

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

TESE

**Macroalgas Marinhas como Biofiltro em Sistemas de Aquicultura
Multitrófica Integrada e como Ingrediente em Dietas para Juvenis de
Carapeba *Eugerres brasilianus* e de Tilápia *Oreochromis niloticus***

Marcelo Duarte Pontes

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**MACROALGAS MARINHAS COMO BIOFILTRO EM SISTEMAS DE
AQUICULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA E COMO
INGREDIENTE PARA JUVENIS DE CARAPEBA *Eugerres brasilianus* E
DE TILÁPIA *Oreochromis niloticus***

MARCELO DUARTE PONTES

Sob a Orientação da Professora
Lidia Miyako Yoshii Oshiro

e Co-orientação da Pesquisadora
Beatriz Castelar Duque Estrada

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutor em
Ciências** no Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, Área de
Concentração em Produção Animal.

Seropédica, RJ
Janeiro de 2018

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P813m Pontes, Marcelo Duarte, 1984-
Macroalgas marinhas como biofiltro em sistemas de
aquicultura multitrófica integrada e como ingrediente
em dietas para juvenis de carapeba *Eugerres
brasilianus* e de tilápia *Oreochromis niloticus* /
Marcelo Duarte Pontes. - 2018.
117 f.: il.

Orientadora: Lidia Miyako Yoshii Oshiro.
Coorientadora: Beatriz Castelar Duque Estrada.
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ZOOTECNIA, 2018.

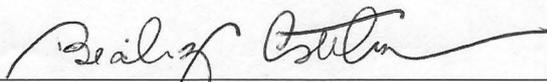
1. Aquicultura multitrófica. 2. Macroalgas
marinhas. 3. *Eugerres brasilianus*. 4. *Oreochromis
niloticus*. I. Oshiro, Lidia Miyako Yoshii, 1955-,
orient. II. Estrada, Beatriz Castelar Duque, 1979-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA. IV.
Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

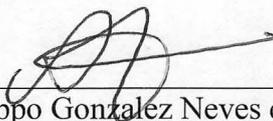
MARCELO DUARTE PONTES

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

TESE APROVADA EM 26/02/2018



Beatriz Castelar Duque Estrada. Dr^a FIPERJ
(Presidente)



Alejandra Filippo Gonzalez Neves dos Santos. Dr. UFF



Róberson Sakabe. Dr. UFF



Rodrigo Takata. Dr. FIPERJ



Leonardo Rocha Vidal Ramos. Dr. UFRRJ

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que de algum modo contribuíram para o desenvolvimento desta tese, pelas inúmeras ajudas que tornaram possível cada etapa deste longo caminho.

Aos meus pais Mauricio e Carminha, por toda dedicação e até sacrifícios na minha criação e de meus irmãos. Agradeço pelo que no início pareciam broncas, corretivos, castigos ou simples tarefas, mas com o passar do tempo percebi que foram preciosos ensinamentos, moldando meu caráter e minha formação acadêmica. Hoje percebo que boa parte da minha pequena “bagagem” agropecuária consegui de berço e seria bem difícil tê-la de outra forma. Obrigado também aos meus Irmãos Junim e Mayra por estarem sempre juntos, mesmo agora de longe, dividindo os desafios desta vida. Agradeço por essa família que tenho e saber que sempre terei o apoio que preciso.

Agradeço em especial a Manu, pela paciência e compreensão, nas horas de ausência, nos passeios, viagens e horas de lazer adiadas pelos compromissos. Agradeço muito pelo carinho e ajuda não só nesta pesquisa, mas em toda vida. Obrigado pelo amor e por me entender, estando sempre junto, tornando possível e tranquila esta caminhada.

A minha Orientadora Lidia Oshiro, por ter aceitado este desafio, por toda a ajuda, conselhos e contribuições ao longo de todo doutorado.

A Bia, minha orientadora, sócia e amiga. Pelas incomensuráveis contribuições em todas as partes deste doutorado, na sua ideia, montagem de estruturas, condução, análises, escrita, resolução dos diversos problemas, etc.

A FIPERJ, pela liberação para o doutorado e pelo uso de sua estrutura para a condução desta pesquisa. Agradeço a todo o corpo técnico da instituição pelo auxílio quando precisei. Agradeço ao Rodrigo Takata pelos conselhos e pela coordenação do projeto em que a pesquisa deste doutorado faz parte. A todos os colegas de Guaratiba pela ajuda nos desafios do dia a dia. Ao Antonio pelos preciosos ensinamentos e pelo auxílio na coleta das carapebas. Ao Felipe, pela grande ajuda na reprodução da carapeba. A Wanessa, Luzia, Ricardo e Phelipe, pelo indispensável fornecimento do alimento vivo. A Gisele e Rodrigo, pelo auxílio nas análises químicas. Ao Paula, Zé, Júlio, Reginaldo, pelas contribuições na montagem das estruturas e auxílios na condução dos experimentos. Agradeço muito a todos os estagiários que contribuíram ao longo desta pesquisa, em especial à Marina, Luan e Eduardo, que ajudaram de forma decisiva nesta pesquisa.

A pesquisadora Renata Reis, pela grande ajuda em todas as etapas deste projeto e pela parceria.

Aos meus colegas e professores dos tempos de UFV, alguns hoje parceiros de trabalho. Minha professora, Ana Lúcia Salaro e meu amigo Daniel Campelo por colaborarem muito neste estudo.

Aos pescadores, em especial ao Niltom, por todos os ensinamentos ao longo das coletas e pela doação dos peixes para a formação do plantel de reprodutores.

Ao D'Alga e meus sócios e amigos Bia e Pedro, por juntos criarmos esta empresa com pouco recurso, mas muita dedicação e trabalho. Agradeço por todas as estruturas que tornaram possível a execução dos experimentos e finalização deste projeto.

A UFRRJ pela oportunidade de fazer o doutorado, por estes anos de aprendizado que muito contribuíram para minha formação profissional

RESUMO

PONTES, Marcelo Duarte **Macroalgas marinhas como biofiltro em sistemas de aquicultura multitrófica integrada e como ingrediente em dietas para juvenis de carapeba *Eugerres brasilianus* e de tilápia *Oreochromis niloticus*** 2018. 120p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

A aquicultura intensifica-se para atender à crescente demanda por pescado. No entanto, os sistemas aquícolas intensivos estão relacionados a impactos ambientais resultante da descarga de efluentes ricos em nutrientes ou a elevados custos de produção devido à necessidade de manutenção da qualidade da água. A utilização de diferentes níveis tróficos integrados em um sistema de cultivo, aquicultura multitrófica integrada (AMTI), pode trazer diversos benefícios como a biorremediação dos efluentes e diversificação da produção. As macroalgas marinhas são eficientes na remoção de nutrientes dissolvidos na água, atuando como biofiltro e possuem em sua composição substâncias nutracêuticas, despertando a possibilidade de seu uso como ingrediente funcional na nutrição de peixes. Dentre as espécies de peixes marinhos nativos, carapeba (*Eugerres brasilianus*) possui características favoráveis à piscicultura, dentre elas a fácil reprodução, rusticidade e hábito alimentar onívoro. Outra opção é tilápia (*Oreochromis niloticus*), espécie onívora de crescimento rápido com pacote tecnológico desenvolvido e resistente a salinização da água. Neste cenário, foi avaliada a efetividade de macroalgas marinhas como biofiltro em sistema de recirculação em AMTI e o efeito da inclusão de farinha de macroalgas como ingrediente em dietas para juvenis de carapeba e tilápia. Foram avaliados a eficiência biofiltradora, crescimento e composição química das macroalgas *Hypnea musciformis*, *Kappaphycus alvarezii*, *Ulva flexuosa* e *Ulva fasciata*. Foram realizados ensaios de inclusão em diferentes níveis (0, 5 e 10%) da macroalga selecionada na dieta e avaliada a influência no desempenho produtivo do peixe, através da avaliação da sobrevivência, do ganho em peso e em comprimento. Foram avaliados o efeito da inclusão da macroalga sobre a taxa de passagem de juvenis de tilápia e carapeba, além da digestibilidade da macroalga para tilápia. Além disso, foi avaliado o efeito da inclusão da macroalga no desempenho produtivo de tilápia durante o processo de salinização da água. Os maiores desempenhos produtivo e remoção de amônia e a composição química, indicam que *U. fasciata* tem grande potencial para utilização em AMTI e como ingrediente funcional em rações para peixes. A inclusão da *U. fasciata* na dieta de juvenis de carapeba acelera a taxa de passagem, mas sem prejuízo aos parâmetros zootécnicos avaliados, indicando a possibilidade de substituição parcial da proteína sem afetar negativamente o desempenho produtivo e com benefícios ambientais e econômicos para o seu cultivo. O farelo de *U. fasciata* apresenta digestibilidade da matéria seca proteína e energia satisfatórios para juvenis de tilápia e a sua inclusão ao nível de 10% na dieta não promove alteração na velocidade de trânsito gastrointestinal, sendo este considerado um nível seguro de inclusão, sem prejudicar o aproveitamento do alimento pelo peixe. A inclusão de farelo de *U. fasciata* no teor de 10% da dieta não altera os parâmetros de desempenho produtivo durante a salinização gradual da água.

Palavras-chave: Sistemas Multitróficos. Maricultura. Aquicultura sustentável.

ABSTRACT

PONTES, Marcelo Duarte **Marine macroalgae as a biofilter in integrated multitrophic aquaculture and as an ingredient for juveniles of carapeba *Eugerres brasilianus* and tilapia *Oreochromis niloticus*** 2018. 120p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

In order to attend the growing demand for fish, aquaculture has been intensified in last years. However, intensive aquaculture systems are related to high environmental impact from the discharge of nutrient rich effluents or to high production costs by sterilization, filtration and water quality control. The use of different trophic levels in a cropping system, integrated multitrophic aquaculture (IMTA), can bring several benefits such as bioremediation of effluents and diversification of production. Marine macroalgae are efficient in removing dissolved inorganic nutrients, acting as a biofilter. Also, it produces nutraceutical substances, awakening the possibility of its use as a functional ingredient in fish nutrition. Among the Brazilian native marine fishes, carapeba (*Eugerres brasilianus*) has favorable characteristics for fish farming as easy reproduction, rusticity and omnivorous food habit. On the other side, the most produced fish in Brazil is tilapia (*Oreochromis niloticus*), omnivorous fast growing species with developed technological package, and resistant to water salinization. Effectiveness of marine macroalgae as a biofilter in a recirculation system in IMTA and the effect of the inclusion of macroalgal flour as an ingredient in diets for carapeba and tilapia juveniles were evaluated. The biofilter efficiency, growth, and chemical composition of the macroalgae *Hypnea musciformis*, *Kappaphycus alvarezii*, *Ulva flexuosa* and *Ulva fasciata* were verified. Inclusion tests were carried out at different levels (0, 5 and 10%) of the selected macroalgae in the fish diet and its influence on the fish productive performance (survival, weight gain and length) was verified. The effects of macroalgae inclusion were evaluated: in the passage rates of tilapia and carapeba; in digestibility by tilapia; and in productive performance of tilapia during the water salinization. Higher productive performance, ammonia removal, and chemical composition of the fish carcass indicate that *U. fasciata* has the greatest potential for IMTA and as a functional ingredient in fish feed among tested macroalgae. The inclusion of *U. fasciata* in the diet of juvenile carapeba speeds up the passage rate without losses in the evaluated zootechnical parameters, indicating the possibility of partial replacement of the protein without damages to the productive performance and with environment and economical benefits for its cultivation. *U. fasciata* meal presents satisfactory protein, energy, and digestibility for tilapia juveniles and its inclusion at 10% in the diet does not promote changes in gastrointestinal transit velocity. The inclusion of 10% of *U. fasciata* meal in tilapia diets does not alter its productive performance during gradual salinization of the water, so it is considered a safe level of inclusion for tilapia, besides for carapeba.

Key words: Multitrophic systems. Mariculture. Sustainable aquaculture.

LISTA DE TABELAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1. Principais resultados obtidos em estudos sobre a inserção de macroalgas marinhas em dietas para peixes.....	08
---	----

CAPITULO I

Tabela 1. Composição centesimal (proteína bruta-PB, lipídeo bruto – LB, cinzas- CZ, fibra bruta – FB) e pigmentos (Chl a – Chlorofila a e carotenoids de quatro espécies de macroalgas.....	28
Tabela 2. Perfil de ácidos graxos (mg g ⁻¹ ; media ± desvio padrão) das espécies de macroalgas avaliadas	29

CAPITULO II

Tabela 1. Formulação das dietas de juvenis de carapeba (<i>Eugerres barasilianus</i>) com diferentes níveis de inclusão de <i>Ulva fasciata</i>	49
Tabela 2. Níveis de inclusão da ração basal (g kg ⁻¹), marcadores e ingrediente teste (<i>Ulva fasciata</i> , farelo) nas dietas experimentais do experimento 1	50
Tabela 3. Média (± desvio padrão) das variáveis abióticas monitoradas no período experimental.....	51
Tabela 4. Média (± desvio padrão) da taxa de sobrevivência (TS), ganho de peso (GP) e ganho de comprimento (GC) dos juvenis de carapeba alimentados com três níveis de macroalga na ração (0, 5 e 10%), cultivados em água verde (V) e clara (C).....	52
Tabela 5. Resultados das análises de variância bifatorial para os fatores dieta (0, 5 e 10% de inclusão de alga nas rações) e água (clara e verde) e de suas interações (Dieta X Água), para as variáveis zootécnicas avaliadas – taxa de sobrevivência (TS), ganho em peso (GP) e ganho em comprimento (GC). Valor p é o valor da significância	52

CAPITULO III

Tabela 1. Formulação e composição química da ração basal utilizada para juvenis de tilápia.....	67
Tabela 2. Níveis de inclusão da ração basal (g kg ⁻¹), marcadores e ingrediente teste (<i>Ulva fasciata</i> , farelo) nas dietas experimentais do experimento 1.....	68
Tabela 3. Média (± desvio padrão) das variáveis abióticas monitoradas no período experimental.....	70
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente das dietas e do farelo de <i>Ulva fasciata</i> para juvenis de tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	71

CAPITULO IV

Tabela 1. Média (± desvio padrão) das variáveis abióticas monitoradas no período experimental.....	85
Tabela 2. Formulação e composição química das dietas utilizadas para juvenis de tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>) durante o processo de salinização da água.....	86
Tabela 3. Parâmetros de desempenho produtivo de juvenis de tilápias (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentadas com dietas com a inclusão de <i>Ulva fasciata</i> durante o processo de salinização da água.....	88

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Figura 1. Representatividade da produção aquícola brasileira no ano de 2015, segundo estimativas da FAO-FIGIS (2017).4

CAPITULO I

Figura 1. Variação temporal (horas) da concentração de nutrientes (mg L⁻¹), Nitrogênio inorganico dissovido (somatório do nitrogênio da amônia, do nitrito e do nitrato - DIN) e relação nitrogênio: fósforo inorgânico (N:P) em tanques de macroalgas cultivadas em água oriunda de efluente de cultivo de peixes marinhos A ausência de dados de nitrito em 72 horas ocorreu por falha analítica30

Figura 2. Regressões entre a eficiência de retirada (ER) de cada nutriente (eixo y) pelas algas (*Hypnea musciformis*, *Kappaphycus alvarezii*, *Ulva fasciata* e *U. Flexuosa*) em função da razão Nitrogênio: Fósforo (N:P; eixo x), com respectivos coeficientes de regressão (R²) e significâncias (p).....31

Figura 3. Taxa de crescimento diário (TCD) das macroalgas cultivadas em tanques com efluente de peixes marinhos durante 35 dias.....32

Figura 4. Temperatura (em cinza) e intensidade luminosa (Luz; em preto) nos tanques de cultivo de algas durante o experimento de crescimento. As linhas cheias são referentes aos valores médios e as tracejadas indicam os valores máximos e mínimos de temperatura.....33

CAPITULO II

Figura 1. Média (\pm desvio padrão) do índice de coloração das fezes (IC %) de juvenis de carapeba (*Eugerres brasiliensis*) alimentados com dietas sem alga (colunas claras) e com inclusão de 10% do farelo de *Ulva fasciata* na ração (colunas escuras) em função do tempo (horas).....53

CAPITULO III

Figura 1. Esquema do sistema de recirculação de água utilizado no presente estudo66

Figura 2. Índice de coloração (IC %) das fezes de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em função da inclusão do farelo de *Ulva fascista*. As barras em claras representam as fezes da ração isenta de macroalga e as barras escuras representam as fezes com ração contendo macroalga.....71

SUMÁRIO

1	Introdução geral	1
2	Revisão bibliográfica	3
2.1	Intensificação da aquicultura e integração de cultivos	4
2.2	Macroalgas como alimento para peixes	6
2.3	Carapeba, <i>Eugerres brasilianus</i>	10
2.4	Tilápia e o processo de salinização da água	11
3	Referências Bibliográficas	13
4	CAPÍTULO I	23
	Resumo	24
4.1	Introdução	25
4.2	Material e Métodos	26
4.3	Resultados	28
4.4	Discussão	34
4.5	Conclusão	37
	Agradecimentos	38
4.6	Referências bibliográficas	39
5	CAPÍTULO II	44
	Resumo	45
5.1	Introdução	46
5.2	Material e Métodos	48
5.3	Resultados	52
5.4	Discussão	54
5.5	Conclusão	55
	Agradecimentos	56
5.6	Referências bibliográficas	57
6	CAPÍTULO III	62
	Resumo	63
6.1	Introdução	64
6.2	Material e Métodos	65
6.3	Resultados	71
6.4	Discussão	72
6.5	Conclusões	74
	Agradecimentos	75
6.6	Referências bibliográficas	76
7	CAPÍTULO IV	81
	Resumo	82
7.1	Introdução	83
7.2	Material e Métodos	85
7.3	Resultados	88
7.4	Discussão	89
7.5	Conclusões	90
	Agradecimentos	91
7.6	Referências Bibliográficas	92
8	CONCLUSÃO GERAL	95
9	ANEXO	96

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas, com a estagnação da pesca e o crescente consumo de pescado, a aquicultura passou a desempenhar papel essencial no fornecimento deste recurso à população. Com o desenvolvimento das tecnologias utilizadas na aquicultura, é notável a otimização dos sistemas de cultivo utilizados. Porém, a busca pelo aumento de índices produtivos tem levado a um maior aporte de nutrientes nos sistemas aquícolas, associado principalmente à quantidade necessária de alimento para atender as exigências nutricionais de peixes estocados em densidades cada vez mais elevadas.

