisa envolvendo também híbridos de tilápia vermelha (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) foram testadas dietas com diferentes porcentagens de *A. platensis* em (0, 5, 10 e 20%). Os resultados mostraram que o ganho de peso não foi afetado pela suplementação desta microalga (UNGSETHAPHAND *et al.*, 2010), diferente dos resultados do estudo anteriormente citado.

Em um estudo realizado com catfish (*Clarias gariepinus*) para saber a influência da *A. platensis* em atuar como suplemento alimentar foram adicionadas diferentes concentrações desta microalga (1,25; 2,5 e 5 g *Arthrospira*/ kg de ração), tendo o controle sem nenhuma adição da mesma, baseando-se em uma ração basal. O ganho de peso não apresentou diferença significativa, portanto, não foi afetado pela suplementação desta microalga (SAYED; FAWZY, 2014). O mesmo foi encontrado no presente trabalho, provavelmente devido a má qualidade da água que foi observada no grupo Teste, o qual continha a farinha de *A. platensis*.

Maciel (2014) avaliou o desempenho zootécnico do tambaqui (*C. macropomum*) testando a inclusão da *A. platensis* na ração em dois níveis 20 e 40% em relação a ração controle (50% de PB). O ganho de peso dos tambaquis foram menores em relação ao grupo controle e foi constatado diferença estatisticamente significativa.

Nesta pesquisa as médias obtidas para as seguintes variáveis foram: crescimento final (7,79 ± 0,65 cm); (7,64 ± 0,29 cm); médio (3,79 ± 0,41 cm); (3,73 ± 0,28 cm) e o diário (0,09 ± 0,01 cm); (0,09 ± 0,01 cm) para os grupos Controle e Teste, respectivamente. Todas

essas variáveis não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$; Tabela 3).

Como as médias do grupo Controle foram relativamente maiores quando comparadas ao grupo Teste, isto pode ter ocorrido por conta dos teores de lipídios e dos compostos nitrogenados que se mantiveram elevados durante quase todo o cultivo no grupo Teste, portanto, o desempenho dos peixes pode ter sido prejudicado por conta destes fatores.

Uma pesquisa foi realizada com pós-larvas de tilápia do Nilo durante a reversão sexual que consistiu em dois tratamentos: um teve a inclusão de microalgas de água doce, enquanto o outro teve a microalga *A. platensis*, ambos receberam a ração com hormônio masculinizante 17- α -metiltestosterona. Os resultados mostraram que o tratamento contendo a *A. platensis* foi mais vantajoso, pois as pós-larvas obtiveram maiores peso e comprimento médios finais quando comparados ao tratamento que recebeu as microalgas de água doce (MOREIRA *et al.*, 2010).

Em um cultivo com o camarão *Litopenaeus vannamei*, a *A. platensis* foi incluída na dieta desta espécie para saber se a mesma tem algum efeito sobre o crescimento do indivíduo. Os tratamentos consistiram em cinco dietas (0, 25, 50, 75 e 100%) em substituição da farinha de peixe por farinha de *A. platensis*. O trabalho teve como conclusão de que a microalga atuou como uma ótima substituta da farinha de peixe. Além disso, o nível que se mostrou mais vantajoso foi o de 75%, pois não prejudicou o crescimento dos animais (MACIAS-SANCHO *et al.*, 2014).

Gomes *et al.* (2012) decidiram testar a *A. platensis* como suplemento alimentar na dieta de tilápia vermelha, sendo a dieta 1 composta de (ração comercial); dieta 2 (ração comercial + *A. platensis* úmida); dieta 3 (ração comercial + *A. platensis* seca) e dieta 4 (ração comercial + microalgas de água doce). A junção da ração comercial com a *A. platensis* elevou o crescimento dos peixes, demonstrando resultados mais expressivos e imediatos. Sendo assim, esta microalga pode ser utilizada com êxito em dietas para tilápia vermelha, nas primeiras fases de cultivo.

A sobrevivência diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) entre o grupo Controle e Teste, com as respectivas médias: ($100 \pm 0,00$ %) e ($90 \pm 8,17$ %). Já a produtividade não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre o Controle e o Teste, e suas médias foram as seguintes: $1,03 \pm 0,29$ kg e $0,72 \pm 0,11$ kg, respectivamente (Tabela 3).

Esta diferença na sobrevivência pode ser resultado do teor de lipídios que foi menor no grupo Teste, e também do acúmulo de compostos nitrogenados que fizeram com que a qualidade da água do sistema de cultivo piorasse, e provavelmente devido a este motivo os peixes não resistiram.

Em um experimento que se utilizou a microalga *A. platensis* como suplemento alimentar durante a reversão sexual de tilápia do Nilo (*O. niloticus*), não apresentou diferença estatística em relação à sobrevivência (MOREIRA *et al.*, 2010), diferente do encontrado no presente experimento em que o grupo Teste obteve menor sobrevivência, mas isto pode ser atribuído à má qualidade da água do sistema, diferente da que foi encontrada no grupo Controle.

Em um cultivo com *Macrobrachium rosenbergii* alguns pesquisadores optaram por avaliar o efeito que a *A. platensis* causaria no crescimento desta espécie. A dieta controle não tinha adição da microalga, e o restante das dietas que foram formuladas receberam 25, 50, 75 e 100% com a suplementação de *A. platensis*. Constataram que o índice de sobrevivência foi maior no tratamento que recebeu 50% da farinha de *A. platensis* ao invés de farinha de peixe, demonstrando mais uma vez o benefício que esta microalga acarreta em diversos organismos (RADHAKRISHNAN *et al.*, 2016).