A capacidade dos peixes em converter os nutrientes fornecidos pelo alimento em biomassa é limitada e dependente de uma série de fatores como: a qualidade do alimento, as exigências nutricionais específicas, o manejo alimentar, etc. Esta ineficiência faz com que boa parte dos nutrientes se torne rejeito com grande potencial poluidor e com elevado custo para o tratamento e remediação dos impactos promovidos.

Uma tecnologia que minimiza significativamente a descarga de efluentes da aquicultura para o meio ambiente é a recirculação de água. Neste tipo de sistema, o efluente dos animais normalmente é tratado em um biofiltro com a presença de bactérias nitrificantes, que diminuem a carga tóxica das excretas nitrogenadas, através da oxidação de amônia em nitrato. No entanto, nestes sistemas há tendência de acúmulo de nutrientes de baixa toxicidade como o nitrato e fosfato, que só são retirados do sistema por meio da descarga de efluentes para o meio ambiente.

Neste contexto, a utilização de macroalgas marinhas pode contribuir para o equilíbrio deste sistema de produção, absorvendo estes nutrientes disponíveis e os convertendo em biomassa. Esta biomassa pode ser um produto alternativo, aumentando a rentabilidade da atividade, ou sendo aproveitada na alimentação dos peixes cultivados.

Macroalgas marinhas apresentam em sua composição diversos nutrientes, como pigmentos, oligossacarídeos, vitaminas e minerais que podem desempenhar funções nutraceuticas. Portanto, a inclusão de macroalgas na dieta pode melhorar a higidez do animal, refletindo em maior resistência às condições adversas dos fatores abióticos, manejo e doenças, além de refletir em melhorias no desempenho produtivo.

A piscicultura marinha nacional, ainda incipiente, tem focado seus esforços no desenvolvimento de tecnologias de produção para o bijupirá (*Rachycentron canadum*). Embora fundamental, o cultivo de espécies carnívoras de grande porte tem algumas limitações. As elevadas exigências nutricionais aliadas ao tamanho do peixe e consequentemente das instalações fazem deste cultivo uma atividade de elevado investimento financeiro e grande potencial impactante ao meio ambiente causado pelo efluente com grande potencial eutrofizante.

Uma alternativa promissora é o cultivo de carapeba, *Eugerres brasiliensis* (Cuvier, 1830), uma espécie nativa, de hábito alimentar onívoro, resistente a variações na qualidade de água e ao manejo, fácil reprodução e custos reduzidos com instalações. Características de grande interesse para a piscicultura marinha, principalmente ao pequeno produtor.

Outra possibilidade é a utilização de tilápia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), espécie com cadeia produtiva consolidada no Brasil, que tem tolerância ao processo de salinização da água. A tilápia poderia preencher momentaneamente a carência de espécies onívoras, com ciclo de produção curto, enquanto não ocorre o pleno desenvolvimento das espécies marinhas nacionais.

No entanto, o cultivo de macroalgas e peixes marinhos ainda carecem de informações necessárias ao desenvolvimento das atividades, principalmente de tecnologias que reduzam o descarte de nutrientes e o custo com filtragem e esterilização da água de cultivo. Desta forma, no presente estudo foram avaliados a efetividade de macroalgas marinhas como biofiltro e os

efeitos de sua inclusão na alimentação de juvenis de carapebas e tilápias, considerando-se seu potencial como ingrediente funcional.

Deste modo, esta tese foi dividida em quatro capítulos, redigidos em formato de artigos científicos. O primeiro, sobre a seleção de uma espécie de macroalga adequada para produção em aquicultura multitrófica integrada e com características nutricionais interessantes para a nutrição de peixes; o segundo, sobre a inserção em diferentes níveis de farelo de macroalga em dietas para juvenis de carapeba; o terceiro, sobre a digestibilidade do farelo de macroalga e seu efeito na taxa de passagem gastrointestinal em juvenis de tilápias; e o quarto, sobre o efeito da dieta contendo farelo de macroalgas no processo de salinização do cultivo de tilápias. Além disso, como material suplementar, foram registradas a captura de reprodutores, a reprodução e a larvicultura de carapeba, realizadas para a obtenção dos juvenis utilizados capítulo II, que será publicado na forma de boletim técnico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A manutenção do fornecimento de pescado pela pesca está ameaçada, o que coloca em risco a segurança alimentar mundial, tendo em vista a importância do pescado na nutrição humana (GOLDEN et al. 2016). Neste sentido, a aquicultura terá uma importância cada vez maior no fornecimento de pescado para atender a crescente demanda mundial (THILSTED et al. 2016). Segundo estimativas da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), a produção de pescado pela aquicultura superou em 2014 a pesca e projeta-se que no ano de 2025 a aquicultura supere a pesca na produção de pescado para uso na alimentação humana (FAO, 2016). No entanto, este fato deve ser avaliado com cautela, pois boa parte da produção aquícola atual ainda é dependente de produtos oriundos da pesca, como a farinha e o óleo de peixe em rações (PAULY e ZELLER 2017).

As estimativas de produção da FAO-FIGIS (2017) indicam que no Brasil, a produção da aquicultura segue em constante ascensão, impulsionada principalmente por produtos oriundos da aquicultura continental. A figura 1 apresenta a produção aquícola brasileira no ano de 2015, segundo dados da FAO-FIGIS (2017), onde a piscicultura de água doce é responsável por grande parte do pescado produzido nacionalmente e representa quase a totalidade da aquicultura no país. A maricultura ainda tem pequena participação no volume total produzido e é representada principalmente pela produção de camarões marinhos. A produção aquícola brasileira é 99,88% de origem animal, sendo a produção vegetal composta pelas macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Gracilaria* sp. Ainda não são contabilizados dados oficiais de produção da piscicultura marinha brasileira, apesar das diversas iniciativas de produção e um histórico que indicam produção comercial desde os anos de 1930 (CAVALLI et al. 2011).

Para que a expansão da aquicultura brasileira ocorra, faz-se necessário o desenvolvimento de setores ainda pouco explorados, como a maricultura, principalmente em áreas de litoral passíveis de cultivo. O constante aperfeiçoamento dos sistemas de produção deve ser objetivo de pesquisas futuras, para aumentar a produção, mas ao mesmo tempo tornar estes sistemas menos impactantes ao meio ambiente e menos dependentes de água, espaço e energia. Além disso, são necessários avanços nutricionais, especialmente através do aumento da eficiência alimentar e da redução da dependência de produtos oriundos da pesca.

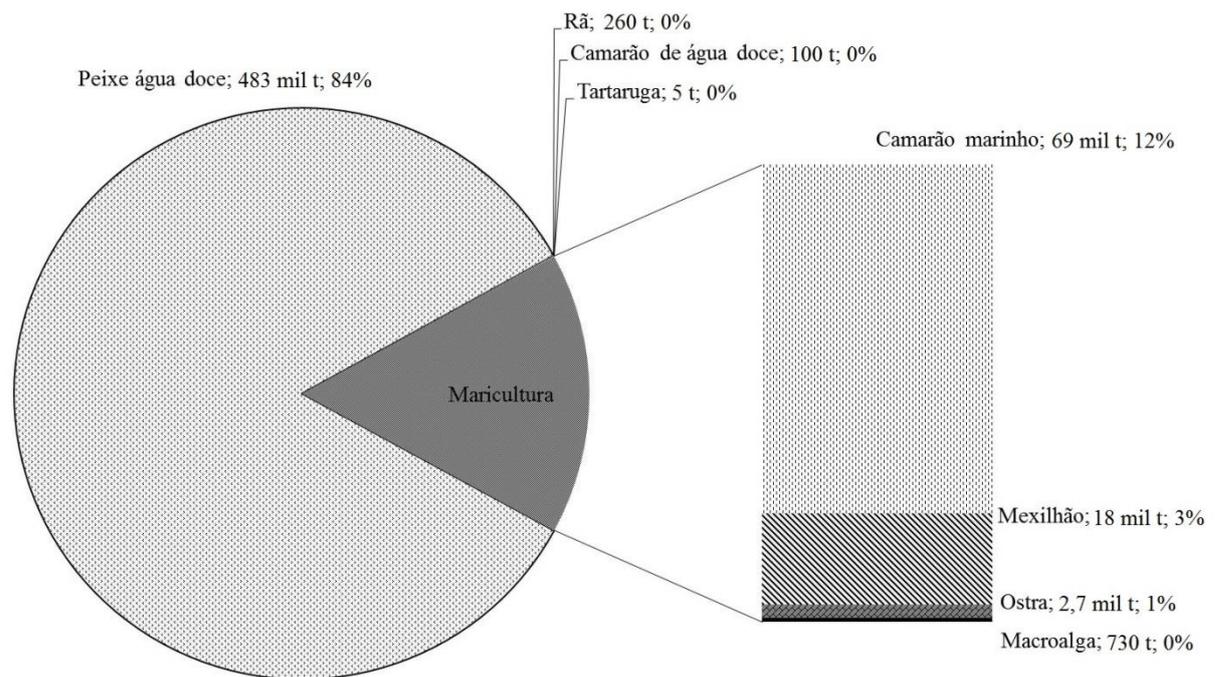


Figura 1. Representatividade da produção aquícola brasileira no ano de 2015, segundo estimativas da FAO-FIGIS (2017).

2.1 Intensificação da Aquicultura e Integração de Cultivos

O desenvolvimento de tecnologias na aquicultura em áreas como a reprodução, nutrição, manejo e instalações levou ao melhoramento dos índices zootécnicos, ao maior aproveitamento dos alimentos e à otimização dos sistemas produtivos. No entanto, a eficiência da utilização dos nutrientes pelos peixes ainda é reduzida, aproveitando-se uma pequena proporção dos nutrientes ofertados na alimentação (WU 1995; BOYD 2003). Conseqüentemente, o efluente da piscicultura geralmente é rico em matéria orgânica particulada, sólidos suspensos e nutrientes dissolvidos, como o nitrogênio e fósforo, originados de alimentos não consumidos, fezes e resíduos metabólicos dos peixes, com grande potencial poluidor e risco ao meio ambiente no caso de descarte sem tratamento (PIEDRAHITA 2003; EDWARDS 2015; OTTINGER et al. 2016).

A utilização de sistemas intensivos de produção que realizam a recirculação, o tratamento e reaproveitamento da água minimizam o descarte do efluente aquícola para o meio ambiente (MONSEES et al. 2017). Estes sistemas de cultivo ainda tem a vantagem de aproveitar de forma mais eficiente o uso da água e espaço (GUTIERREZ-WING e MALONE 2006). O tratamento da água nestes sistemas é feito por duas etapas principais: uma primeira de filtração física para a concentração e retirada dos sólidos em suspensão, normalmente feita por clarificadores, decantadores e/ou filtros (MONSEES et al. 2017) e uma segunda etapa onde a água fica em contato com um biofilme de bactérias nitrificantes que convertem a amônia excretada pelos organismos em nitrato (PAREDES et al. 2007). Esta transformação é um processo extremamente necessário para diminuir a sua toxidez, já que a amônia é um composto tóxico em teores relativamente baixos (RANDALL e TSUI, 2002). No entanto este processo de filtragem biológica em sistemas de recirculação de água resulta no acúmulo do nitrato, podendo chegar em alguns casos a níveis tóxicos aos animais (RODRIGUES et al. 2011; MONSEES et al. 2017b). Uma das formas de minimizar o impacto do nitrato seria a desnitrificação deste em nitrogênio, que é volatilizado do sistema. Contudo esse processo

enfrenta limitações econômicas e técnicas e neste sentido uma série de bioreatores baseados na nitrificação parcial da amônia e posterior desnitrificação têm sido desenvolvidos, mas ainda em nível experimental (VAN RIJN et al. 2006; PAREDES et al. 2007; VAN RIJN 2013). Uma alternativa seria a integração de vegetais no sistema de produção de organismos aquáticos, para que estas absorvam os nutrientes dissolvidos na água (GODDEK et al. 2015). Essa tecnologia inovadora e sustentável maximiza do uso da água e converte os nutrientes excretados ou perdidos pelos animais em biomassa vegetal (HU et al., 2015), além de diversificar a atividade, com a incorporação de outros produtos de valor econômico no sistema de produção (CHOPIN et al. 2001).

Os sistemas de aquicultura baseados na integração das diferentes criações, no qual o resíduo de um é utilizado como o insumo para a produção de outro, são denominados aquicultura multitrófica integrada (AMTI). A AMTI é caracterizada pela utilização de organismos de diferentes níveis tróficos: os que são alimentados (peixes e ou camarões) e os que retiram os resíduos da água através da absorção de nutrientes inorgânicos dissolvidos (macroalgas, microalgas e/ou plantas halófitas) ou através filtragem da matéria orgânica em suspensão (ostras e mexilhões) (CHOPIN et al. 2001; NEORI et al. 2004; SHIMODA et al. 2005; ZHOU et al. 2006; BUHMANN e PAPENBROCK 2013). Em cultivos de água doce, a junção do cultivo de vegetais em hidroponia com peixes em recirculação de água é conhecida como “aquaponia” (TYSON et al. 2011; HU et al. 2015).

O correto funcionamento de uma AMTI deve ser baseado na proporção ideal entre os grupos de organismos. Caso o sistema não esteja balanceado, os nutrientes tendem a se acumular na água, gerando eutrofização (JIANG et al. 2010; WU et al. 2015), o que pode levar a danos à produção e até morte dos animais.

Neste sentido as macroalgas podem tem função vital neste sistema, sendo responsáveis pela filtração dos nutrientes dissolvidos na água, oriundos da excreção dos animais alimentados (CHOPIN et al. 2001; NEORI et al. 2004). No entanto, a taxa máxima de remoção de nutrientes é extremamente variável entre as espécies de macroalgas e condições de cultivo (HAYASHI et al. 2008). Após 5 dias de cultivo *Ulva flexuosa*, *U. fasciata* e *Gracilaria birdiae* absorveram $98,2 \pm 3,7\%$ da amônia, $98,4 \pm 3,0\%$ do nitrato e $62,1 \pm 0,0\%$ do fosfato da água (CASTELAR et al. 2015). Em cultivo em efluente de piscicultura marinha (*Sparus aurata*), *U. lactuca* absorveu 85% da amônia da água (VANDERMEULEN e GORDIN, 1990). *Kappaphycus alvarezii* utilizou 18,20% do nitrato, 50,84% do nitrito, 70,54% da amônia e 26,76% do fosfato em cultivo integrado com pampo (*Trachinotus carolinus*) (HAYASHI et al. 2008). *Gracilariopsis longissima* absorveu 60% da amônia e 19,4% do fosfato, já *U. rotundata* absorveu 85% da amônia e 26,2% do fosfato, ambas cultivadas em integração com a dourada (*S. aurata*) (HERNÁNDEZ et al. 2005). No cultivo em efluente de criação de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*), *G. birdiae* promoveu a remoção de 93,5% do fosfato, 34% da amônia e 100% do nitrato após quatro semanas (MARINHO-SORIANO et al. 2009). Em cultivo integrado com camarões marinhos (*Panaeus monodon*) as macroalgas *U. lactuca* e *G. edulis* foram eficientes na remoção de amônia da água, melhorando o desempenho produtivo do camarão (LAVANIA-BALOO et al. 2014).

O crescimento de macroalgas em AMTI está intimamente relacionado às condições do cultivo: densidade, aeração, taxa de renovação de água, entre outros, que influenciam o seu crescimento no sistema (MSUYA e NEORI, 2008; AL-HAFEDH et al. 2014; BEN-ARI et al. 2014). Para o sucesso de uma macroalga como biofiltro devem ser considerados fatores abióticos, tais como temperatura, luz, salinidade, além da concentração de nutrientes (CHOPIN et al. 2001; HAYASHI et al. 2008) e fatores bióticos como estágio fisiológico da macroalga, variabilidade intraespecífica, fase de reprodução, razão entre superfície e volume de talos, e as alterações morfológicas induzidas pelo cultivo (CHOPIN et al. 2001).

Algumas macroalgas apresentam elevadas taxas de crescimento quando cultivadas em integração com peixes. O crescimento de *U. rotundata* e *G. longissima* cultivadas em integração com a dourada (*S. aurata*) foi de 33,6 e 10,2 g de matéria seca m⁻² d⁻¹, respectivamente (HERNÁNDEZ et al. 2005). A *Gracilaria lemaneiformis* apresentou taxa de crescimento diário (TCD) de até 11,03 % dia⁻¹ em cultivo integrado com o peixe *Sebastes fuscescens* (ZHOU et al., 2006). O crescimento das macroalgas bem como a sua composição química, são influenciados pelo sistema de produção (MSUYA e NEORI 2008). O cultivo em AMTI pode melhorar a qualidade nutricional da macroalga, elevando os teores protéicos em relação a sua composição no ambiente natural (ARAUJO et al. 2015). O teor proteico de *U. lactuca* variou de 16,3% em baixa concentração de nitrogênio na água (1,4 g N m⁻² dia⁻¹) a 44,3% quando cultivada em altas concentrações de nitrogênio na água (38,32 g N m⁻² dia⁻¹) (MSUYA e NEORI 2008).

2.2 Macroalgas como Alimento para Peixes

A biomassa de macroalgas produzidas em AMTI podem ter diversas finalidades, seja para a extração de compostos para uso em cosméticos, indústrias químicas, farmacêuticas, dentre outras, ou para utilização na alimentação humana e animal, principalmente em países asiáticos (FLEURENCE 1999; KUMAR et al. 2014). Algumas macroalgas marinhas possuem elevados teores proteicos, indicando excelente potencial de substituição parcial à farinha de peixe ou para a produção de concentrados proteicos (WONG et al. 2000; KUMAR et al. 2014). Além disso, a presença de diversos outros compostos com funções bioativas, como minerais, polissacarídeos não amiláceos, vitaminas e ácidos graxos essenciais, faz com que as macroalgas marinhas possam ser consideradas um ingrediente nutracêutico (KUMAR et al. 2008; HOLDT e KRAAN 2010; O’SULLIVAN et al. 2010).

Compostos extraídos de macroalgas marinhas têm demonstrado diversas atividades benéficas, como ação antioxidante (CHANDINI et al. 2008; O’SULLIVAN et al. 2011; SHAO et al. 2013; PEASURA et al. 2015), antimicrobiana (COX et al. 2010; PRIYADHARSHINI et al. 2012; MATA et al. 2013; AL-SAIF et al. 2014) e como prebiótico (DILLON et al. 2010; O’SULLIVAN et al. 2010). O elevado teor de minerais de macroalgas marinhas, pode fazer deste ingrediente uma fonte natural de suplementação mineral (CABRITA et al. 2016), em substituição aos suplementos minerais utilizados atualmente na produção animal. Macroalgas são reconhecidas como fonte de minerais essenciais como potássio, cálcio, fósforo, magnésio, ferro, zinco, manganês, iodo e cobre (RUPÉREZ 2002), além de ser uma fonte suplementar de minerais traço, em forma biodisponíveis, contribuindo para melhoria do crescimento e sanidade animal (EVANS e CRITCHLEY 2014). Além disso, a inclusão pode não só atender as exigências dos animais, mas também melhorar a qualidade nutricional do pescado produzido. Embora a inclusão de suplementos minerais tradicionais utilizados não seja proibida na produção de orgânicos (MAPA 2008), a utilização de macroalgas na suplementação mineral pode ser bem atrativa ao conceito (RIBEIRO et al. 2015).

Na tabela 1 estão apresentados os principais resultados de uma série de estudos conduzidos sobre a inclusão de macroalgas em dietas para peixes. A inclusão de baixos teores (<10%) do farelo de macroalgas em substituição aos ingredientes tradicionais da aquicultura, não tem prejudicado o desempenho produtivo dos animais, e em alguns casos traz benefícios aos peixes, atuando como ingrediente funcional (Tabela 1).

A inclusão de macroalgas marinhas em dietas para organismos aquáticos também pode trazer benefícios às características organolépticas da carne, pois são ricas em bromofenóis e dimetilsulfuretos, principais substâncias responsáveis pelo “sabor de mar” de pescados marinhos (BOYLE et al. 1993; WHITFIELD et al. 1999; JONES et al. 2016). Desta forma,

são responsáveis por grande parte dos bromofenóis da carne de peixes onívoros costeiros (WHITFIELD et al. 1998). A utilização de macroalgas em dietas para organismos marinhos cultivados pode contribuir para o fornecimento de bromofenóis para estes animais (CHUNG et al. 2003).

Neste contexto, as macroalgas do gênero *Ulva* tem recebido destaque, fato que pode estar relacionado ao seu rápido crescimento no cultivo em tanques e no mar (MSUYA e NEORI, 2008; CASTELAR et al. 2015), além de seu elevado teor proteico (MSUYA e NEORI 2002; SCHUENHOFF et al. 2003). Ainda, a produção desta alga em sistemas de AMTI pode melhorar sua qualidade nutricional em relação às cultivadas em ambiente natural, com elevação dos teores proteicos e menor oscilação na composição química, devido ao aporte constante de nutrientes, menor variação nas condições ambientais e maior controle de epífitas (LÜNING e PANG 2003; SCHUENHOFF et al. 2003; ABREU et al. 2011; SILVA et al. 2015).

Tabela 1. Principais resultados obtidos em estudos sobre a inserção de macroalgas marinhas em dietas para peixes.

Macroalga	Peixe	Inclusão	Resultados principais	Referências
	<i>Pagrus major</i>	Até 5%	Aumento no teor de proteína muscular	NAKAGAWA et al. 1997
<i>Ascophyllum nodosum</i>	Tilápia, <i>Oreochromis niloticus</i>	Até 2%	Sem alteração no ganho em peso e melhorias na conversão alimentar e rendimento de carcaça com 2%	COSTA et al. 2013
<i>Cystoseira barbata</i>	Tilápia, <i>Oreochromis niloticus</i>	Até 15%	Sem prejuízo ao desempenho produtivo	GÜROY et al. 2007
<i>Gracilaria arcuata</i>	Bagre africano, <i>Clarias gariepinus</i>	Até 30%	Redução do consumo e do crescimento acima de 10%	AL-ASGAH et al. 2016
<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	Truta, <i>Oncorhynchus mykiss</i>	Até 10%	5% - Maior teor de carotenoides no filé, estímulo ao sistema imune, sem alteração no crescimento. 10% - redução no crescimento	ARAUJO et al. 2015
	Tilápia, <i>Oreochromis niloticus</i>	10%	Redução no consumo da dieta e no desempenho produtivo	SILVA et al. 2015
<i>Laminaria digitata</i>	Dourada, <i>Sparus aurata</i>	10%	Aumento no teor de iodo, sem alteração no crescimento e nas características sensoriais do filé	RIBEIRO et al. 2015
<i>Porphyra dioica</i>	Tilápia, <i>Oreochromis niloticus</i>	10%	Sem alteração no desempenho produtivo e na composição química da carcaça	SILVA et al. 2015
<i>Pterocladia capillacea</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Até 15%	Melhoria do desempenho produtivo com 5%, Maior sobrevivência no teste de agente estressor	WASSEF et al. 2013
<i>Sargassum siliquastrum</i>	<i>Sparus sarba</i>	30%	Incremento dos teores de bromofenóis e alterações no sabor da carne	MA et al. 2005
<i>Ulva fasciata</i>	Carpa indiana, <i>Cirrhinus mrigala</i>	Até 5%	Melhoria no desempenho produtivo e composição da carcaça	BALALAKSHMI et al. 2010
<i>Ulva lactuca</i>	<i>Lutjanus stellatus</i>	Até 20%	Melhoria do desempenho produtivo com 5% e prevenção do estresse oxidativo causado pelo metabolismo do colesterol (ação antioxidante). Redução do desempenho produtivo acima de 10%	ZHU et al. 2015
	Bagre africano, <i>Clarias gariepinus</i>	Até 30%	Redução do consumo e do crescimento acima de 10%	ABDEL-WARITH et al. 2015
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Até 15%	Melhoria do desempenho produtivo com 5%	WASSEF et al. 2013

Tabela 1 (continuação)

Macroalga	Peixe	Inclusão	Resultados principais	Referências
<i>Ulva ohnoi</i>	Barramundi, <i>Lates calcarifer</i>	Até 30%	Alteração do sabor da carne (“sabor de mar” em peixe de água doce)	JONES et al. 2016
		Até 50%	Redução do consumo com 50%	
<i>Ulva rigida</i>	Tilápia, <i>Oreochromis niloticus</i>	5%	Melorias no crescimento, eficiência alimentar, utilização de nutrientes menor teor de lipídeos na carcaçac	ERGÜN et al. 2009
		Até 15 %	Redução no crescimento no teor de 15%	GÜROY et al. 2007
		Até 30%	Redução do crescimento sem alteração na ingestão com 30%	AZAZA et al. 2008
	Carpa, <i>Cyprinus carpio</i>	Até 20%	Melhoria na utilização da proteína com 5%. Sem prejuízo ao desempenho produtivo até 15%	DILER et al. 2007
<i>Ulva sp.</i>	Tainha <i>Mugil cephalus</i>	Até 25%	Malhoria no ganho de peso com 20% de inclusão	WASSEF et al. 2001
	Tilápia, <i>Oreochromis niloticus</i>	10%	Estímulo à resposta imune, sem prejuízos ao desempenho produtivo e às propriedades organolépticas da carne	VALENTE et al. 2015b
		10%	Sem alteração no desempenho produtivo e na composição química da carcaça	SILVA et al. 2015
		Até 20%	Sem alteração no desempenho produtivo até 10% de inclusão.	MARINHO et al. 2013
	Tilápia, <i>Oreochromis sp.</i>	Até 25%	Aumento no ganho de peso e redução da conversão alimentar até a inclusão de 15%	EL-TAWIL 2010
	Truta, <i>Oncorhynchus mykiss</i>	Até 10%	Sem alteração no desemenho produtivo	GÜROY et al. 2013

No entanto, a utilização de farelo de macroalgas em teores acima de 10% de inclusão na dieta de peixes pode afetar o crescimento dos animais, tanto pela redução do consumo associado à baixa palatabilidade, quanto por questões nutricionais. Macroalgas em geral possuem polissacarídeos não-amiláceos (PNA) (ASP 1996). Em elevados teores, os PNA podem ter efeitos prejudiciais à nutrição de organismos aquáticos (SINHA et al. 2011), influenciando as características físicas do quimo, alterando a viscosidade e trânsito da digesta, o que pode afetar na ação de enzimas digestivas e conseqüentemente a absorção de nutrientes (JOHANSEN et al. 1996; LEENHOUWERS et al. 2006; BRINKER, 2009; ZHU et al. 2015). Outro fator antinutricional é a presença de substâncias químicas como saponinas, taninos e ácido fítico, conforme relatado por AZAZA et al. (2008).

A forma de processamento da macroalga pré inclusão também pode ser um fator de alteração das respostas pelos animais. Ao contrário do observado com a inclusão de 10% da

farinha de *U. rigida*, sua utilização após tratamento térmico em autoclave prejudicou o crescimento e a retenção de proteína em tilápias (GÜROY et al. 2013). Estes autores justificam que o tratamento térmico pode ter inutilizado nutrientes da macroalga e prejudicando a absorção pelos animais.

2.3 Carapeba, *Eugerres brasilianus*

Carapeba é uma espécie nativa do litoral brasileiro, ocorrendo desde o Atlântico Ocidental, no Caribe e de Belize até o sul do Brasil, principalmente em regiões lagunares de estuário (MENEZES E FIGUEREDO 1980; CERVIGON et al. 1992; PÉREZ-HEMÁNDEZ e ZAVALA-HURTADO 1993; HOSTIM- SILVA et al. 2010). Carapeba é considerada a espécie de maior porte entre os representantes da família Gerreidae (EIRAS e ESTOFELLA 1986), atingindo até 50 cm de comprimento (GARCÍA-ARTEAGA e VALLE 1997). Apresenta grande potencial para a piscicultura marinha (CAVALLI et al. 2011; CARLOS SOARES et al. 2016). A grande resistência à variação de salinidade, o hábito alimentar onívoro e a capacidade de alimentação no substrato são características promissoras para a sua criação (FRANCO et al. 2012; PASSINI et al. 2013). Na avaliação das branquias de adultos não são observadas estruturas que permitam filtração do plâncton (EIRAS-STOFELLA e CHARVET-ALMEIDA 2000), possuindo em sua alimentação natural desde cianobactérias, diatomáceas, crustáceos, anelídeos até restos de animais digeridos, pequenos peixes, etc (ARENAS-GRANADOS e ACERO 1992; SIERRA et al. 1994; VASCONCELOS FILHO et al. 2009; CARLOS SOARES et al. 2016). Na natureza parece se alimentar no período noturno, já que animais coletados durante o dia apresentavam estômago vazio (CARLOS SOARES et al. 2016).

Possui carne branca de boa aceitação no mercado, sendo tradicionalmente consumida e apreciada pela população litorânea (SAAD 2003). É reconhecida e frequentemente citada pela comunidade ribeirinha, conhecendo seus hábitos reprodutivos e alimentares (SOUZA e BARRELA 2001).

Dentre outras características de carapeba para a criação estão a boa aclimação ao cultivo, resposta a indução hormonal e reprodução em cativeiro. Segundo PASSINI et al. (2013), após a captura, exemplares selvagens estavam aclimatados e apresentavam maturação gonadal avançada, em que os machos liberam sêmen após massagem abdominal e as fêmeas apresentaram ovócitos vitelogênicos. A aplicação do análogo do hormônio liberador do hormônio luteinizante (LHRHa) na dosagem de 15 µg kg⁻¹, foi eficiente para a desova de carapeba, permitindo a desova de 100% das fêmeas (PASSINI et al. 2013). Com a utilização de reprodutores selvagens recém capturados, 16 das 20 fêmeas induzidas desovaram após a aplicação de Gonadotrofina Coriônica Humana (hCG), com taxa de fertilização média de 87,6% (LAJONCHÈRE et al. 1996). Estudo avaliando a composição corporal e perfil lipídico de carapeba em diferentes estágios reprodutivos demonstrou uma grande mobilização de lipídeos para as gônadas na época de reprodução, indicando que dietas para reprodutores de carapeba devem ser ricas em ácidos graxos altamente insaturados, principalmente o ácido graxo araquidônico (SANTOS et al. 2016).

Mortalidades durante a larvicultura são relatadas durante o período transição alimentar do alimento vivo para ração, possivelmente relacionadas a baixa aceitação da dieta seca, deficiências nutricionais da ração, ou densidade de estocagem inadequada (LAJONCHÈRE et al. 1996). As taxas de sobrevivência obtidas por estes autores foram de 12,5% em 48 dias após a eclosão (DAE) e 6,25% aos 60 DAE, na densidade de 80 larvas L⁻¹. A faixa de temperatura que promove maior crescimento é de 27-30°C, temperaturas da água inferiores a 20°C podem causar elevada mortalidade (LAJONCHÈRE et al. 1996).

Informações sobre o crescimento e nutrição de juvenis ou informações sobre desempenho produtivo ainda não são disponíveis na literatura. Sendo de grande importância pesquisas relacionadas à nutrição e manejo desta espécie, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de sua criação comercial.

2.4 Tilápia e o Processo de Salinização da Água

Tilápia (*Oreochromis niloticus*) é o peixe mais cultivado no Brasil com 219 mil toneladas produzidas em 2015, o que corresponde a aproximadamente 45% da produção da piscicultura naquele ano. Esta espécie possui também grande expressão global, correspondendo a aproximadamente 7,56% da produção mundial da piscicultura no ano de 2015 (FAO-FIGIS 2017).

A grande representatividade de sua produção pode estar relacionada com o fato de a tilápia ser um peixe com grande número de estudos acerca de sua nutrição, sendo constantemente produzidas publicações sobre o refinamento das exigências em aminoácidos, minerais, vitaminas, ácidos graxos, entre outros. Aliado a este fato, tilápia possui uma grande adaptabilidade aos mais diversos sistemas de produção, sendo cultivada desde sistemas extensivos, onde predomina a alimentação natural, até aos mais intensificados (WATANABE et al. 2002), como bioflocos (LIMA et al. 2016; MANSOUR et al. 2017) e aquaponia (MONSEES et al. 2017).

Embora a *O. niloticus* não seja a espécie de tilápia mais resistente a salinidade (KAMAL e MAIR 2005), após um processo de adaptação pode ser cultivada em água salobra e até salina (AVELLA et al. 1993). No entanto, diversos fatores podem influenciar na sobrevivência e desempenho produtivo de tilápias em águas salinizadas (SURESH e LIN 1992), tais como temperatura (LIKONGWE et al. 1996), idade (WATANABE et al. 1985), densidade de estocagem (JUN et al. 2011), linhagem (EL-DAHAR et al. 2011), alimentação (TRAN-NGOC et al. 2017) e processo de aclimação (LEMARIÉ et al. 2004).

A transferência direta para águas com concentrações elevadas de sal pode provocar uma série de danos a tilápia e até a morte. A exposição direta de juvenis de tilápia à salinidade de 20 g sal L⁻¹ e 35 g sal L⁻¹ levou a 75 e 100% de mortalidade, respectivamente, após 96 horas de exposição, bem como promoveram uma série de alterações comportamentais e danos a tecidos das brânquias e rins (HASSAN et al. 2013). O cultivo de tilápias em salinidade de 15 g sal L⁻¹ por 8 semanas provocou danos no epitélio do Trato gastrointestinal (TRAN-NGOC et al. 2017). A exposição a água com salinidade de 36 g de sal L⁻¹ provocou morte de tilápias após 4 horas, no entanto a sobrevivência foi total quando o processo de aclimação foi gradativo (5 g sal L⁻¹ a cada 2 dias) (GÜNER et al. 2005). Em processo de incremento gradual da salinidade (2 g sal L⁻¹ dia⁻¹) a *O. niloticus* apresenta elevada tolerância à salinidade da água, onde a resistência foi de 46 g de sal L⁻¹ (LEMARIÉ et al. 2004). A salinização gradual permite que os mecanismos osmorregulatórios sejam ativados dado aos peixes condições de resistir à elevada salinidade (GÜNER et al. 2006). Após exposição à salinidade de 60‰ de água do mar (21,6 g sal L⁻¹) a concentração osmótica do plasma de *O. niloticus* passou de 310 mOsm/kg para um pico de 530 mOsm/kg após 12 horas e retornando para valores próximos aos iniciais até as 96 horas demonstrando uma grande atividade no controle osmorregulatório (AL-AMOUDI 1987).