Abdulahman e Ameen (2014) realizaram um experimento utilizando a carpa comum e a *Arthrospira* para testar a eficiência desta microalga como suplemento alimentar em substituição da farinha de peixe. Houve uma dieta controle (sem *Arthrospira*) e mais quatro dietas contendo diferentes níveis de inclusão da microalga seca (5; 10; 15 e 20%). Os resultados mostraram que houve aumento na sobrevivência e no ganho de peso em todas as dietas, com exceção do controle.

4.4 Composição centesimal dos filés

As médias para o teor de umidade encontradas no Controle e no Teste foram: $(79,89 \pm 1,80 \%)$ e $(78,50 \pm 0,43 \%)$, respectivamente. Para a quantidade de cinzas foi de $1,31 \pm 0,02 \%$ referente ao Controle e $1,13 \pm 0,11 \%$ referente ao Teste. Tanto os valores de umidade, como os de cinza não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p \geq 0,05$).

Para os teores de lipídios e proteína bruta referentes aos grupos Controle e Teste foram encontradas as respectivas médias: $3,49 \pm 0,36 \%$ e $2,35 \pm 0,07 \%$; $14,97 \pm 1,44 \%$ e $17,77 \pm 0,47 \%$, apresentando diferença estatística ($p \leq 0,05$; Tabela 4).

Tabela 4 – Composição centesimal dos filés de juvenis de tilápia do Nilo em sistema de recirculação de água salgada.

VARIÁVEL	TRATAMENTO	
	Controle	T - 20%
Umidade (%)	79,89 ± 1,80 ^a	78,50 ± 0,43 ^a
Lipídios (%)	3,49 ± 0,36 ^a	2,35 ± 0,07 ^b
Proteína Bruta (%)	14,97 ± 1,44 ^a	17,77 ± 0,47 ^b
Cinzas (%)	1,31 ± 0,02 ^a	1,13 ± 0,11 ^a

Para cada variável, letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$); letras iguais na mesma linha indicam ausência de diferenças significativas entre as médias ($p \geq 0,05$)

A demanda mundial por pescados vem crescendo cada vez mais em decorrência do aumento da população, que busca um alimento saudável com uma garantia de maior qualidade, principalmente relacionado ao seu valor nutritivo, pois causa efeitos benéficos na saúde humana, principalmente na prevenção de acidentes cardiovasculares (GADELHA, 2013).

O pescado deve ser incluso na dieta por ser uma fonte rica em componentes nutricionais, pois apresenta baixo teor de gordura e alto teor de proteína, e que além de atuar como uma fonte energética são ricos em ácidos graxos poliinsaturados, como os da família ômega 3 (ZUANAZZI *et al.*, 2013).

Conhecer a composição centesimal ou a composição química de um alimento é um fator essencial para tomadas de decisões de caráter dietário, principalmente em relação aos critérios nutricionais. A composição química de um pescado é extremamente variável e depende de vários fatores, tais como: espécie, ambiente, época do ano, quantidade e qualidade do alimento consumido, estágio de maturação sexual, idade e parte do corpo analisada (LIMA; MUJICA; LIMA, 2012; SOUZA *et al.*, 2015).

O músculo do pescado pode conter 64 a 90% de umidade, 8 a 23% de proteína, 0,5 a 25% de gordura, 1 a 2% de cinzas. É importante destacar que os lipídios variam em função da idade, estado biológico, tipo de alimentação, estado nutricional do peixe e temperatura da água (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009).

O teor de cinzas, ou seja, o conteúdo mineral ficou dentro da faixa considerada aceitável. A carne do peixe é considerada uma fonte valiosa de cálcio e fósforo, apresentando quantidades razoáveis de sódio, potássio, mangânes, cobre, cobalto, zinco, ferro e iodo (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009). A umidade também permaneceu dentro da faixa

recomendada por Food Ingredients Brasil (2009), que varia entre 64 e 90%.

No presente trabalho, observa-se que o teor de proteína no grupo Teste foi superior ao encontrado no Controle, e em relação aos lipídios, o grupo Teste teve um menor valor quando comparado ao grupo Controle. É correto afirmar que quanto menor a deposição de gorduras no filé do peixe, maior será a aceitação no mercado consumidor (LEONHARDT *et al.*, 2006). Portanto, pode-se afirmar que o tratamento com adição de *Arthrospira* na ração foi mais vantajoso, já que é melhor ter um percentual mais elevado de proteína, e um menor de lipídios.

A proteína do peixe é altamente digerível e rica em metionina e lisina, considerados aminoácidos essenciais, não sendo sintetizados pelo organismo humano e cuja ingestão na dieta é fundamental (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009).

Os lipídios levam a um aumento linear na porcentagem de gordura corporal do peixe, no caso da tilápia do Nilo (MEURER *et al.*, 2002). Algumas partes da carcaça do peixe apresentam elevada adiposidade, principalmente nos tecidos viscerais, como não é vantajoso ter acúmulo de gordura no filé, isso tem feito com que as indústrias piscícolas busquem soluções mais efetivas do ponto de vista econômico e para a saúde do consumidor (AIURA; CARVALHO, 2004).

A tilápia do Nilo (*O. niloticus*) é um peixe que possui alto teor de proteína e baixo teor de gordura (SALES; MAIA, 2012) e com a adição de *A. platensis* na dieta houve a comprovação de que esta microalga tem o poder de elevar o conteúdo de proteína do peixe e manter o teor de gordura baixo.

Gadelha (2013) encontrou um elevado teor de proteína na composição muscular do camarão marinho com a inclusão de *A. platensis* nas rações em que foram testadas, além de um menor valor de lipídios e colesterol.

Em um estudo realizado com truta arco-íris, foi demonstrado o grande potencial da *A. platensis* como aditivo em alimentos. Esta microalga pode ser utilizada como substituta da farinha de peixe em dietas de truta arco-íris devido ao seu elevado teor de proteína, e sem impactos negativos sobre o desempenho zootécnico (TEIMOURE; AMIRKOLAIE; YEGANEH, 2013).

A composição química do músculo do *Litopenaeus vannamei* foi influenciada pela *A. platensis*, que se mostrou bastante eficaz na substituição de farinha de peixe em até 75%, e assim, aumentou o nível de proteína no músculo do camarão em relação aos outros tratamentos (MACIAS-SANCHO *et al.*, 2014).

A farinha de *A. platensis* se mostrou efetiva no aumento da composição proteica

dos filés de tambatinga que receberam suplementações (20 e 40%), sendo ideal para aumentar as taxas de proteína e manter o percentual de gordura em quantidades ideais para o consumo humano (RIBEIRO, 2016).

No presente trabalho, a farinha desta microalga demonstrou ser também bastante eficaz no aumento do percentual proteico dos filés de tilápia do Nilo, bem como mantendo o teor de gordura.

5. CONCLUSÃO

É possível cultivar tilápia do Nilo em água salgada com salinidade de 35 ppt sem que haja alteração no desempenho zootécnico dos peixes, sendo assim, o cultivo dessa espécie torna-se viável em águas salgadas ou até mesmo salobras. Portanto, é considerada uma ótima alternativa para o momento de escassez de água doce que estamos vivendo.

A microalga *Arthrospira platensis* foi capaz de aumentar os níveis de proteína do filé do peixe e manter o percentual de lipídios adequado, tornando o produto final de ótima qualidade para consumo humano, tornando-se uma fonte viável de proteína de baixo custo.

Em relação às variáveis de qualidade de água, a maioria permaneceu dentro da faixa ideal, porém no tratamento com adição de *A. platensis* a amônia, nitrato e fosfato foram mais elevados.

Diante do que foi exposto, mais pesquisas devem ser realizadas com o intuito de testar diferentes níveis de inclusão desta microalga na ração para ser ofertada a tilápia do Nilo cultivada em água salgada, com acréscimo de uma segunda fase experimental que leve em consideração todo o ciclo produtivo da tilápia que vai desde alevinagem até a fase de terminação.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-TAWWAB, M.; AHMAD, M. H. Live *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) as a growth and immunity promoter for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), challenged with pathogenic *Aeromonas hydrophila*. **Aquaculture Research**, v. 40, n. 9, p. 1037-1046, 2009.
- ABDULRAHMAN, N. M.; AMEEN, H. J. H. Replacement of Fishmeal with Microalgae *Spirulina* on Common Carp Weight Gain, Meat and Sensitive Composition and Survival. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 13, n. 2, p. 93-98, 2014.
- AIURA, F. S.; CARVALHO, M. R. B. Composição em ácidos graxos e rendimento de filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com dietas contendo tanino. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 99, n. 550, p. 93-98, 2004.
- ALBUQUERQUE, L. F. G. **Parâmetros hematológicos e bromatológicos na alevinagem de tilápias do Nilo, alimentadas com ração suplementada com *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis***. 2014. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Área de Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Pesca. Ceará, 2014.
- ALGAEBASE. 2016. Disponível em: <<http://www.algaebase.org/search/taxonomy>>. Acesso em: 15 jun. 2016.
- AL-HAFEDH, Y. S.; ALAM, A.; ALAM, M. A. Performance of plastic biofilter media with different configuration in a water recirculation system for the culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Engineering**, n. 29, p. 139-154, 2003.
- AMBROSI, M. A.; REINEHR, C. O.; BERTOLIN, T. E.; COSTA, J. A. V.; COLLA, L. M. Propriedades de saúde de *Spirulina* spp. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básicas e Aplicada**, v. 29, n. 2, p. 109-117, 2008.
- ANDRADE, M. R.; COSTA, J. A. V. Cultivo da microalga *Spirulina platensis* em fontes alternativas de nutrientes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1551-1556, 2008.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. **Official Methods of Analysis**, 17th ed, Washington, D.C.USA, 2000.
- ASSAD, L. T.; BURSZTYN, M. **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: Editora CNPq/Ministério de Ciência e Tecnologia, 2000.
- AZEVEDO, V. G.; NETO, H. G.; ALMEIDA, H. L. P. S.; SANCHES, E. G. **Sistemas de recirculação para cultivo de peixes marinhos - procedimento operacional padrão (POP)** -. 13 p. Outubro, 2014. Disponível em: <http://ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/Sist_RecirculacaoCultivodePeixesMarinhos14.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2016.
- BABADZHANOV, A. S.; ABDUSAMATOVA, N.; YUSUPOVA, F. M.; FAIZULLAEVA, N.; MEZHLYMYAN, L. G.; MALIKOVA, M. Kh. Chemical composition of *Spirulina platensis* cultivated in uzbekistan. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 40, n. 3, p. 276-279, 2004.