O sistema neuroendócrino dos peixes teleósteos desempenha papel chave na ativação rápida do sistema osmorregulatório (MCCORMICK 2001). O processo de resistência à salinidade é mediado em peixes teleósteos por via hormonal, principalmente pela ação dos hormônios cortisol, prolactina e hormônio do crescimento GH/IGF-1, onde hormônio de crescimento e o cortisol atuam juntos, na aclimação do peixe à salinidade elevada e o cortisol e prolactina são responsáveis pela adaptação dos peixes à salinidade reduzida

(MCCORMICK 2001). Os mecanismos de ação do controle da osmorregulação envolvem a retenção ou excreção de íons, modulam a permeabilidade das membranas e a atividade e quantidade de bombas de sódio e potássio, células de cloreto, além de regular a conservação de íons e excreção de água em nas brânquias, rins e trato gastrointestinal (MCCORMICK 2001; MANZON 2002; SEALE et al. 2006; FIESS et al. 2007). A injeção do hormônio de crescimento em juvenis de *O. niloticus* aumentou a resistência à salinidade e incrementou a quantidade e atividade de bombas de sódio e potássio e de células de cloreto nas brânquias (XU et al. 1997). A quantidade e atividade das células de cloreto e bomba de sódio e potássio foi significativamente aumentada nas brânquias de *O. niloticus* durante a adaptação ao aumento da salinidade da água (GÜNER et al. 2005).

A resistência da tilápia ao processo de salinização da água cria oportunidades ao seu cultivo em locais com a presença de águas salobras, em monocultivos ou em produções integradas com a maricultura, como cultivos de camarões e macroalgas, onde diversos estudos demonstram a viabilidade da integração destes cultivos (JATOBÁ et al. 2011; JUNIOR et al. 2012; ELLE et al. 2017).

O cultivo comercial de tilápias em água salobra tem aumentado nas últimas décadas (KAMAL e MAIR 2005). No ano de 2015 foram produzidas aproximadamente 850 mil toneladas de tilápia (*O. niloticus*) em águas salobras, principalmente no continente africano, o que corresponde a aproximadamente 4,6% da produção mundial desta espécie (FAO-FIGIS 2017).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-WARITH, A.W.A.; YOUNIS, E.S.M.; AL-ASGAH, N.A. Potential use of green macroalgae *Ulva lactuca* as a feed supplement in diets on growth performance, feed utilization and body composition of the African catfish, *Clarias gariepinus*. **Saudi Journal of Biological Sciences** v. 23, n.3, p.404–409, 2015.
- ABREU, M.H.; PEREIRA, R.; YARISH, C.; BUSCHMANN, A.H.; SOUSA-PINTO, I. IMTA with *Gracilaria vermiculophylla*: productivity and nutrient removal performance of the seaweed in a land-based pilot scale system. **Aquaculture**, v. 312, n.1, p.77-87, 2011.
- AL-ASGAH, N.A.; YOUNIS, E.S.M.; ABDEL-WARITH, A.W.A.; SHAMLLOL, F.S. Evaluation of red seaweed *Gracilaria arcuata* as dietary ingredient in African catfish, *Clarias gariepinus*. **Saudi journal of biological sciences**, v. 23, n. 2, p. 205-210, 2016.
- AL-AMOUDI, M. M. Acclimation of commercially cultured *Oreochromis* species to sea water—an experimental study. **Aquaculture**, v. 65, n. 3-4, p.333-342, 1987.
- AL-HAFEDH, Y.S.; ALAM, A.; BUSCHMANN, A.H. Bioremediation potential, growth and biomass yield of the green seaweed, *Ulva lactuca* in an integrated marine aquaculture system at the Red Sea coast of Saudi Arabia at different stocking densities and effluent flow rates. **Reviews in Aquaculture**. v.7, n. 3, p.161-171, 2014.
- AL-SAIF, S.S.A.L.; ABDEL-RAOUF, N.; EL-WAZANANI, H.A.; AREF, I.A. Antibacterial substances from marine algae isolated from Jeddah coast of Red sea, Saudi Arabia. **Saudi journal of biological sciences**, v.21, n.1, p.57-64, 2014
- ARAÚJO, M.; REMA, P.; SOUSA-PINTO, I.; CUNHA, L.M.; PEIXOTO, M.J., PIRES, M.A.; VALENTE, L.M. Dietary inclusion of IMTA-cultivated *Gracilaria vermiculophylla* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on growth, intestinal morphology, tissue pigmentation, and immunological response. **Journal of Applied Phycology**, v.28, n.1, p.1-11, 2015
- ARENAS-GRANADOS, P.; ACERO, A.P. Organización trófica de las mojarra (Pisces: Gerreidae) de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe colombiano). **Revista de Biología Tropical**, v.40, p. 287-289, 1992
- ASP, N. Dietary carbohydrates: classification by chemistry and physiology **Food Chemistry**, v. 57, n.1, p. 9-14, 1996
- AVELLA, M.; BERHAUT, J.; BORNANCIN, M. Salinity tolerance of two tropical fishes, *Oreochromis aureus* and *O. niloticus*. I. Biochemical and morphological changes in the gill epithelium. **Journal of Fish Biology**, v.42, n.2, p.243-254, 1993
- AZAZA, M.S.; MENSI, F.; KSOURI, J.; DHRAIEF, M.N.; BRINI, B.; ABDELMOULEH, A.; KRAIEM, M.M. Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae *Ulva rigida* reared in geothermal waters of southern Tunisia. **Journal of Applied Ichthyology**, v.24, n.2, p.202-207, 2008.
- BALALAKSHMI, C.; RAJKUMAR, G.; BALAMURUGAN, V.; KRISHNAN, V.; ARUMUGAM, A.; SABITHA, V.; GOPINATH, K. Preliminary phytochemical Screenings of Marine alga *Ulva fasciata* and its growth performance, biochemical composition on Indian major carp *Cirrhinus mrigala* fingerlings. **Journal of advanced applied scientific research**, v. 1, n. 10, 2017.

- BEN-ARI, T.; NEORI, A.; BEN-EZRA, D.; SHAULI, L.; ODINTSOV, V.; SHPIGEL, M. Management of *Ulva lactuca* as a biofilter of mariculture effluents in IMTA system. **Aquaculture**, v.434, p.493-498, 2014.
- BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture**, v.226, n.1, p.101-112. 2003
- BOYLE, J.L.; LINDSAY, R.C.; STUIBER, D.A. Contributions of bromophenols to marine-associated flavors of fish and seafoods. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v.1, n.3-4, p. 43-63. 1993.
- BRINKER, A. Improving the mechanical characteristics of faecal waste in rainbow trout: the influence of fish size and treatment with a non-starch polysaccharide (guar gum). **Aquaculture Nutrition**, v.15, n.3, p.229-240. 2009
- BUHMANN, A.; PAPENBROCK, J. Biofiltering of aquaculture effluents by halophytic plants: Basic principles, current uses and future perspectives. **Environmental and Experimental Botany**, v.92, p.122-133. 2013
- CABRITA, A.R.; MAIA, M.R.; OLIVEIRA, H.M.; SOUSA-PINTO, I.; ALMEIDA, A.A.; PINTO, E.; FONSECA, A.J. Tracing seaweeds as mineral sources for farm-animals. **Journal of Applied Phycology**, v.28, p. 3135-3150, 2016
- CARLOS SOARES, E.; GUIMARÃES-PAIVA, A.; LIMA-SANTOS, E.; MOREIRA-PEREIRA, S.; SANTANA-SANTOS, E.; ALMEIDA, E.O.; JESUS SILVA, T. Potential of carapeba (*Eugerres brasiliensis*) for aquaculture production. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v.44, n.4, 2016.
- CASTELAR, B.; PONTES, M.D.; COSTA, W.M.; Fontes, L.C.; Biofiltering efficiency and productive performance of macroalgae with potential for integrated multi-trophic aquaculture (imta). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.41, p.763 – 770, 2015
- CAVALLI, R.O.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, 2011
- CERVIGÓN, F.; CIPRIANI, R.; FISCHER, W.; GARIBALDI, L.; HENDRICKX, M.; LEMUS, A. J.; MÁRQUEZ, R.; POUTIERS, J.M.; ROBAINA, G.; RODRIGUEZ, B. **Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América**. FAO, Rome. 1992. 513 p.
- CHANDINI, S.K.; GANESAN, P.; BHASKAR, N. In vitro antioxidant activities of three selected brown seaweeds of India. **Food chemistry**, v.107, n.2, p.707-713. 2008.
- CHOPIN T.; BUSCHMANN A.H.; HALLING C.; TROELL M.; KAUTSKY N.; NEORI A. Integrating seaweeds into aquaculture systems: a key towards sustainability. **Journal of Phycology**. v.37 p.75–986. 2001
- CHUNG, H.Y.; MA, W.C.J.; ANG, P.O.; KIM, J.S.; CHEN, F. Seasonal variations of bromophenols in brown algae (*Padina arborescens*, *Sargassum siliquastrum*, and *Lobophora variegata*) collected in Hong Kong. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.51, n.9, p.2619-2624, 2003.
- COSTA, M.M.; OLIVEIRA, S.T.L.; BALEN, R.E.; BUENO JUNIOR, G.; BALDAN, L.T.; SILVA, L.C.R.; SANTOS, L.D. Brown seaweed meal to Nile tilapia fingerlings. **Archivos de zootecnia**, v. 62, n. 237, p. 101-109, 2013.

- COX, S.; ABU-GHANNAM, N.; GUPTA, S. An assessment of the antioxidant and antimicrobial activity of six species of edible Irish seaweeds. **International Food Research Journal**. v.17, p.205-220, 2010
- DAWES, C.J.; MOON, R.; LaClaire, J.; Photosynthetic Responses of the Red Alga, *Hypnea Musciformis* (Wulfen) Lamouroux (Gigartinales). **Bulletin of Marine Science**. v.26, n.4, p.467-473, 1976.
- DILLON, S.; SWEENEY, T.; FIGAT, S.; CALLAN, J.J.; O'DOHERTY, J.V. The effects of lactose inclusion and seaweed extract on performance, nutrient digestibility and microbial populations in newly weaned piglets. **Livestock Science**, v.134, n.1, p. 205-207. 2010
- EDWARDS, P. Aquaculture environment interactions: past, present and likely future trends. **Aquaculture**, v.447, p.2-14, 2015.
- EIRAS, D.R.B.; STOFELLA, R.R. considerações sobre o efeito da salinidade no desenvolvimento de juvenis de *Eugerres brasilianus* (cuvier, 1830)(pisces gerreidae), em laboratório. **Revista Nerítica**, v.1, n.3. 1986
- EIRAS-STOFELLA, D.R.; CHARVET-ALMEIDA, P. Gills scanning images of the seawater fish *Eugerres brasilianus* (Gerreidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.43, n.4, 2000
- EL-DAHAR, A.A.; KAMEL, E.A.; EL-WAKIL, H.F.; GRANA, Y.S. Effect of salinity stress on growth of three strains of Egyptian Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal of the Arabian Aquaculture Society**, v.6, p.251-269. 2011
- ELLE, B.J.; CORRE J.R.V.; FELARCA, K.G.; PEDROSO, F. Potential of *Gracilariopsis bailinae* and *Oreochromis mossambicus* in improving water quality in intensive *Litopenaeus vannamei* tank culture. **AAACL Bioflux**, v.10, n.5, 2017.
- EL-TAWIL, N.E. Effects of green seaweeds (*Ulva* sp.) as feed supplements in red Tilapia (*Oreochromis* sp.) diet on growth performance, feed utilization and body composition. **Journal of the Arabian Aquaculture Society**, v.5 n.2, p.179-193. 2010
- ERGÜN, S.; SOYUTÜRK, M.; GÜROY, B.; GÜROY, D.; MERRIFIELD, D. Influence of *Ulva* meal on growth, feed utilization, and body composition of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at two levels of dietary lipid. **Aquaculture International**, v.17, n.4, p. 355-361, 2009
- EVANS, F.D.; CRITCHLEY, A.T. Seaweeds for animal production use. **Journal of applied phycology**, v.26, n.2, p.891-899, 2014.
- DILER, I.; TEKINAY, A.A.; GUROY, D.; GUROY, B.K.; SOYUTURK, M. Effects of *Ulva rigida* on the Growth, Feed Intake and Body Composition of Common Carp, *Cyprinus carpio* L. **Journal of biological Sciences**, v.7, n.2, p.305-308, 2007
- FAO, **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016 (SOFIA): Contributing to food security and nutrition for all**, Rome: Food and Agriculture Organization, 2016, 200 p.
- FAO **Global Aquaculture Production 1950-2014**. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>>. Acesso em 3 de junho de 2016.
- FISS, J.C.; KUNKEL-PATTERSON, A.; MATHIAS, L.; RILEY, L.G.; YANCEY, P.H.; HIRANO, T.; GRAU, E. G. Effects of environmental salinity and temperature on osmoregulatory ability, organic osmolytes, and plasma hormone profiles in the Mozambique

tilapia (*Oreochromis mossambicus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v.146, n.2, p.252-264, 2007.

FLEURENCE, J. Seaweed proteins:biochemical,nutritional aspects and potential uses, **Trends in Food Science & Technology** v.10, p.25-28, 1999

FRANCO, T.P.; NEVES, L.M.; TEIXEIRA, T.P.; ARAÚJO, F.G. Patterns of spatial distribution of five species of mojarras (Actinopterygii: Gerreidae) in a small tropical estuary in south-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 92, n. 5, p. 1217-1225, 2012.

GARCÍA-ARTEAGA, J.P.; CLARO, R.; VALLE, S. Length-weight relationships of Cuban marine fishes. **Naga, the ICLARM Quarterly**, v. 20, n. 1, p. 38-43, 1997.

GODDEK, S.; DELAIDE, B.; MANKASINGH, U.; RAGNARSDOTTIR, K.V.; JIJAKLI, H.; THORARINSDOTTIR, R. Challenges of sustainable and commercial aquaponics. **Sustainability**, v.7, n.4, p. 4199-4224, 2015

GOLDEN, C.D.; ALLISON, E.H.; CHEUNG, W.W.; DEY, M.M.; HALPERN, B.S.; MCCAULEY, D.J.; MYERS, S.S. Fall in fish catch threatens human health. **Nature**, v.534, n.7607, p.317-320, 2016

GÜNER, Y.; ÖZDEN, O.; ÇAĞIRGAN, H.; ALTUNOK, M.; KIZAK, V. Effects of salinity on the osmoregulatory functions of the gills in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.29, n.6, p.1259-1266, 2006

GÜROY, B.K.; CİRİK, Ş.; GÜROY, D.; SANVER, F.; TEKİNAY, A.A. Effects of *Ulva rigida* and *Cystoseira barbata* meals as a feed additive on growth performance, feed utilization, and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.31, n.2, p.91-97, 2007

GÜROY, B.; ERGÜN, S.; MERRIFIELD, D.L.; GÜROY, D. Effect of autoclaved *Ulva meal* on growth performance, nutrient utilization and fatty acid profile of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture International**, v.21, n.3, p.605-615. 2013

GUTIERREZ-WING, M.T.; MALONE, R.F. Biological filters in aquaculture: trends and research directions for freshwater and marine applications. **Aquacultural Engineering**, v.34, n.3, p.163-17, 2007

HASSAN, M.; ZAKARIAH, M.I.; WAHAB, W.; MUHAMMAD, S.D.; IDRIS, N.; JASMANI, S. Histopathological and behavioral changes in *Oreochromis* sp. after exposure to different salinities. **Journal of Fisheries & Livestock Production**, v. 1, n. 103, p. 2, 2013.

HAYASHI, L.; YOKOYA, N.S.; OSTINI, S.; PEREIRA, R.T.; BRAGA, E.S.; OLIVEIRA, E.C. Nutrients removed by *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) in integrated cultivation with fishes in re-circulating water. **Aquaculture**, v.277, n.3, p.185-191. 2008.

HERNÁNDEZ, I.; FERNÁNDEZ-ENGO, M.A.; PÉREZ-LLORÉNS, J.L.; VERGARA, J. J. Integrated outdoor culture of two estuarine macroalgae as biofilters for dissolved nutrients from *Sparus auratus* waste waters. **Journal of Applied Phycology**, v.17,n.6, p.557-567. 2005.

HOLDT, S. L.; KRAAN, S. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, n.3, p.543-597. 2011.

HOSTIM-SILVA, M.; VICENTE, M.; FIGNA, V.; ANDRADE, J.P. Ictiofauna do Rio Itajaí Açu, Santa Catarina, Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v.6, n.1, p.127-135. 2010.

- HU, Z.; LEE, J.W.; CHANDRAN, K.; KIM, S.; BROTTTO, A.C.; KHANAL, S.K. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. **Bioresource technology**, v.188, p.92-98. 2015.
- JATOBÁ, A.; VIEIRA, F.N.; BUGLIONE-NETO, C.C., MOURINO, J.L.P.; SILVA, B.C.; SEIFTER, W.Q.; ANDREATTA, E.R. Diet supplemented with probiotic for Nile tilapia in polyculture system with marine shrimp. **Fish physiology and biochemistry**, v.37, n.4, p.725-732, 2011
- JIANG, Z.J.; FANG, J.G.; MAO, Y.Z.; WANG, W. Eutrophication assessment and bioremediation strategy in a marine fish cage culture area in Nansha Bay, China. **Journal of applied phycology**, v.22, n.4, p. 421-426. 2010
- JOHANSEN, H.N.; KNUDSEN, K.B.; SANDSTRÖM, B.; SKJØTH, F. Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. **British journal of nutrition**, v.75, n.3, p.339-351.1996
- JONES, B.; SMULLEN, R.; CARTON, A.G. Flavour enhancement of freshwater farmed barramundi (*Lates calcarifer*), through dietary enrichment with cultivated sea lettuce, *Ulva ohnoi*. **Aquaculture**, v.454, p.192-198. 2016.
- JUN, Q.; PAO, X.; HAIZHEN, W.; RUIWEI, L.; HUI, W. Combined effect of temperature, salinity and density on the growth and feed utilization of Nile tilapia juveniles (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Research**, v.43, n.9, p.1344-1356. 2010
- JUNIOR, B.; PAULA, A.; AZEVEDO, C.M.D.S.B.; HENRY-SILVA, G.G. Polyculture of Nile tilapia and shrimp at different stocking densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41 n.7, p.1561-1569. 2012
- KAMAL, A.H.M.M.; MAIR, G.C. Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. **Aquaculture**, v.247, n.1, p.189-201. 2005
- KUMAR, C.S.; GANESAN, P.; SURESH, P.V. & BHASKAR, N. Seaweeds as a source of nutritionally beneficial compounds - A Review. **Journal of Food Science and Technology**. v.45, n.1, p.1-13. 2008.
- KUMAR, K. S.; GANESAN, K.; SELVARAJ, K.; RAO, P.S. Studies on the functional properties of protein concentrate of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty—An edible seaweed. **Food chemistry**, v.153, p.353-360. 2014.
- LAJONCHÈRE, A.; PÉREZ SÁNCHEZ, L.; HERNÁNDEZ MOLEJÓN, O.G.; TORRES GÓMEZ, E. Mass production of striped patao *Eugerres brasiliensis* juveniles in Cuba. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.27, n.3, p.347-352. 1996
- LAVANIA-BALOO, S.A.; SAID, M.I.M.; AHMAD, F.; MOHAMAD, M. Biofiltration potential of macroalgae for ammonium removal in outdoor tank shrimp wastewater recirculation system. **Biomass and bioenergy**, v.66, p.103-109. 2014
- LEENHOUWERS, J.I.; ADJEI-BOATENG, D.; VERRETH, J.A.J.; SCHRAMA, J.W. Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. **Aquaculture Nutrition**, v.12, n.2, p.111-116, 2006
- LEMARIÉ, G.; BAROILLER, J.F.; CLOTA, F.; LAZARD, J.; DOSDAT, A. A simple test to estimate the salinity resistance of fish with specific application to *O. niloticus* and *S. melanotheron*. **Aquaculture**, v.240, n.1, p.575-587. 2004

- LIKONGWE, J.S.; STECKO, T.D.; STAUFFER, J.R.; CARLINE, R.F. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). **Aquaculture**, v. 146, n.1-2, p.37-46. 1996
- LIMA, E.C.R.; DE SOUZA, R.L.; WAMBACH, X.F.; SILVA, U.L.; DE SOUZA CORREIA, E. Cultivo da tilápia do Nilo "*Oreochromis niloticus*" em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.16, n.4, p.948-957. 2016
- LÜNING, K.; PANG, S. Mass cultivation of seaweeds: current aspects and approaches. **Journal of Applied Phycology**, v.15, n.2-3, p.115-119. 2003
- MA, W.C.J.; CHUNG, H.Y.; ANG, P.O.; KIM, J.S. Enhancement of bromophenol levels in aquacultured silver seabream (*Sparus sarba*). **Journal of agricultural and food chemistry**, v.53, n.6, p.2133-2139. 2005.
- MANSOUR, A.T.; ESTEBAN, M.Á. Effects of carbon sources and plant protein levels in a biofloc system on growth performance, and the immune and antioxidant status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish & shellfish immunology**, v.64, p.202-209. 2017
- MANZON, L.A. The role of prolactin in fish osmoregulation: a review. **General and comparative endocrinology**, v.125, n.2, p.291-310. 2002
- MAPA- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 64, DE 18 DE DEZEMBRO DE 2008**, disponível em <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Producao-Integrada-Pecuaria/IN%2064%20de%202008.pdf> acesso em 7 de junho de 2016
- MARINHO-SORIANO, E.; NUNES, S.O.; CARNEIRO, M.A.A.; PEREIRA, D.C. Nutrients' removal from aquaculture wastewater using the macroalgae *Gracilaria birdiae*. **Biomass and Bioenergy**, v.33, n. 2, p. 327-331. 2009
- MARINHO, G.; NUNES, C.; SOUSA-PINTO, I.; PEREIRA, R.; REMA, P.; VALENTE, L.M.; The IMTA-cultivated Chlorophyta *Ulva* spp. as a sustainable ingredient in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. **Journal of applied phycology**, v. 25, n. 5, p. 1359-1367, 2013.
- MATA, L.; WRIGHT, E.; OWENS, L.; PAUL, N.; deNYS, R. Water-soluble natural products from seaweed have limited potential in controlling bacterial pathogens in fish aquaculture. **Journal of Applied Phycology**, v.25, p.1963-1973. 2013
- MCCORMICK, S.D. Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. **American zoologist**, v.41, n.4, p.781-794. 2001
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV - Teleostei** . Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1980, 96p.
- MONSEES, H.; KEITEL, J.; PAUL, M.; KLOAS, W.; WUERTZ, S. Potential of aquacultural sludge treatment for aquaponics: evaluation of nutrient mobilization under aerobic and anaerobic conditions. **Aquaculture Environment Interactions**, v.9, p.9-18. 2017
- MONSEES, H.; KLATT, L.; KLOAS, W.; WUERTZ, S. Chronic exposure to nitrate significantly reduces growth and affects the health status of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in recirculating aquaculture systems. **Aquaculture Research**, v.48, n.7, p.3482-3492. 2017
- MSUYA, F.E.; NEORI, A. *Ulva reticulata* and *Gracilaria crassa*: macroalgae that can biofilter effluent from tidal fishponds in Tanzania. **Western Indian Ocean Journal of Marine Science** v.1, n.2, p. 117–126, 2002

- MSUYA, F.E.; NEORI, A. Effect of water aeration and nutrient load level on biomass yield, N uptake and protein content of the seaweed *Ulva lactuca* cultured in seawater tanks. **Journal of Applied Phycology**, v. 20, p. 6, p. 1021-1031. 2008.
- NAKAGAWA, H.; UMINO, T.; TASAKA, Y. Usefulness of Ascophyllum meal as a feed additive for red sea bream, *Pagrus major*. **Aquaculture**, v. 151, n. 1-4, p. 275-281, 1997.
- NEORI, A.; CHOPIN, T.; TROELL, M.; BUSCHMANN, A.H.; KRAEMER, G.P.; HALLING, C.; YARISH, C. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. **Aquaculture**, v.231, n.1, p. 361-391. 2004.
- O'SULLIVAN, L.O.; MURPHY, B.; MCLOUGHLIN, P.; DUGGAN, P.; LAWLOR, P.G.; HUGHES, H.; GARDINER, G.E. Prebiotics from Marine Macroalgae for Human and Animal Health Applications **Marine Drugs**, v.8, p. 2038-2064, 2010
- O'SULLIVAN, A.M.; O'CALLAGHAN, Y.C.; O'GRADY, M.N.; QUEGUINEUR, B.; HANNIFFY, D.; TROY, D. J.; O'BRIEN, N.M. In vitro and cellular antioxidant activities of seaweed extracts prepared from five brown seaweeds harvested in spring from the west coast of Ireland. **Food Chemistry**, v.126, n.3, p.1064-1070. 2011
- OTTINGER, M.; CLAUSS, K.; KUENZER, C. Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments—A review. **Ocean & Coastal Management**, v.119, p.244-266. 2016.
- PAREDES, D.; KUSCHK, P.; MBWETTE, T.S.A.; STANGE, F.; MÜLLER, R.A.; KÖSER, H. New aspects of microbial nitrogen transformations in the context of wastewater treatment—a review. **Engineering in Life Sciences**, v.7, n.1, p.13-25. 2007
- PASSINI, G.; CARVALHO, C.V.A; COSTA, W.M. Indução hormonal da desova da carapeva *Eugerres brasiliensis* em cativeiro. **Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo**, v.39, n.4 p.433 – 438, 2013
- PAULY, D.; ZELLER, D. Comments on FAOs State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA 2016). **Marine Policy**, v.77, p.176-181. 2017
- PEASURA, N.; LAOHAKUNJIT, N.; KERDCHOECHUEN, O.; WANLAPA, S. Characteristics and antioxidant of *Ulva intestinalis* sulphated polysaccharides extracted with different solvents. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.81, p.912-919, 2015
- PÉREZ-HERNÁNDEZ, M.A.; ZAVALA-HURTADO, J.A. Biometry of the *Eugerres plumieri-Eugerres brasiliensis* (Pisces - Gerreidae) complex from the Gulf of México. A multivariate approach. **Revista de Biología Tropical**. v.41 n.1 p.121-130, 1993
- PIEDRAHITA, R.H. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. **Aquaculture** v.226, p.35–44. 2003
- PRIYADHARSHINI, S.; BRAGADEESWARAN, S.; PRABHU, K.; RAN, S.S. Antimicrobial and hemolytic activity of seaweed extracts *Ulva fasciata* (Delile 1813) from Mandapam, Southeast coast of India. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v.1, n.1, p.38-39. 2011.
- RANDALL, D.J.; TSUI, T.K.N. Ammonia toxicity in fish. **Marine pollution bulletin**, v. 45, n. 1-12, p. 17-23, 2002.
- RIBEIRO, A. R.; GONÇALVES, A.; COLEN, R.; NUNES, M.L.; DINIS, M.T.; DIAS, J. Dietary macroalgae is a natural and effective tool to fortify gilthead seabream fillets with

iodine: effects on growth, sensory quality and nutritional value. *Aquaculture*, v.437, p. 51-59. 2015

RODRIGUES, R.V.; SCHWARZ, M.H.; DELBOS, B.C.; CARVALHO, E.L.; ROMANO, L. A.; SAMPAIO, L.A. Acute exposure of juvenile cobia *Rachycentron canadum* to nitrate induces gill, esophageal and brain damage. **Aquaculture**, v.322, p. 223-226. 2011

RUPÉREZ, P. Mineral content of edible marine seaweeds. **Food Chemistry**, v.79 n.1, p.23-26, 2002

SAAD, A. **Composição, Distribuição espacial dinâmica de populações de peixes e estatística pesqueira na lagoa hipersalina de Araruama, RJ.**105 pp, tese de doutorado, universidade federal de são carlos: UFSCar, 2003.

SANTOS, L.B.G.; CRAVEIRO, C.F.F.; RAMOS, F.R.M.; BOMFIM, C.N.C.; MARTINO, R.C.; CAVALLI, R.O. Changes in tissue composition in Brazilian mojarra *Eugerres brasilianus* (Cuvier, 1830) females at different stages of gonadal development as a starting point for development of broodstock diets. **Journal of Applied Ichthyology**, v.32, n.6, p.1124-1129. 2016

SCHUENHOFF, A.; SHPIGEL, M.; LUPATSCH, I.; ASHKENAZI, A.; MSUYA, F.E.; NEORI, A. A semi-recirculating, integrated system for the culture of fish and seaweed. **Aquaculture**, v.221, n.1, p. 167-181. 2003

SEALE, A.P.; FIESS, J.C.; HIRANO, T.; COOKE, I.M.; GRAU, E.G. Disparate release of prolactin and growth hormone from the tilapia pituitary in response to osmotic stimulation. **General and comparative endocrinology**, v.145, n.3, p.222-231. 2006

SHAO, P.; CHEN, M.; PEI, Y.; SUN, P. In vitro antioxidant activities of different sulfated polysaccharides from chlorophyten seaweeds *Ulva fasciata*. **International journal of biological macromolecules**, v.59, p.295-300. 2013

SHIMODA, T.; FUJIOKA, Y.; SRITHONG, C.; ARYUTHAKA, C.; Phosphorus budget in shrimp aquaculture pond with mangrove enclosure and aquaculture performance. **Fisheries Science** v.71, p.1249–1255. 2005.

SIERRA, L.M.; R. CLARO; POPOVA, O.A. **Alimentacion y relaciones tróficas.** In CLARO, R. Ecología de los Peces Marinos de Cuba. Instituto de Oceanología Academia de Ciencias de Cuba and Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Mexico. 1994. 525 p

SILVA, D.M.; VALENTE, L.M.P.; SOUSA-PINTO, I.; PEREIRA, R.; PIRES, M.A.; SEIXAS, F.; REMA, P. Evaluation of IMTA-produced seaweeds (*Gracilaria*, *Porphyra*, and *Ulva*) as dietary ingredients in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., juveniles. Effects on growth performance and gut histology. *Journal of applied phycology*, v.27, n.4, p.1671-1680. 2015

SINHA, A.K.; KUMAR, V.; MAKKAR, H.P.; DE BOECK, G.; BECKER, K. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition—A review. **Food Chemistry**, v.127, n.4, p.1409-1426. 2011

SOUZA, M. R.; BARRELLA, W. Conhecimento popular sobre peixes numa comunidade caiçara da Estação Ecológica de Juréia-Itatins/SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27, n.2, p.123-130. 2001

SURESH, A.V.; LIN, C.K. Tilapia culture in saline waters: a review. **Aquaculture**, v.106, n.3-4, p. 201-226. 1992

- THILSTED, S.H.; THORNE-LYMAN, A.; WEBB, P.; BOGARD, J.R.; SUBASINGHE, R.; PHILLIPS, M.J.; ALLISON, E.H. Sustaining healthy diets: The role of capture fisheries and aquaculture for improving nutrition in the post-2015 era. **Food Policy**, v.61, p.126-131. 2016
- TRAN-NGOC, K.T.; SCHRAMA, J.W.; LE, M.T.; NGUYEN, T.H.; ROEM, A.J.; VERRETH, J.A. Salinity and diet composition affect digestibility and intestinal morphology in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.469, p.36-43. 2017
- TYSON, R.V.; TREADWELL, D.D.; SIMONNE, E.H.; Opportunities and challenges to sustainability in aquaponics. **Hort Technol.** v.21, n.1, p.6–13. 2011
- VALENTE, L. M.; REMA, P.; FERRARO, V.; PINTADO, M.; SOUSA-PINTO, I.; CUNHA, L.M.; ARAÚJO, M. Iodine enrichment of rainbow trout flesh by dietary supplementation with the red seaweed *Gracilaria vermiculophylla*. **Aquaculture**, v.446, p.132-139. 2015.
- VALENTE, L.M.; ARAÚJO, M.; BATISTA, S.; PEIXOTO, M.J.; SOUSA-PINTO, I.; BROTAS, V.; REMA, P. Carotenoid deposition, flesh quality and immunological response of Nile tilapia fed increasing levels of IMTA-cultivated *Ulva* spp. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n.1, p.1-11. 2015.
- VAN RIJN, J.; TAL, Y.; SCHREIER, H.J. Denitrification in recirculating systems: theory and applications. **Aquacultural engineering**, v. 34, n.3, p. 364-376. 2006
- VAN RIJN, J. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. **Aquacultural Engineering**, v.53, p.49-56. 2013
- VANDERMEULEN H.; GORDIN H. Ammonium uptake using *Ulva* (Chlorophyta) in intensive fishpond systems: Mass culture and treatment of effluent. **Journal of Applied Phycology** v.2, p.363–370. 1990
- VASCONCELOS-FILHO, A.L.; NEUMANN-LEITÃO, S.; ESKENAQZI-LESSA, E.; OLIVEIRA, A.M.S. Hábitos alimentares de consumidores primários da ictiofauna do Sistema Estuarino de Itamaracá (Pernambuco-Brasil). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.4, n.1, p. 21-31. 2009
- WASSEF, E.A.; EL MASRY, M.H.; MIKHAIL, F.R. Growth enhancement and muscle structure of striped mullet, *Mugil cephalus* L., fingerlings by feeding algal meal-based diets. **Aquaculture Research**, v. 32, n. s1, p. 315-322, 2001.
- WASSEF, E.A.; EL-SAYED, A.M.; SAKR, E.M. *Pterocladia* (Rhodophyta) and *Ulva* (Chlorophyta) as feed supplements for European seabass, *Dicentrarchus labrax* L., fry. **Journal of applied phycology**, v. 25, n. 5, p. 1369-1376, 2013.
- WATANABE, W.O.; KUO, C.M.; HUANG, M.C. Salinity tolerance of Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*), spawned and hatched at various salinities. **Aquaculture**, v.48, n.2, p.159-176. 1985
- WATANABE, W.O.; LOSORDO, T.M.; FITZSIMMONS, K.; HANLEY, F. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. **Reviews in fisheries science**, v.10, n.3-4, p.465-498. 2002
- WHITFIELD, F.B.; HELIDONIOTIS, F.; SHAW, K.J.; SVORONOS, D. Distribution of bromophenols in species of ocean fish from eastern Australia. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.46, n.9, p.3750-3757. 1998.
- WHITFIELD, F. B.; HELIDONIOTIS, F.; SHAW, K. J.; SVORONOS, D. Distribution of bromophenols in species of marine algae from eastern Australia. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.47, n.6, p. 2367-2373. 1999

- WONG, K. H.; CHEUNG, P. C. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds: Part I—proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. **Food Chemistry**, v.71, n.4, p.475-482, 2000
- WU, R., The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. **marine pollution bulletin** v.31, p.159– 166. 1995.
- WU, H., HUO, Y.; HU, M.; WEI, Z.; HE, P. Eutrophication assessment and bioremediation strategy using seaweeds co-cultured with aquatic animals in an enclosed bay in China. **Marine pollution bulletin**, v.95, n.1, p. 342-349. 2015.
- XU, B.; MIAO, H.; ZHANG, P.; LI, D. Osmoregulatory actions of growth hormone in juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, v.17, n.1, p.295-301. 1997
- ZHOU, Y.; YANG, H.; HU, H.; LIU, Y.; MAO, Y.; ZHOU, H.; ZHANG, F. Bioremediation potential of the macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal waters of north China. **Aquaculture**, v.252, n.2, p.264-276. 2006
- ZHU, D.; WEN, X.; XUAN, X.; LI, S.; LI, Y. The green alga *Ulva lactuca* as a potential ingredient in diets for juvenile white spotted snapper *Lutjanus stellatus* Akazaki. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n.1, p.1-9. 2015.