BASUKI, F.; REJEKI, S. Analysis on the Survival Rate and Growth of Larasati Tilapia (*Oreochromis niloticus*) F5 seed in Saline Media. **Procedia Environmental Sciences**, v. 23, p. 142-147, 2015.

BECKER, E. W. **Microalgae: biotechnology and microbiology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 301 p.

BELAY, A.; OTA, Y.; MIYAKAWA, K.; SHIMAMATSU, H. Current knowledge on potential health benefits of *Spirulina*. **Journal of Applied Phycology**, v. 5, n. 2, p. 235-241, 1993.

BEZERRA, L. R.; SILVA, A. M. A.; AZEVEDO, S. A.; MENDES, R. S.; MANGUEIRA, J. M.; GOMES, A. K. A. Desempenho de cordeiros Santa Inês submetidos a aleitamento artificial enriquecido com *Spirulina platensis*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 258-263, abril/junho, 2010.

BEZERRA, R. P. **Influência do tempo de alimentação e da intensidade luminosa no cultivo de *Spirulina platensis* sob alimentação com cloreto de amônio**. 2006. 135f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica) – Área de Tecnologia de Fermentações, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BOWSER, P. R.; CHEN, C. Y.; WOOSTER, G. A.; GETCHELL, R. G.; TIMMONS, M. B. Blood chemistry of healthy, nephrocalcinosis-affected and ozone-treated tilapia in a recirculation system, with application of discriminant analysis. **Aquaculture**, v. 218, p. 89-102, 2003.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 357 de 17 de Março de 2005**. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 413 de 26 de julho de 2009**. Licenciamento ambiental da aquicultura. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2009.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**, v. 42, p. 1-39, Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Plano de Desenvolvimento da Aquicultura Brasileira – 2015/2020**, Brasília, 2015. Disponível em: <<http://medias.canalrural.com.br/resources/pdf/0/4/1443017574640.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2016.

BRITO, T. M. D.; SILVA, A. M. C. Taxa de sobrevivência de tilápia *Oreochromis niloticus* em tanque de decantação com águas salobras em sistema intensivo de cultivo. **Actapesca**, v. 2, n. 2, p. 40-50, 2014.

BRITTO, A. C. P.; ROCHA, C. B.; TAVARES, R. A.; FERNANDES, J. M.; PIEDRAS, S. R. N.; POUHEY, J. L. O. F. Rendimento corporal e composição química do filé da viola (*Loricariichthys anus*). **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 38-44, janeiro/março, 2014.

BURKERT, D.; ANDRADE, D. R.; SIROL, R. N.; SALARO, A. L.; RASGUIDO, J. E. A.;

- QUIRINO, C. R. Rendimentos do processamento e composição química de filés de surubim cultivado em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1137-1143, 2008.
- CAPELLI, B.; CYSEWSKI, G. R. Potential health benefits of spirulina microalgae: A review of the existing literature. **Nutra Foods**, v. 9, n. 2, p. 19-26, 2010.
- CARDOSO, R. B.; FILHO, S. N. S. Alternativas de produção agrícola em regiões com baixa incidência pluviométrica. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 29-36, julho, 2014.
- CARRIÇO, J. M. M.; NAKANISHI, L. I. T.; CHAMMAS, M. A. **Manual do piscicultor – produção de tilápia em tanque rede**. 39 p. Dezembro, 2008. Disponível em: <<http://www.emater.go.gov.br/intra/wp-content/uploads/downloads/2013/08/Manual-Produ%C3%A7%C3%A3o-Til%C3%A1pia-em-tanque-Rede.pdf>> . Acesso em: 16 abr. 2016.
- CHAPMAN, F.; MILES, R. **Interpreting a Fish Food Package Label**¹. FA159. Program in Fisheries and Aquatic Sciences in the School of Forest Resources and Conservation, UF/IFAS Extension. December, 2009. Disponível em <<https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FA/FA15900.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2016.
- CHIATTONI, L. M.; MACHADO, M. R. G.; RODRIGUES, R. S.; SOARES, L. A. S. Influência do consumo de diferentes níveis de *Spirulina* no desenvolvimento e perfil lipídico de ratos. **Revista Ceres**, v. 62, n. 2, p. 142-148, março/abril, 2015.
- COÊLHO, A. A. C.; BEZERRA, J. H. C.; SILVA, J. W. A.; MOREIRA, R. T.; ALBUQUERQUE, L. F. G.; FARIAS, W. R. L. Desempenho zootécnico de alevinos de tilápia do Nilo cultivados em um sistema de recirculação de água com a microalga *Spirulina platensis*. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 1, p. 149-159, janeiro/março, 2014.
- COLLA, L. M.; REINEHR, C. O.; REICHERT, C.; COSTA, J. A. V. Production of biomass and nutraceutical compounds by *Spirulina platensis* under different temperature and nitrogen regimes. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 7, p. 1489-1493, 2007.
- CORSO, M. N. **Uso de Sistemas com Recirculação em Aquicultura**. 2010. 35f. Monografia (Faculdade de Medicina Veterinária) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- CRAIG, S.; HELFRICH, L. A. **Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding** (Publication 420-256). Virginia Cooperative Extension, Petersburg (Virginia) p. 1-4, 2009.
- CUNHA, A. H. N.; OLIVEIRA, T. H.; FERREIRA, R. B.; MILHARDES, A. L. M.; SILVA, S. M. C. O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 1225-1248, 2011.
- DIETERICH, F.; BOSCOLO, W. R.; LOSH, J. A.; FEIDEN, A.; FURUYA, W. M.; SIGNOR, A. A. Fontes de fósforo em rações orgânicas para alevinos e juvenis de tilápia-do-nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 3, p.417-424, março, 2012.
- EDING, E. H.; KAMSTRA, A.; VERRETH, J. A. J.; HUISMAN, E. A.; KLAPWIJK, A.

Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 234-260, 2006.

ELER, M. N.; MILLANI, T. J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, suplemento especial, p. 33-44, 2007.

EL-SAYED, A.F.M. **Tilapia culture in salt water: environmental requirements, nutritional implications and economic potentials**. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, Universidad Autónoma de Nuevo León, Anais Monterrey, Monterrey, 2006. Disponível em: <http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VIII/archivos/7ElSayed.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

EL-SHEEKH, M.; EL-SHOUBAGY, I.; SHALABY, S.; HOSNY, S. Effect of Feeding *Arthrospira platensis* (*Spirulina*) on Growth and Carcass Composition of Hybrid Red Tilapia (*Oreochromis niloticus*) x (*Oreochromis mossambicus*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 14, p. 471-478, 2014.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FAO. **A review on culture, production and use of *Spirulina* as food for humans and feeds for domestic animals and fish**. Roma: FAO Fisheries and Aquaculture circular. n.1034, 33 p. 2008.

FAO – FOOD AND AQUACULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**, 2014. Roma, FAO. 2014. 274 p.

FAO – FOOD AND AQUACULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of World Fisheries and Aquaculture**, 2014. Roma, FAO. 2014. 243 p.

FERREIRA, D. A. **Produção de juvenis do camarão *Litopenaeus vannamei* com diferentes densidades de estocagem em baixa salinidade e meio heterotrófico**. 2009. 65 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, 2009.

FONTAÍNHAS-FERNANDES, A.; GOMES, E.; REIS-HENRIQUES, M. A.; COIMBRA, J. Efeito da suplementação da dieta com NaCl no crescimento de tilápia *Oreochromis niloticus* cultivada em diferentes salinidades. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, n. 2, abril, 2002.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Propriedades funcionais das proteínas do peixe. **Revista FiB**, n. 8, p. 22-32, junho/julho, 2009.

FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. 375 p.

FRIDMAN, S.; BRON, J. E.; RANA, K. J. Influence of salinity on embryogenesis, survival, growth and oxygen consumption in embryos and yolk-sac larvae of the Nile tilapia. **Aquaculture**, 334-337, p. 182-190, 2012a.

FRIDMAN, S.; BRON, J. E.; RANA, K. J. Ontogenic changes in the osmoregulatory capacity of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and implications for aquaculture. **Aquaculture**, 356-357, p. 243-249, 2012b.

GADELHA, R. G. F. **Eficiência da microalga *Spirulina platensis* na alimentação do camarão *Litopenaeus vannamei***. 2013. 92 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, 2013.

GATLIN, D. M. **Principles of Fish Nutrition**. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publication Nº.5003, julho, 2010.

GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S. GALVÃO, C. O. **Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações**. 1. ed. Bahia: INSA – Instituto Nacional do Semiárido, 2012. 258 p. Disponível em: <http://www.insa.gov.br/wp-content/themes/insa_theme/acervo/recursos-hidricos-II.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2016.

GOMES, I. G. R. F.; CHAVES, F. H.; BARROS, R. N.; MOREIRA, L. R.; TEIXEIRA, E. G.; MOREIRA, A. G. L.; FARIAS, W. R. L. Dietary supplementation with *Spirulina platensis* increases growth and color of red tilapia. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 25, n. 3, p. 462-471, 2012.

GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do Pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. 1. ed. São Paulo: Atheneu, 2011. 624 p.

GONÇALVES, A. **Hematologia e macrófagos policariontes em *Colossoma macropomum*, mantidos em duas densidades de estocagem, alimentados com dieta contendo probiótico e *Spirulina***. 2009. 65 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2009.

GUILLAUME, J.; KAUSHIK, S.; BERGOT, P.; MÉTAILLER, R. **Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans**. Berlin: Praxis publishing, 2001. 408 p.

HOLMAN, B. W. B.; MALAU-ADULI, A. E. O. ***Spirulina* as a livestock supplement and animal feed**. Austrália, 2012. Disponível em: <http://eprints.utas.edu.au/16930/2/Holman_and_Malau-Aduli_Authors'_Revised_Spirulina_Review_2012.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2016.

IBRAHEM, M. D.; MOHAMED, M. F.; IBRAHIM, M. A. The Role of *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*) in Growth and Immunity of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Its Resistance to Bacterial Infection. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 6, p. 109-117, 2013.

JAFARI, S. M. A.; RABBANI, M.; EMTYAZJOO, M.; PIRYAEI, F. Effect of dietary *Spirulina platensis* on fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet. **Aquaculture International**, v. 22, n. 4, p. 1307-1315, 2014.

JESUS, L. S. F.; AZEVEDO, R. F.; CARVALHO, J. S. O.; BRAGA, L. G. T. Farelos da vagem da algobora e da folha da mandioca em rações para juvenis de tilápia do Nilo mantidos em água salobra. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 4, p. 1116-1125, outubro/dezembro, 2011.