4 CAPÍTULO I

SELEÇÃO DE MACROALGAS PARA UTILIZAÇÃO COMO BIOFILTRO EM SISTEMAS MULTITRÓFICOS INTEGRADOS: COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E EFICIÊNCIA BIOFILTRADORA

RESUMO

PONTES, Marcelo Duarte. **Seleção de macroalgas para utilização como biofiltro em sistemas multitróficos integrados: composição e eficiência biofiltradora**. 2018. 19 p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Este experimento foi realizado com o objetivo de selecionar uma espécie de macroalga a ser cultivada em um sistema multitrófico e produzir um ingrediente potencialmente funcional. *Ulva fasciata*, *U. flexuosa*, *Hypnea musciformis* e *Kappaphycus alvarezii* foram comparadas quanto à composição centesimal (%), teor de clorofila *a* e carotenoides (mg g^{-1}), composição de ácidos graxos, eficiência de remoção de nutrientes (ER; %) durante 144h; e da taxa de crescimento diário (TCD; $\% \text{ dia}^{-1}$) após 35 dias de cultivo ($n=4$; densidade inicial de $1,0 \text{ kg m}^{-3}$) em efluente de piscicultura marinha. *U. fasciata* e *U. flexuosa* apresentaram os maiores teores de proteínas (30,33 e 36,74%, respectivamente) e de carotenoides como luteína ($1,07 \pm 0,1$ e $1,09 \pm 0,1 \text{ mg g}^{-1}$, respectivamente) e β -caroteno ($1,06 \pm 0,1$ e $1,08 \pm 0,1 \text{ mg g}^{-1}$, respectivamente). O teor de lipídeos foi semelhante entre as macroalgas (0,69 a 1,27%), mas a composição de ácidos graxos diferiu. As algas verdes apresentaram duas a três vezes mais ácidos graxos totais que as algas vermelhas, associado aos maiores valores de polinsaturados, principalmente 18:3 n3 e 18:2 n6. As macroalgas vermelhas apresentaram os ácidos graxos 20:4 n6 e 20:5 n3, no entanto em baixos teores. Todas as espécies foram igualmente eficientes na remoção de nitrogênio inorgânico dissolvido após 144h ($23,45 \pm 11,5\%$), sendo as menores concentrações de amônia e nitrato registradas entre 36 e 72h. *U. fasciata* foi a espécie mais eficiente na remoção de amônia ($37,2 \pm 1,0\%$), porém a menos eficiente na remoção de fosfato ($-20,4 \pm 3,1\%$). Foi registrada correlação ($p < 0,05$) entre ER de nitrato ($r = -0,80$) e de fosfato ($r = 0,86$) com N:P para esta espécie. Além disso, *U. fasciata* foi a única com TCD positiva após 35 dias de cultivo ($1,62 \pm 0,93\% \text{ dia}^{-1}$). Os baixos valores de TCD, inferiores aos registrados em outros estudos, podem estar associados à elevada amplitude térmica (12°C) no período. O maior desempenho produtivo, remoção de amônia, e composição química, indicam que *U. fasciata* tem grande potencial para utilização em AMTI e como ingrediente funcional em rações para peixes.

Palavras chave: AMTI, Aquicultura Sustentável, Maricultura,

4.1 INTRODUÇÃO

O crescimento sustentável da aquicultura deve ocorrer utilizando-se de sistemas de cultivo que promovam incremento nos índices produtivos, minimizando os impactos ambientais desta atividade. Sistemas de recirculação de água (RAS), cujo uso do espaço e da água é otimizado, podem ser uma importante ferramenta (PIEDRAHITA 2003). Além disso, a integração do cultivo de peixes com outros organismos de diferentes níveis tróficos, como plantas ou animais filtradores, permite o aproveitamento dos nutrientes excretados ou perdidos pelos animais e a diversificação econômica da atividade (CHOPIN et al. 2001; HU et al. 2015).

Os sistemas de aquicultura multitrófica integrada (AMTI) tem como base o cultivo conjunto de organismos alimentados (peixes, camarões) e organismos filtradores de resíduos orgânicos (ostras e mexilhões) e inorgânicos (macroalgas) (CHOPIN et al. 2001; NEORI et al. 2004; ZHOU et al. 2006). Para o funcionamento ideal deste sistema, deve ser levado em consideração a proporção ideal entre os animais alimentados e os organismos filtradores (JIANG et al. 2010; WU et al. 2015), além disso deve ser fornecido as condições corretas para o desenvolvimento de todos os organismos deste sistema.

O crescimento bem como a eficiência filtradora de macroalgas em AMTI está intimamente relacionado às condições de cultivo adequadas aos requerimentos específicos. Desta forma, fatores abióticos como temperatura, luz, salinidade, concentração de nutrientes, densidade de estocagem, aeração, taxa de renovação de água, entre outros, influenciam o desempenho das macroalgas no sistema (CHOPIN et al. 2001; MSUYA e NEORI 2008; AL-HAFEDH et al. 2014; BEN-ARI et al. 2014). Concomitantemente, fatores biológicos como o estado fisiológico da macroalga, variabilidade intraespecífica, fase de vida, razão superfície e volume do talo e as alterações morfológicas induzidas pelo cultivo tem influência no desenvolvimento da macroalga (CHOPIN et al. 2001).

Dentre as macroalgas passíveis de utilização em AMTI, algumas têm grande potencial para cultivo. *Ulva* sp., possui índices produtivos promissores, mas ainda sem cultivo consolidado (CASTELAR et al. 2015); *Kappaphycus alvarezii*, é a espécie mais cultivada no mundo (FAO 2016) possuindo, portanto, tecnologia de produção no mar e indústria de processamento estabelecidos (PELLIZZARI e REIS 2011); *H. musciformis*, ocorre em todo o litoral brasileiro e além de carragenana, sintetiza outros compostos de alto valor comercial (ex. lectina) (CASTELAR et al. 2015).

Além de biofiltros em AMTI com peixes, as macroalgas possuem grande capacidade para a utilização como ingrediente em rações para aquicultura. As algas são ricas em minerais (RUPÉREZ 2002, CABRITA et al. 2016) e algumas espécies como as do genero *Ulva* apresentam elevado teor proteico (FLEURENCE 1999) e o cultivo da macroalga em AMTI, em razão da grande disponibilidade de nutrientes pode elevar ainda mais os teores protéicos em relação à composição no ambiente natural (ARAUJO et al. 2015). Ainda, apresentam potencial uso como alimento funcional, principalmente em função da presença de carboidratos com ação prebiótica (HOLDT e KRAAN 2010) e pigmentos com ação antioxidante (MACARTAIN et al. 2007).

Neste cenário, foi selecionada dentre quatro espécies de macroalgas (*Hypnea musciformis*, *Kappaphycus alvarezii*, *Ulva fasciata* e *U. flexuosa*) a mais adequada para ser cultivada em IMTA, com base na melhor eficiência biofiltradora, crescimento em cultivo e na composição química, visando a produção de um ingrediente funcional para aquicultura.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Coleta e Aclimação das Macroalgas

As macroalgas nativas foram coletadas em bancos naturais no Estado do Rio de Janeiro entre o período de agosto de 2014 a junho de 2015. As algas verdes (Chlorophyta), *U. fasciata* e *U. flexuosa* foram coletadas nos costões rochosos de Barra de Guaratiba (23°03'42" S; 43°34'02" O); a alga vermelha (Rhodophyta), *H. musciformis* foi coletada na Prainha, Ilha de Itacuruçá (22°57'15,8" S; 43°54'29,6" O). A espécie exótica, *K. alvarezii*, também vermelha, foi obtida em um cultivo comercial em Paraty, RJ (23°14'12" S; 44°37'23" O). As algas foram transportadas em caixas térmicas para o Laboratório *outdoor* da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ), onde foram aclimatadas em caixas brancas de polipropileno (50 litros).

A água utilizada neste período foi obtida do mar, com salinidade ajustada para 30 g L⁻¹ sal, com água doce, filtrada (200 µm), clorada (1 mg NaClO L⁻¹, por 2 horas) e desclorada (0,1 mg Na₂S₂O₃ L⁻¹). Semanalmente toda a biomassa de cada caixa era coletada, drenada com auxílio de saco de malha (1 mm) e pesada. Era realizada a troca total da água e limpeza das caixas com esponja, e a água era repostada nas mesmas condições. As macroalgas de cada espécie foram consideradas aclimatadas quando permaneciam pigmentadas, com textura firme e com a biomassa estabilizada nas caixas.

4.2.2 Composição Química

Após a aclimação, uma amostra de aproximadamente 100 g de cada espécie foi seca em estufa a 50°C por 24h e triturada em moinho a rotor (TECNAL, TE-651/2; peneira de 0,5 mm) para posterior realização das análises de composição centesimal, perfil lipídico e de concentração de pigmentos (clorofila *a* e carotenoides). Para a composição centesimal, a umidade foi determinada pelo método seco, em estufa a 110 °C, até a obtenção de massa constante; para avaliação das cinzas a amostra foi incinerada em forno mufla a 600 °C por 3 horas; a proteína bruta foi determinada pelo método de Kjeldhal (N x 6,25); o teor de fibra bruta, perfil lipídico, teor de ácidos graxos, clorofila e carotenoides foram avaliados segundo AOAC (2000), o total de lipídios bruto foi analisado de acordo com o método de FOLCH et al. (1957) e o extrato não-nitrogenado foi calculado pela diferença entre a matéria seca total e os demais nutrientes analisados.

4.2.3 Eficiência Biofiltradora

Para a avaliação da eficiência biofiltradora, as macroalgas foram aleatoriamente distribuídas em 12 caixas brancas, de polipropileno, com 25 litros de água, em sistema estático. A biomassa inicial de macroalgas foi de 200 g por caixa (1 kg m⁻³). A água utilizada neste experimento foi oriunda de sistema de cultivo de peixes marinhos, e acrescida de nitrato de amônia (NH₄NO₃; YARA) para ajustar a relação N:P (N:P = 10,7). As concentrações de nutrientes da água foram NH₃ = 71,87; NO₂ = 0,98; NO₃ = 200,15 mg L⁻¹ e PO₄ = 25,6 mg L⁻¹. A água foi previamente filtrada (200 µm), clorada (1 mg NaClO L⁻¹, 2 horas) e desclorada (0,1 mg Na₂S₂O₃ L⁻¹). As caixas foram equipadas com aeração individual contínua, proveniente de um aerador central, distribuídas por mangueiras de silicone (4 mm de diâmetro) e pedras porosas.

As concentrações de nutrientes (amônia, nitrito, nitrato e fosfato) foram analisadas por métodos colorimétricos clássicos com auxílio de kits analíticos e de fotômetro ALFAKIT (AT100P). As análises foram realizadas a cada 3 horas, nas primeiras 12 horas, e

posteriormente a cada 24 horas, totalizando 144 h (sete dias). A temperatura e a irradiância foram monitoradas a cada hora com auxílio de *data loggers* (HOBO Pendant[®], UA-002-08). Durante a avaliação da eficiência biofiltradora a temperatura das caixas foi de $21,86 \pm 2,88^\circ\text{C}$, e a irradiância de $1299,6 \pm 1700,9 \text{ Umol fotons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

A eficiência biofiltradora das algas foi estimada através da eficiência de retirada de nutrientes total $\{ER_{(t=144)}\% = ([\text{nutriente inicial}] - [\text{nutriente final}]) / [\text{nutriente inicial}] \times 100\}$ e da taxa de retirada de nutrientes $\{TR \% h^{-1} = ER/\text{tempo}\}$

4.2.4 Crescimento das macroalgas

Em cada unidade experimental foram utilizadas 50 g de biomassa úmida de cada espécie (n=5, para cada espécie). As unidades experimentais e a água utilizada foram idênticas às descritas anteriormente. A cada sete dias durante cinco semanas (35 dias) a biomassa das algas era drenada em saco de malha (1mm) e pesada em balança centesimal (d=0,001g). A taxa de crescimento diário (TCD) foi calculada de acordo com a fórmula: $TCD (\% \text{ dia}^{-1}) = [(\text{massa úmida final}/\text{massa úmida inicial})^{1/\text{tempo}} - 1] \times 100$. A temperatura e a irradiância foram monitoradas a cada hora com auxílio de *data loggers* (HOBO Pendant[®], UA-002-08).

4.2.5 Análises estatística

A retirada dos nutrientes foi analisada através de curvas das médias das concentrações dos nutrientes (y) ao longo do tempo (x). Os valores de N-NO₃, N-NO₂ e N-NH₃ foram somados para obtenção do nitrogênio inorgânico dissolvido e regressões entre a razão N:P e a TR de cada nutriente foram realizadas visando a compreensão da dinâmica biofiltradora das algas. Os dados de ER_(t=144), TR e TCD foram testados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias (ZAR 1996). As diferenças na ER_(t=144) de cada nutriente e nas TCD entre as espécies foram avaliadas através de ANOVA (One way), seguida de teste de Tukey. Além disso, regressões foram realizadas considerando o efeito da razão N:P nas ER_(t=144) de cada nutriente, para cada espécie e curvas de biomassa (y) ao longo do tempo (x) foram utilizadas para complementar a avaliação do crescimento das algas. As diferenças na TR entre as espécies foram analisadas através do teste de Kruskal-Wallis seguido de teste *a posteriori* de comparações múltiplas das médias dos *ranks*.

As análises foram realizadas com auxílio do pacote estatístico Statistica 7.0, os dados foram apresentados em média \pm desvio padrão e o limite de tolerância para os testes de significância foi de 95% ($p < 0,05$).

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Composição Química

U. fasciata e *U. flexuosa* apresentaram os maiores teores de proteína bruta, carboidratos (ENN) e de pigmentos (clorofila-*a*, luteína e β -caroteno). O teor de cinzas foi superior em *K. alvarezii*, seguido de *H. musciformis* e menor nas algas verdes. O teor de lipídeos e fibra bruta foi semelhante entre as quatro macroalgas estudadas (Tabela 1).

Tabela 1. Composição centesimal (proteína bruta-PB, lipídio bruto – LB, cinzas- CZ, fibra bruta – FB) e pigmentos (Chl *a* – Chlorofila *a* e carotenoides de quatro espécies de macroalgas

Espécies	Composição centesimal (%)					Carotenoides (mg g ⁻¹)		
	PB	LB	CZ	FB	ENN	Chl <i>a</i>	Luteína	β -caroteno
<i>U. fasciata</i>	30,33	0,77	24,41	4,59	39,90	0,76	1,32	1,02
<i>U. flexuosa</i>	36,74	1,27	20,84	5,70	35,45	0,91	1,09	1,08
<i>H. musciformis</i>	20,95	1,00	38,50	4,00	30,20	0,31	0,08	0,20
<i>K. alvarezii</i>	2,97	0,69	57,25	4,13	30,84	0,09	0,01	0,13

Apesar da semelhança no teor de lipídeos, a composição de ácidos graxos variou entre as espécies (Tabela 2). As algas verdes apresentaram duas a três vezes mais ácidos graxos totais que as algas vermelhas, associado aos maiores valores de poliinsaturados, n3 e n6.

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos (mg g^{-1} ; $\text{media} \pm \text{desvio padrão}$) das espécies de macroalgas avaliadas.

Ácidos graxos	<i>U. fasciata</i>	<i>U. flexuosa</i>	<i>H. musciformis</i>	<i>K. alvarezii</i>
Tetradecanoico (14:0)	0,149±0,002	0,188±0,016	0,545±0,051	0,136±0,007
Pentadecanoico (15:0)	0,256±0,001	0,291±0,003	0,257±0,007	0,225±0,012
Hexadecanoico (16:0)	5,360±0,220	4,353±0,331	3,568±0,325	1,911±0,235
cis-9-hexadecenoico (16:1)	0,455±0,044	0,244±0,006	0,461±0,033	0,507±0,016
Hexadecatetraenoico (16:4)	0,896±0,069	0,896±0,069	-	-
Octadecanoico (18:0)	0,788±0,142	0,797±0,218	0,718±0,117	0,562±0,149
Oleico (18:1)	0,142±0,030	0,818±0,029	0,409±0,062	0,109±0,010
Linoléico (18:2 n6)	0,827±0,091	1,506±0,040	-	-
Ácido γ -linoleico (18:3 n6)	-	0,117±0,005	-	-
Linolênico (18:3 n3)	2,153±0,233	2,350±0,052	-	-
Octadecatetraenoico (18:4n3)	1,080±0,077	1,080±0,077	-	-
Araquidônico (20:4n6)	-	-	0,419±0,053	0,290±0,013
Eicosapentaenoico (20:5n3)	-	-	0,322±0,030	0,343±0,014
Docosahexaenoico (22:6n3)	-	-	-	-
Total	12,681±0,666	13,122±0,472	6,768±0,657	4,084±0,430
Saturado	6,552±0,082	5,629±0,566	5,087±0,489	2,834±0,395
Monoinsaturado	1,078±0,108	1,543±0,006	0,870±0,093	0,617±0,016
Polinsaturado	5,051±0,476	5,950±0,099	0,811±0,084	0,633±0,027
$\omega-3$	*4,129±0,376	4,326±0,109	0,322±0,030	0,343±0,014
$\omega-6$	0,922±0,100	1,624±0,043	0,489±0,057	0,290±0,013

4.3.2 Eficiência Biofiltradora

Todas as espécies foram igualmente eficientes na remoção de nitrogênio inorgânico dissolvido após 144h ($23,5 \pm 16,2\%$; $F = 1,89$; $p = 0,21$), sendo as menores concentrações de amônia e nitrato registradas após 6 e 24h, respectivamente (Figura 1).