JUNIOR, H. A.; SATO, G.; STREFLING, L.; VAHRLICH, R.; HOINKES, R.; TEBALDI, P. C. Aclimação do híbrido da tilápia vermelha *Oreochromis niloticus* sp. e utilização em ambientes marinhos como isca viva para a pesca de tunídeos. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 11, n. 3, março, 2010.

JUNIOR, J. L. S. G.; ALMEIDA, V. G.; SOUZA-FILHO, J. J. Adaptação de juvenis selvagens de *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) (Pisces, Centropomidae) ao ambiente controlado. **Candombá – Revista Virtual**, v. 3, n. 1, p. 15-26, janeiro-junho, 2007.

KIM, S.; RAHIMNEJAD, S.; KIM, K.; LEE, B.; LEE, K. Effects of Dietary Supplementation of *Spirulina* and Quercetin on Growth, Innate Immune Responses, Disease Resistance Against *Edwardsiella tarda*, and Dietary Antioxidant Capacity in the Juvenile Olive Flounder *Paralichthys olivaceus*. **Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 16, n. 1, p. 7-14, 2013.

KUBTIZA, F.; CYRINO, J. E. P.; ONO, E. A. Rações Comerciais para Peixes no Brasil: Situação Atual e Perspectivas. **Panorama da Aquicultura**, v. 8, n. 50, novembro-dezembro, 1998.

KUBTIZA, F. Qualidade da água na produção de peixes – Parte I. **Panorama da Aquicultura**, v. 8, n. 45, janeiro-fevereiro, 1998.

KUBTIZA, F. Nutrição e Alimentação de Tilápias – Parte I. **Panorama da Aquicultura**, v. 9, n. 52, março-abril, 1999.

KUBTIZA, F. Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade - Parte I. **Panorama da aquicultura**, v. 10, n. 59, maio-junho, 2000a.

KUBTIZA, F. Tilápias: qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade - Parte II. **Panorama da Aquicultura**, v. 10, n. 60, julho-agosto, 2000b.

KUBITZA, F. Tilápia em água salgada: Uma boa alternativa de cultivo para estuários e viveiros litorâneos. **Panorama da Aquicultura**, v. 15, n. 88, março-abril, 2005.

KUBITZA, F. Sistemas de recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, v. 16, n. 95, maio-junho, 2006.

KUBTIZA, F. Tambaqui alimentando com eficiência para reduzir custos. **Panorama da Aquicultura**, v. 22, n. 129, janeiro-fevereiro, 2012.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: conquistas e desafios. **Panorama da Aquicultura**, v. 25, n. 150, julho-agosto, 2015.

KUBTIZA, F. **Índice de Conversão Alimentar de Tilápias**. Matsuda – Artigo Técnico, p. 1-3, 2010. Disponível em: http://www.matsuda.com.br/matsuda/upload/artigostecnicos/indice_de_conversao_alimentar_de_tilapias_1.pdf. Acesso em: 31 mai. 2016.

LAI, H-T.; WANG, C-Y.; CHANG, C-Y.; CHIEN, Y-H. The performance of coupling

membrane filtration in recirculating aquaponic system for tilapia culture. **International Biodeterioration & Biodegradation**, n. 107, p. 21-30, 2016.

LOPERA BARRERO, N. M.; RIBEIRO, R. P.; POVH, J. A.; VARGAS, L.; STREIT JR, D. P. Tilapicultura semi-intensiva em tanques: alternativas de fertilização e produção - revisão. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 9, n. 1, p.67-76, 2006.

MACIAS-SANCHO, J.; POERSCH, L. H.; BAUER, W.; ROMANO, L. A.; WASIELESKY, W.; TESSER, M. B. Fishmeal substitution with *Arthrospira (Spirulina platensis)* in a practical diet for *Litopenaeus vannamei*: Effects on growth and immunological parameters. **Aquaculture**, 426-427, p. 120-125, 2014.

MACIEL, R. L. **Desempenho zootécnico e qualidade do filé de tambaqui *Collossoma macropomum* alimentados com ração suplementada com a cianofíceia *Spirulina platensis***. 2014. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Área de Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Pesca. Ceará, 2014.

MAIA, C. S. P. **Desempenho técnico-econômico da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (LINNAEUS 1757) em policultivo com camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) em viveiros estuarinos**. 2006. 35f. Monografia (Faculdade de Engenharia de Pesca) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2006.

MARTINS, C. I. M.; EDING, Ep H.; VERRETH, J. A. J. The effect of recirculating aquaculture systems on the concentrations of heavy metals in culture water and tissues of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Food Chemistry**, v.126, n. 3, p. 1001-1005, 2011.

MARTINS, Y. K. **Qualidade da água em viveiro de tilápias (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas**. 2007. 43 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Pesca) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca. Instituto de Pesca – APTA - SAA. São Paulo, 2007.

MENDONÇA, F. A.; LEITÃO, S. A. M. Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. **GeoTextos**, v. 4, n. 1 e 2, p. 145-163, 2008.

MENDONÇA, T. A.; DRUZIAN, J. I.; NUNES, I. L. Prospecção tecnológica da utilização da *Spirulina platensis*. **Cadernos de Prospecção**, v. 5, n. 1, p. 44-52, 2012.

MESQUITA, R. C. T. **Cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de recirculação sem liberação de efluentes**. 2010. 22f. Monografia (Faculdade de Medicina Veterinária) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Influência do processamento da ração no desempenho e sobrevivência da tilápia do Nilo durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 262-267, 2003.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R.; SOARES, C. M. Lipídeos na Alimentação de Alevinos Revertidos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 566-573, 2002.

MJOUN, K.; ROSENTRATER, K. A.; BROWN, M. L. TILAPIA: **Environmental Biology and Nutritional Requeriments**. South Dakota Cooperative Extension Service, FS963-02,

Dakota do Sul, Estados Unidos, Outubro, 2010.

MOREIRA, R. L.; COSTA, J. M.; QUEIROZ, R. V.; MOURA, P. S.; FARIAS, W. R. L. Utilização de *Spirulina platensis* como suplemento alimentar durante a reversão sexual de tilápia do Nilo. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 2, p.134-141, abr-jun., 2010.

MOREIRA, R. L.; DA COSTA, J. M.; MOURA, P. S.; FARIAS, W. L. R. Salinidade da água e suplementação alimentar com microalga marinha no crescimento e masculinização de *Oreochromis niloticus*, tilápia do Nilo. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 116-124, Janeiro/Fevereiro, 2011.

MOREIRA, R. L.; MARTINS, R. R. O.; FARIAS, W. R. L. Utilização de *Spirulina platensis* como suplemento alimentar durante a reversão sexual da tilápia-do-Nilo (var. chitralada) em água salina. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 76-82, janeiro/março, 2011.

MORO, G. V.; RODRIGUES, A. P. O. Rações para organismos aquáticos: tipos e formas de processamento. **Embrapa Pesca e Aquicultura**, Palma, Tocantins, 2015.

LEONHARDT, J. H.; FILHO, M. C.; FROSSARD, H.; MORENO, A. M. Características morfométricas, rendimento e composição do filé de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, da linhagem tailandesa, local e do cruzamento de ambas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 1, p. 125-132, janeiro/março, 2006.

LIMA, A. F.; SILVA, A. P.; RODRIGUES, A. P. O.; BERGAMIN, G. T.; TORATI, L. S.; FILHOL, M. X. P.; MACIEL, P. O. Qualidade da água: piscicultura familiar. **Embrapa Pesca e Aquicultura**, Junho, 2013.

LIMA, L. C.; KEBUS, M. J. Aquicultura em Recirculação. **Panorama da Aquicultura**, v. 18, n. 109, setembro/outubro, 2008.

LIMA, M. M.; MUJICA, P. I. C.; LIMA, A. M. Caracterização química e avaliação do rendimento em filés de caranha (*Piaractus mesopotamicus*). **Brazilian Journal of Food Technology**, p. 41-46, maio, 2012.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S.; PEREIRA, A. M. L.; LIMA, C. B. Produção de tilápia: mercado, espécie, biologia e recria. **Circular Técnica**, **45**, Teresina, Piauí, dezembro, 2007.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S. Piscicultura e os desafios de produzir em regiões com escassez de água. **Ciência Animal**, v. 25, n. 1, p. 133-154, 2015.

OLIVEIRA, R. C. O panorama da aquicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco ambiental e sociedade**, v. 2, n. 1, fevereiro, 2009.

OLIVEIRA, W. C.; OLIVEIRA, C. A.; CAMPOS-GALVÃO, M. E. M.; CASTRO, V. C.; NASCIMENTO, A. G. Cyanobacteria: a review of potential nutritional and biotechnological aspects. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 2, n. 1, p. 49-67, 2013.

OLIVERA-NOVOA, M. A.; DOMÍNGUEZ-CEN, L. J.; OLIVERA-CASTILLO, L.; MARTÍNEZ-PALACIOS, C. A. Effect of the use of the microalga *Spirulina maxima* as fish meal replacement in diets for tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), fry. **Aquaculture**

Research, v. 29, p. 709-715, 1998.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 211 p.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Editora: Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca/FAO. Brasília, 2008. 276 p.

PARISI, A. S.; YOUNES, S.; REINEHR, C. O.; COLLA, L. M. Avaliação da atividade antibacteriana da microalga *Spirulina platensis*. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 30 n. 3, p. 297-301, 2009.

PONTES, E. C.; OLIVEIRA, M. M.; ROSA, P. V.; FREITAS, R. T. F.; PIMENTA, M. E. S. G.; RODRIGUES, P.B. Níveis de farinha de peixe em rações para juvenis de tilápia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1626-1632, 2010.

PRIYADARSHANI, I.; RATH, B. Commercial and industrial applications of micro-algae – A Review. **Journal of Algal Biomass Utilization**, v. 3, n. 4, p. 89-100, 2012.

RADHAKRISHNAN, S.; BELAL, I. E. H.; SEENIVASAN, C.; MURALISANKAR, T. Impact of fishmeal replacement with *Arthrospira platensis* on growth performance, body composition and digestive enzyme activities of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture Reports**, v. 3, p. 35-44, 2016.

RAPAG, H. M.; KHALIL, R. H.; MUTAWIE, H. H. Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on tilapia *Oreochromis niloticus*. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 2, n. 2, p. 26-31, 2012.

RIBEIRO, P. F. **Eficiência da suplementação alimentar com *Arthrospira platensis* na alevinagem do tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*)**. 2016. 73f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Pesca) – Área de Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2016.

RICHMOND, A. **Handbook of microalgae culture: biotechnology and applied phycology**. 2004. 565 p.