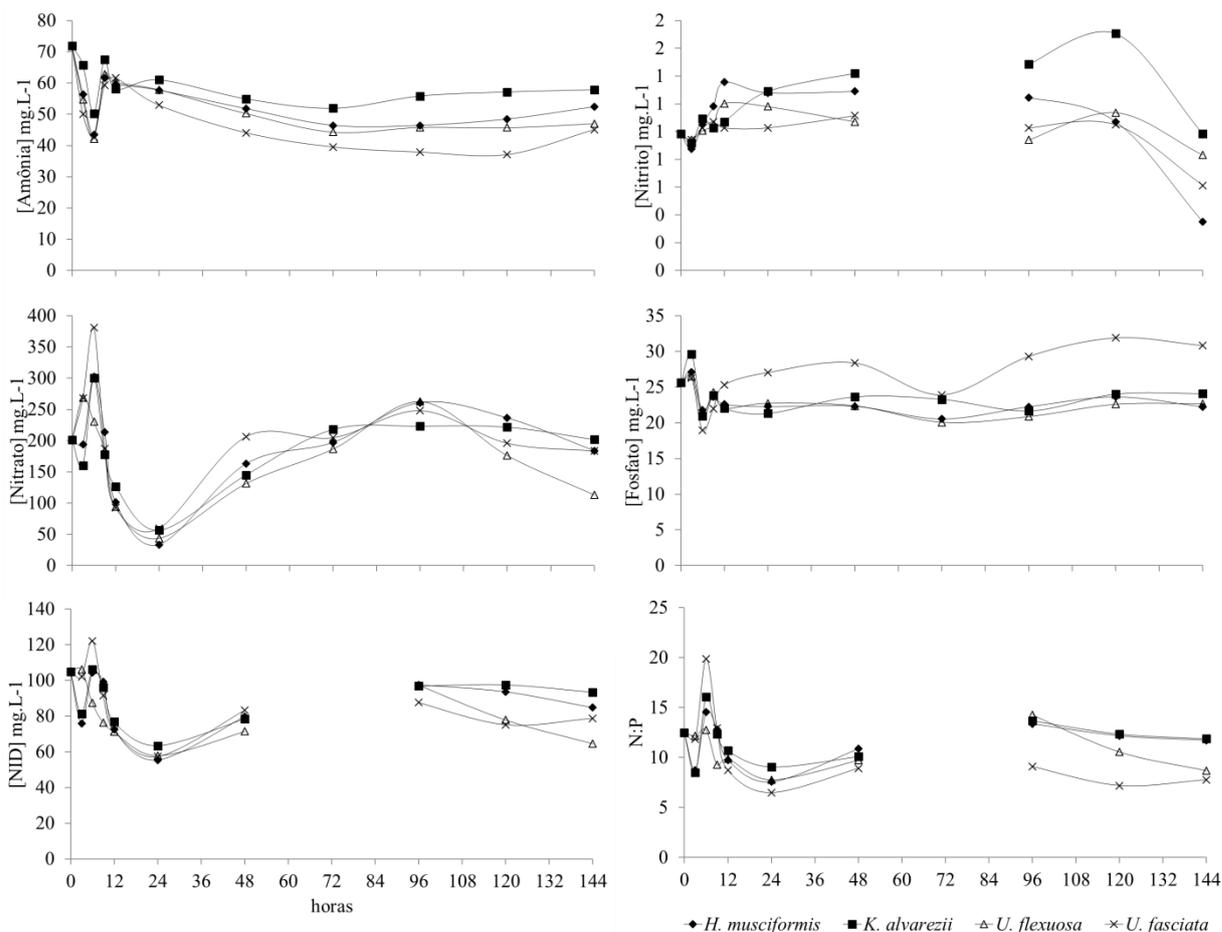


Figura 1. Variação temporal (horas) da concentração de nutrientes (mg L⁻¹), Nitrogênio inorgânico dissolvido (somatório do nitrogênio da amônia, do nitrito e do nitrato - DIN) e relação nitrogênio: fósforo inorgânico (N:P) em tanques de macroalgas cultivadas em água oriunda de efluente de cultivo de peixes marinhos A ausência de dados de nitrito em 72 horas ocorreu por falha analítica.

Ao final do experimento, *U. fasciata* foi a espécie menos eficiente na remoção de fósforo (-20,4±3,1%). A razão N:P da água possivelmente não afetou a ER de amônia pelas algas verdes (Figura 2), ao contrário do registrado para as demais ($p < 0.05$). Por outro lado, a ER de nitrato e a ER de fósforo por *U. fasciata* respondem de formas antagônicas à variação de N:P (Figura 2).

Não foi observada diferença significativa na TR (% hora⁻¹) de nenhum dos nutrientes, entre as espécies ($p > 0,08$), mas foram registradas diferenças nas TR entre as horas. A TR de amônia variou de 0,00 a 11,71 % hora⁻¹ sendo os maiores valores registrados entre 3 e 24 h ($H = 104,1$; $p < 0,001$); a TR de nitrato variou entre -7,78 e 6,67 % hora⁻¹, com maiores valores entre 12 e 48h após o início do experimento ($H = 52,8$; $p < 0,001$) e a TR de fósforo variou entre -22,49 e 11,94 % hora⁻¹ sendo mais alta 6h após o início do experimento ($H = 69,8$; $p < 0,001$).

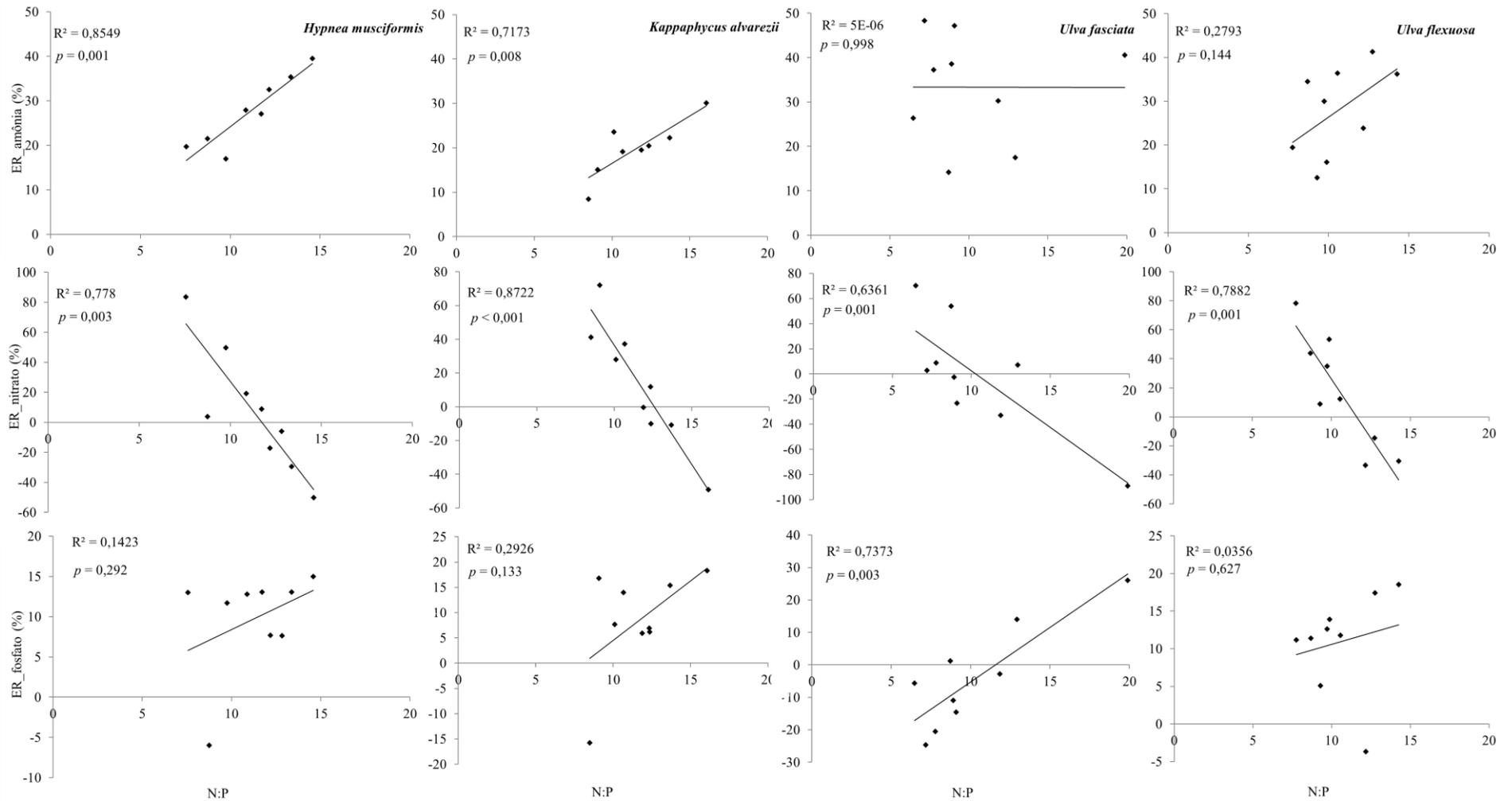


Figura 2. Regressões entre a eficiência de retirada (ER) de cada nutriente (eixo y) pelas algas (*Hypnea musciformis*, *Kappaphycus alvarezii*, *Ulva fasciata* e *U. Flexuosa*) em função da razão Nitrogênio: Fósforo (N:P; eixo x), com respectivos coeficientes de regressão (R^2) e significâncias (p).

4.3.3 Crescimento das algas

Quanto ao crescimento, *U. fasciata* foi a única com TCD positiva após 35 dias de cultivo ($1.62 \pm 0.93\% \cdot \text{dia}^{-1}$; $F = 22,10$; $p < 0,001$; Figura 3). *Ulva flexuosa*, *Hypnea musciformis* e *Kappaphycus alvarezii* apresentaram perda de biomassa ao longo do período experimental, sendo que a última morreu entre a terceira e a quarta semana. A variação da temperatura e da irradiância nos tanques de algas, durante o período experimental, está representada na figura 4.

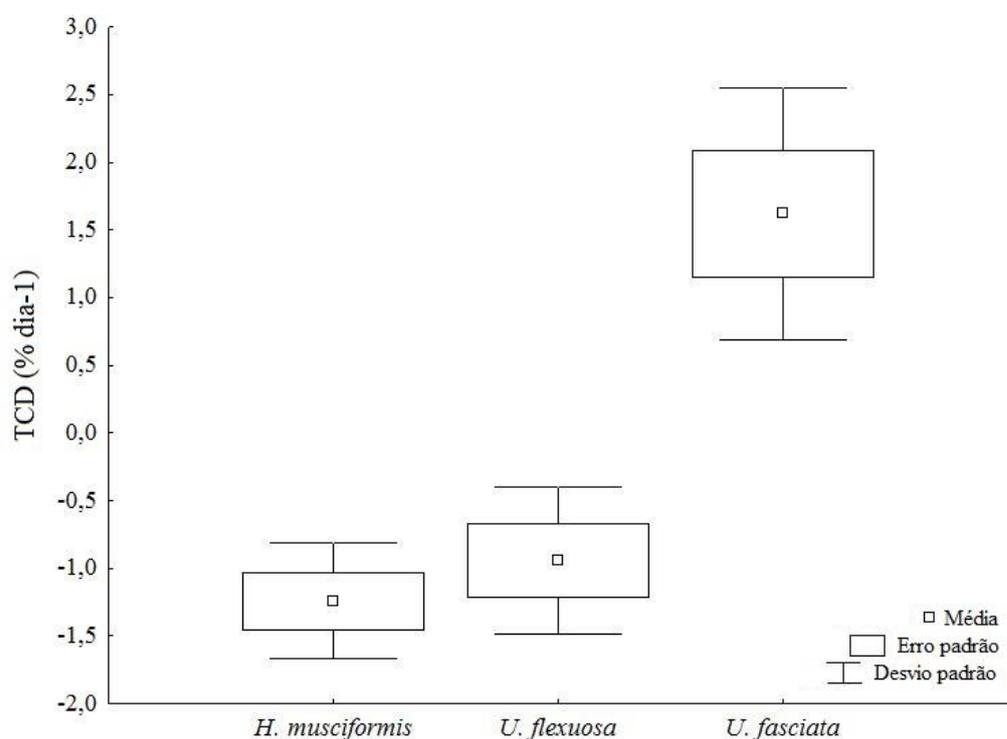


Figura 3. Taxa de crescimento diário (TCD) das macroalgas cultivadas em tanques com efluente de peixes marinhos durante 35 dias.

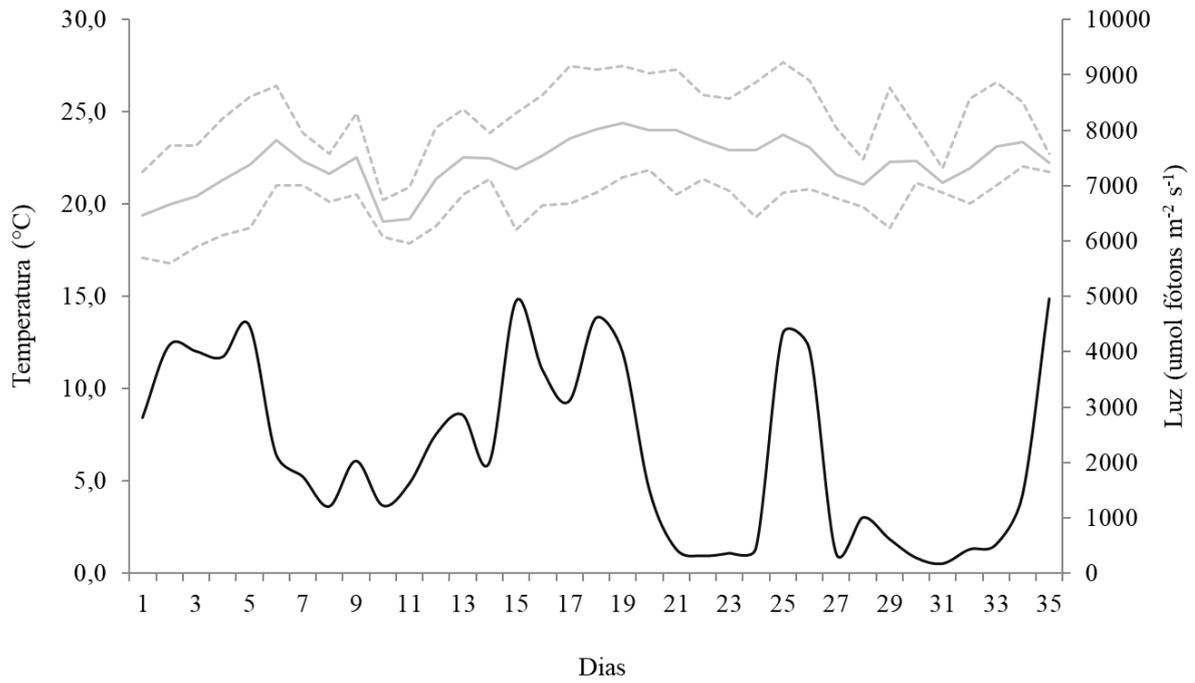


Figura 4. Temperatura (em cinza) e intensidade luminosa (Luz; em preto) nos tanques de cultivo de algas durante o experimento de crescimento. As linhas cheias são referentes aos valores médios e as tracejadas indicam os valores máximos e mínimos de temperatura.

4.4 DISCUSSÃO

As algas verdes, *Ulva fasciata* e *U. flexuosa* destacaram-se entre as espécies estudadas, no que se refere à composição química. Estas espécies apresentaram os melhores resultados de teor proteico, acima de 30%, os quais podem ser ainda maiores quando cultivadas em IMTA, nos quais a disponibilidade de nitrogênio inorgânico tende a ser elevada (ARAÚJO et al. 2015). Tal característica destaca o potencial uso destas algas na nutrição animal. A utilização da farinha de peixe, principal fonte proteica na nutrição de organismos aquáticos, é bastante questionada em função dos problemas ambientais associados à pesca e das questões sanitárias (FAO 2016). Além disso, a farinha de peixes tem um elevado custo em rações, sendo um dos ingredientes mais oneroso para a aquicultura (MUZINIC et al. 2006). A utilização de uma fonte proteica produzida localmente, como *Ulva* sp. no próprio IMTA, pode contribuir para a sustentabilidade econômica e ambiental do cultivo (HARDY 2010). A utilização de farelo de *Ulva* sp. em dietas para peixes tem se mostrado eficaz em diversos estudos (VALENTE et al. 2006; AZAZA et al. 2008; ERGÜN et al. 2009; ZHU et al. 2015; SHPIGEL et al. 2017).

As macroalgas verdes também apresentaram os maiores teores de clorofila *a* e carotenóides em sua composição. A luteína, que normalmente é o carotenoide mais presente em *Ulva* (VALENTE et al. 2015), e foi mais abundante em *U. fasciata*. Os carotenoides, luteína e o β -caroteno tem comprovada ação antioxidante (NAGIB 2000; KRINSKY 2001).

O teor lipídico das macroalgas do presente estudo foi baixo, sempre inferior a 1,27%, sendo as espécies de *Ulva* com os maiores valores, o que corrobora com as informações encontradas na literatura, onde o teor de lipídio de macroalgas geralmente é baixo, inferior a 2%, porém com alta concentração de ácidos graxos polinsaturados (PUFA) (SÁNCHEZ-MACHADO et al. 2004; MARSHAM et al. 2007), principalmente o linolênico (18:3 n3), ácido graxo essencial, precursor dos ácidos graxos EPA e docosahexaenóico (DHA) (TOCHER 2010). Neste estudo, os ácidos eicosapentaenóico (EPA) e araquidônico (ARA) foram registrados apenas nas espécies *H. musciformis* e *K. alvarezii*, no entanto, em baixas concentrações. Peixes de água doce em geral apresentam capacidade de síntese de EPA e DHA desde que sejam fornecidos o 18:3 n3 na dieta. Por outro lado, peixes marinhos, por deficiência de atividade de enzimas não tem a capacidade de sintetizar EPA e DHA, e estes precisam ser fornecidos diretamente na alimentação (TOCHER 2003).