RINCÓN, D. D.; VELÁSQUEZ, H. A.; DÁVILA, M. J.; SEMPRUN, A. M.; MORALES, E. D.; HERNÁNDEZ, J. L. Substitution levels of fish meal by *Athrospira* (= *Spirulina*) *maxima* meal in experimental diets for red tilapia fingerlings (*Oreochromis* sp.). **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 25, p. 430-437, 2012.

RODRIGUES, P. H. A. **Imunoestimulação de camarões *Litopenaeus vannamei* alimentados com ração suplementada com a cianobactéria *Spirulina platensis***. 2012. 39f. Monografia (Faculdade de Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

SALES, R. O.; MAIA, E. L. Chemical composition and lipids classes of the freshwater fish tilapia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 6, n. 2, p. 17-30, 2012.

SÁ, Marcelo V. C. **Limnocultura: limnologia para aquicultura**. Fortaleza: Edições UFC,

2012. 218 p.

SÁNCHEZ, I. A. O.; MATSUMOTO, T. Hydrodynamic characterization and Performance evaluation of an aerobic three phase airlift fluidized bed reactor in a recirculation aquaculture system for Nile Tilapia production. **Aquaculture Engineering**, v. 47, p. 16-26, 2012.

SANTOS, C. H. A.; FILHO, R. B. R.; FILHO, A. A. S.; IGARASHI, M. A. Cultivo da Tilápia Vermelha (Híbrido de *Oreochromis*) na Água do Mar. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 2, n. 2, p. 141-151, 2000.

SANTOS, E. S.; MOTA, S.; SANTOS, A. B.; MONTEIRO, C. A. B.; FONTENELE, R. M. M. Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 45-54, janeiro/março, 2011.

SANTOS, F. W. B. **Nutrição de peixes de água doce: definições, perspectivas e avanços científicos**. Fortaleza, 2007. Disponível em: <http://www.higieneanimal.ufc.br/anais/anaisb/aa24_2.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2016.

SAYED, A. E. H.; FAWZY, M. Effect of Dietary Supplementation of *Spirulina platensis* on the Growth and Haematology of the Catfish *Clarias gariepinus*. **Journal of Advances in Biology**, v. 5, n. 2, p. 625-635, August, 2014.

SILVA, M. S. G. M. **Desenvolvimento de um sistema de recirculação com uso de wetlands contruídas para efluentes da piscicultura**. 2012. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2012.

SOUSA, T. R. P.; SANTOS, C. J. A.; SANTOS, D. L.; QUEIROZ, A. C. S.; MENDES, P. P. Desempenho zootécnico da tilápia nilótica linhagem chitralada sob influência de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 5, n. 1, p. 10-18, 2010.

SOUZA, M. L. R.; MACEDO-VIEGAS, E. M.; ZUANON, J. A. S.; CARVALHO, M. R. B.; GOES, E. S. R. Processing yield and chemical composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with regard to body weight. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 2, p. 103-108, April/June, 2015.

SUSSEL, F. R. **Tilapicultura no Brasil e entraves na produção**. Junho, 2013. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/TilapiculturaEntraves2013.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. S. **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. São Carlos: Pedro e João Editores, 2015. 429 p.

TEIMOURE, M.; AMIRKOLAIE, A. K.; YEGANEH, S. Effect of *Spirulina platensis* Meal as a Feed Supplement on Growth Performance and Pigmentation of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). **World Journal of Fish and Marine Sciences**, v. 5, n. 2, p. 194-202, 2013.

TRAN-DUY, A.; SCHRAMA, J. W.; DAN, A. A. V.; VERRETH, J. A. J. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 275, n. 1-4, p. 152-162,

2008.

UNGSETHAPHAND, T.; PEERAPORNPISAL, Y.; WHANGCHAI, N.; SARDSUD, U. Effect of feeding *Spirulina platensis* on growth and carcass composition of hybrid red tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). **Maejo International Journal of Science and Technology**, v. 4, n. 2, p. 331-336, 2010.

VALENTI, W. C. Aquicultura sustentável. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 12., 2002, Vila Real, Portugal. **Anais...** Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos, 2002. p. 111-118.

VALENTI, W. C. A aquicultura brasileira é sustentável? In: IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AQUICULTURA, MARICULTURA E PESCA, Aquafair, 2008, Florianópolis. **Palestras...** Florianópolis, 2008. p. 1-11.

VALENTI, W. C.; MALLASEN, M.; BARROS, H. P. Sistema de recirculação e rotina de manejo para larvicultura de camarões de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em pequena escala. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 1, p. 141-151, 2009.

WATSON, C. A.; HILL, J. E. Design criteria for recirculating, marine ornamental production systems. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 157-162, 2006.

WUANG, S. C.; KHIN, M. C.; CHUA, P. Q. D.; LUO, Y. D. Use of *Spirulina* biomass produced from treatment of aquaculture wastewater as agricultural fertilizers. **Algal Research**, v. 15, p. 59-64, 2016.

ZUANAZZI, J. S. G.; DELBEM, A. C. B.; MARENGONI, N. G.; NASCIMENTO, F. L.; LARA, J. A. F. **Determinação da composição centesimal de pacu (*Piaractus Mesopotamicus*) cultivados em tanques-rede no Pantanal**. SIMPAN - 6º Simpósio sobre Recursos Naturais e Socio econômicos do Pantanal, Desafios e Soluções para o Pantanal. Corumbá/MS, 2013. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan6/Resumos_6Simpan_1Evinci_2013.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2016.