As análises de composição demonstraram maiores teores de cinzas para *Kappahycus alvarezii* em relação às demais espécies, o que poderia ser explicado pela alta concentração de sais, como cloreto de sódio, no talo. Além disso, *K. alvarezii* possui elevados teores de K-carragenana, um polissacarídeo sulfatado com grande capacidade ligar-se a íons e portanto, imobilizar diversos minerais. Desta forma, uma avaliação da composição mineral é necessária. De forma geral, as macroalgas são reconhecidas como grandes fontes de minerais essenciais como potássio, cálcio, fósforo, magnésio, ferro, zinco, manganês, iodo e cobre (RUPÉREZ 2002). A elevada concentração de minerais em macroalgas evidencia sua utilização como suplemento mineral na nutrição de peixes (CABRITA et al. 2016). Atualmente, a suplementação das rações com minerais inorgânicos é comumente adotada na nutrição animal com o intuito de garantir a concentração mínima dos nutrientes essenciais. Embora seu uso seja permitido na produção orgânica brasileira (MAPA 2008), a utilização de uma fonte natural de minerais, em substituição aos suplementos comerciais pode ser bem visto no conceito da produção de alimentos orgânicos (RIBEIRO et al. 2015). Acrescido a isto, as macroalgas podem ser uma fonte suplementar de minerais traços, em forma biodisponíveis, contribuindo para melhoria do crescimento e sanidade do animal (EVANS e CRITCHLEY 2014). A utilização das macroalgas pode ainda melhorar a qualidade do

pescado produzido, por exemplo, através do aumento no teor de iodo da carne (VALENTE et al. 2015; RIBEIRO et al. 2015).

Macroalgas têm alta capacidade de remoção de compostos nitrogenados sendo indicadas por isso para a biofiltração de efluentes de peixes ou camarões na aquicultura marinha (CHOPIN et al. 2001; NEORI et al. 2004; PENA-RODRIGUEZ et al. 2017). No entanto, no presente estudo, com exceção de *U. fasciata*, todas as espécies foram contaminadas por microalgas, que podem ter contribuído para a retirada de nutrientes do sistema. O perifiton pode contribuir significativamente para a retirada de nutrientes e também pode ser explorado como alternativa de biofiltro (LEVY et al. 2017).

Existe uma grande diferença entre as macroalgas em relação à preferência e eficiência de absorção de amônia e nitrato (NALDI e WHEELER 1999). Algas marinhas podem absorver e assimilar a amônia de forma ativa ou passiva, em função das concentrações na água (REES et al. 1998; TAYLOR et al. 1998). A grande disponibilidade de amônia na água aumenta a taxa de absorção, preferencialmente de forma passiva e a presença de elevados teores de amônia pode inibir a absorção de nitrato (AHN et al. 1998; REES 2003; REES et al. 2007). Portanto, em sistemas de AMTI, em que *Ulva fasciata* for a espécie utilizada como biofiltro, a amônia será disponibilizada diretamente para as algas e o nitrato e fosfato tendem a acumular. Neste caso, é recomendado o uso de outras espécies acessórias ao sistema de filtragem, mais eficientes na remoção do nitrato e fosfato do que as testadas neste experimento. WEEB et al. (2012) demonstraram grande capacidade de remoção de nitrogênio e fósforo do efluente de aquicultura marinha com a utilização de biofiltros com a presença de *Salicornia europaea*, comum em alagados hipersalinos e marismas.

U. fasciata apresentou capacidade de retirada de amônia da água independente da razão N:P, resultado relevante levando-se em consideração a toxicidade da amônia para os peixes. Em sistemas de recirculação de água, a razão N:P pode variar em função do aporte de nutrientes feito pela alimentação e a ineficiência dos peixes em aproveitar o alimento (WU 1995; BOYD 2003), levando ao acúmulo de nutrientes, promovendo a eutrofização do meio (VAN KHOI e FOTEDAR 2010) e alterando a razão N:P.

A proporção de *Redfield*, que avalia a média dos teores de carbono, nitrogênio e fósforo (C:N:P) de uma extensa base de microalgas marinhas chega a proporção de 106:16:1 (REDFIELD 1963). Alterações na composição das microalgas em relação à proporção de *Redfield* podem ser utilizadas para inferir nutrientes que limitam o crescimento, onde microalgas cultivadas em meios pobres em P apresentam relações acima de 30:1 (N:P), já se cultivadas em meio deficiente em N apresentam proporção N:P abaixo de 10:1 (ATKINSON e SMITH 1983). Para a média de todas as macroalgas analisadas a proporção C:N:P foi de 550:30:1 e para *Ulva* sp. foi de 336:35:1 (ATKINSON e SMITH 1983). Neste sentido, macroalgas consomem nitrogênio e fósforo na proporção de 30:1, e, portanto, o crescimento das macroalgas seria otimizado onde as adubações ou aporte de nutrientes fossem feitas nesta proporção (HARRISON e HURD 2001).

A identificação dos períodos de maior TR para cada um dos nutrientes observados no presente estudo sugere a taxa de renovação no sistema de recirculação, onde o intuito é manter as TR em níveis elevados ao longo do tempo. O fluxo de entrada de nutrientes em um biofiltro de macroalgas tem influência direta na taxa de retirada de nutrientes (NEORI et al. 1991). Desta forma, independente da espécie, na densidade de algas utilizada, para maior eficiência biofiltradora, em IMTA com peixes, a renovação mais indicada é de 400 % dia⁻¹ em sistemas com tendência de acúmulo de fósforo e de pelo menos 100 % dia⁻¹ para sistemas com maior acúmulo dos compostos nitrogenados.

Possivelmente o maior crescimento de *U. fasciata* esteve relacionado à sua maior resistência às contaminações por microalgas e bactérias. De fato, os tanques de *K. alvarezii*, *U. flexuosa* e *H. musciformis* foram contaminados por microalgas e bactérias, principalmente

Oscillatoria sp. (Cyanophyceae) durante o experimento. As microalgas cooperam com a retirada de nutrientes dos tanques, mas, além de não gerarem biomassa útil nesse caso, competem por recursos, promovem a redução da luz nos tanques e interferem no crescimento e no ganho de biomassa das macroalgas. *U. fasciata* não apresentou problemas de contaminação com microalgas, sugerindo um efeito inibitório da macroalga sobre o crescimento de microalgas. NAN et al. (2008) demonstraram efeito alelopático de *U. lactuca*, inibindo o crescimento de três espécies de microalgas (*Heterosigma akashiwo*, *Alexandrium tamarense* e *Skeletonema costatum*) presentes em *blooms* de microalgas conhecidos como maré vermelha. Este efeito alelopático de *Ulva* é potencializado em condições adequadas de cultivo e grandes variações de salinidade, pH e luminosidade podem afetar a capacidade da macroalga inibir o crescimento de microalgas (JIN et al., 2016).

Contudo, os valores de TCD, mesmo os de *U. fasciata*, foram inferiores aos registrados em outros estudos para *Ulva*. CASTELAR et al. (2015) observaram taxas de crescimento *U. fasciata* de 4,5% dia⁻¹, em sistema de cultivo semelhante ao do presente estudo. TCD de até 17,9 % dia⁻¹ foram observados para *U. lactuca* cultivadas em sistema de recirculação integrado com peixes marinhos (NEORI et al. 1991). O baixo crescimento de *Ulva* neste estudo pode estar associado à elevada amplitude térmica, chegando a variar 12°C no período de um dia (Fig 4). Embora as espécies de *Ulva* sejam consideradas euritérmicas (WANG et al. 2007), existe uma redução no seu desempenho produtivo com a queda da temperatura. NEORI et al. (1998) relatam uma queda de aproximadamente 70% na produção no período de inverno em relação ao verão. Estudo avaliando as condições ótimas de crescimento de *U. pertusa* encontrou a faixa ideal de temperatura entre 20-25°C (JIN et al., 2016). *K. alvarezii* e *Hypnea musciformis*, que apresentaram os piores resultados em crescimento, são ainda menos tolerantes a baixas temperaturas (DAWES et al. 1976; REIS et al., 2006; HAYASHI et al. 2011).

4.5 CONCLUSÃO

O maior desempenho produtivo, remoção de amônia, teor de proteína e carotenóides e o perfil lipídico indicam que *U. fasciata* tem grande potencial para utilização em AMTI e como ingrediente funcional em rações para peixes.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Carlos Chagas de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo financiamento do projeto de pesquisa (FAPERJ/E26/010.001971/2014) e ao Conselho Nacional de Pesquisa pela bolsa de produtividade da pesquisadora parceira Dr. Renata Perpetuo Reis do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (CNPq 303582/2014-6).

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHN, O.; PETRELL, R.J.; HARRISON, P.J. Ammonium and nitrate uptake by *Laminaria saccharina* and *Nereocystis luetkeana* originating from a salmon sea cage farm. *Journal of Applied Phycology*, v. 10, n. 4, p. 333-340, 1998.
- AL-HAFEDH, Y.S.; ALAM, A.; BUSCHMANN, A.H. Bioremediation potential, growth and biomass yield of the green seaweed, *Ulva lactuca* in an integrated marine aquaculture system at the Red Sea coast of Saudi Arabia at different stocking densities and effluent flow rates. *Reviews in Aquaculture*. in press. v.7, n. 3, p.161-171, 2015
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC, 2000). *Official Methods of Analysis*, 17th edn. AOAC, Inc., 2000
- ARAÚJO, M.; REMA, P.; SOUSA-PINTO, I.; CUNHA, L.M.; PEIXOTO, M.J., PIRES, M.A.; VALENTE, L.M. Dietary inclusion of IMTA-cultivated *Gracilaria vermiculophylla* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on growth, intestinal morphology, tissue pigmentation, and immunological response. *Journal of Applied Phycology*, v.28, n.1, p.1-11, 2015
- ATKINSON, M.J.; SMITH, S.V.C: N: P ratios of benthic marine plants. *Limnology and Oceanography*, v. 28, n. 3, p. 568-574, 1983.
- AZAZA, M.S.; MENSI, F.; KSOURI, J.; DHRAIEF, M.N.; BRINI, B.; ABDELMOULEH, A.; KRAIEM, M.M. Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae ulva meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of southern Tunisia. *Journal of Applied Ichthyology*, v.24, n.2, p.202-207, 2008.
- BEN-ARI, T.; NEORI, A.; BEN-EZRA, D.; SHAULI, L.; ODINTSOV, V.; SHPIGEL, M. Management of *Ulva lactuca* as a biofilter of mariculture effluents in IMTA system. *Aquaculture*, v.434, p.493-498, 2014
- BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Aquaculture*, v.226, n.1, p.101-112. 2003
- CABRITA, A.R.; MAIA, M.R.; OLIVEIRA, H.M.; SOUSA-PINTO, I.; ALMEIDA, A.A.; PINTO, E.; FONSECA, A.J. Tracing seaweeds as mineral sources for farm-animals. *Journal of Applied Phycology*, v.28, p. 3135-3150, 2016
- CASTELAR, B.; PONTES, M.D.; COSTA, W.M.; Fontes, L.C.; Biofiltering efficiency and productive performance of macroalgae with potential for integrated multi-trophic aquaculture (imta). *Boletim do Instituto de Pesca*, v.41, p.763 – 770, 2015
- CHOPIN T.; BUSCHMANN A.H.; HALLING C.; TROELL M.; KAUTSKY N.; NEORI A. Integrating seaweeds into aquaculture systems: a key towards sustainability. *Journal of Phycology*. v.37 p.75–986. 2001
- DAWES, C.J.; MOON, R.; LaClaire, J.; Photosynthetic Responses of the Red Alga, *Hypnea Musciformis* (Wulfen) Lamouroux (Gigartinales). *Bulletin of Marine Science*. v.26, n.4, p.467-473, 1976.
- ERGÜN, S.; SOYUTÜRK, M.; GÜROY, B.; GÜROY, D.; MERRIFIELD, D. Influence of *Ulva* meal on growth, feed utilization, and body composition of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at two levels of dietary lipid. *Aquaculture International*, v.17, n.4, p. 355-361, 2009

EVANS, F.D.; CRITCHLEY, A.T. Seaweeds for animal production use. **Journal of applied phycology**, v.26, n.2, p.891-899, 2014.

FAO, **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016 (SOFIA): Contributing to food security and nutrition for all**, Rome: Food and Agriculture Organization, 2016, 200 p

FLEURENCE, J. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses, **Trends in Food Science & Technology** v.10, p.25-28, 1999

FOLCH, J.M.; LEES, G.H.; STANLEY, S. A simple method for the isolation purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**. v.226, p.497-507. 1957.

HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v.41, n.5, p.770-776, 2010

HARRISON, Paul J.; HURD, Catriona L. Nutrient physiology of seaweeds: application of concepts to aquaculture. **Cahiers de biologie marine**, n. 1-2, 2001.

HAYASHI, L.; SANTOS, A.A.; FARIA, G.S.M.; NUNES, B.G.; SOUZA, M.S.; FONSECA, A.L.D.; BARRETO, P.L.M.; OLIVEIRA, E.C.; BOUZON Z.L. *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Areschougiaceae) cultivated in subtropical waters in Southern Brazil. **Journal of Applied Phycology** v.23, p.337-343, 2011

HOLDT, S. L.; KRAAN, S. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, n.3, p.543-597. 2011.

HU, Z.; LEE, J.W.; CHANDRAN, K.; KIM, S.; BROTTTO, A.C.; KHANAL, S.K. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. **Bioresource technology**, v.188, p.92-98. 2015.

JIANG, Z.J.; FANG, J.G.; MAO, Y.Z.; WANG, W. Eutrophication assessment and bioremediation strategy in a marine fish cage culture area in Nansha Bay, China. **Journal of applied phycology**, v.22, n.4, p. 421-426. 2010

JIN, Q., WU, H. G., ZHANG, X. X., & KE, Z. L. Influence of non-nutrient environmental factors on *Ulva pertusa*'s inhibitory effects on *Heterosigma akashiwo* growth. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 96(5), 1041-1052. 2016

KRINSKY, N. I. Carotenoids as antioxidants. **Nutrition**, v. 17, n. 10, p. 815-817, 2001.

LEVY, A., MILSTEIN, A., NEORI, A., HARPAZ, S., SHPIGEL, M., & GUTTMAN, L. Marine periphyton biofilters in mariculture effluents: Nutrient uptake and biomass development. **Aquaculture**, 473, 513-520. 2017

MACARTAIN, P.; GILL, C.I.; BROOKS, M.; CAMPBELL, R.; ROWLAND, I.R. Nutritional value of edible seaweeds. **Nutrition reviews**, v.65, n.12, p.535-543. 2007

MAPA- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 64, DE 18 DE DEZEMBRO DE 2008**, disponível em <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Producao-Integrada-Pecuaria/IN%2064%20de%202008.pdf> acesso em 7 de junho de 2016

MARSHAM, S., SCOTT, G. W., & TOBIN, M. L. Comparison of nutritive chemistry of a range of temperate seaweeds. **Food chemistry**, 100(4), 1331-1336. 2007

MSUYA, F.E.; NEORI, A. Effect of water aeration and nutrient load level on biomass yield, N uptake and protein content of the seaweed *Ulva lactuca* cultured in seawater tanks. **Journal of Applied Phycology**, v. 20, p. 6, p. 1021-1031. 2008.

MSUYA, F. E., & NEORI, A. Effect of water aeration and nutrient load level on biomass yield, N uptake and protein content of the seaweed *Ulva lactuca* cultured in seawater tanks. **Journal of Applied Phycology**, v. 20, p. 6, p. 1021-1031. 2008.

NAGUIB, Y. M. Antioxidant activities of astaxanthin and related carotenoids. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.48, n.4, p.1150-1154. 2000

NALDI, M.; WHEELER, P.A. Changes in nitrogen pools in *Ulva fenestrata* (Chlorophyta) and *Gracilaria pacifica* (Rhodophyta) under nitrate and ammonium enrichment. **Journal of Phycology**, v. 35, n. 1, p. 70-77, 1999.

NAN, C., ZHANG, H., LIN, S., ZHAO, G., & LIU, X. Allelopathic effects of *Ulva lactuca* on selected species of harmful bloom-forming microalgae in laboratory cultures. **Aquatic Botany**, v.89, n.1, p.9-15. 2008

NEORI, A., RAGG, N. L., SHPIGEL, M. The integrated culture of seaweed, abalone, fish and clams in modular intensive land-based systems: II. Performance and nitrogen partitioning within an abalone (*Haliotis tuberculata*) and macroalgae culture system. **Aquacultural Engineering**, v.17, n.4, p.215-239. 1998

NEORI, A.; CHOPIN, T.; TROELL, M.; BUSCHMANN, A.H.; KRAEMER, G.P.; HALLING, C.; YARISH, C. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. **Aquaculture**, v.231, n.1, p. 361-391. 2004

PELLIZZARI, F.; REIS, R.P. Seaweed cultivation on the southern and southeastern Brazilian coast. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 21, n. 2, p. 305-312, 2011.

PEÑA- RODRÍGUEZ, A., MAGALLÓN- BARAJAS, F. J., CRUZ- SUÁREZ, L. E., ELIZONDO- GONZÁLEZ, R., & MOLL, B. Effects of stocking density on the performance of brown shrimp *Farfantepenaeus californiensis* co- cultured with the green seaweed *Ulva clathrata*. **Aquaculture Research**, v.48, n.6, p. 2803-2811. 2017

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

REDFEILD, A. C. The influence of organisms on the composition of sea water. **The sea**, v. 2, p. 26-77, 1963

REES, T.A.V.; GRANT, C.M.; HARMENS, H.E.; TAYLOR R.B. Measuring rates of ammonium assimilation in marine algae: use of the protonophore carbonyl cyanide m-chlorophenylhydrazone to distinguish between uptake and assimilation. **Journal of phycology**, v. 34, n. 2, p. 264-272, 1998.

REES, T. ALWYN V. Safety factors and nutrient uptake by seaweeds. **Marine Ecology Progress Series**, v. 263, p. 29-42, 2003.

REES, T.A.V.; DOBSON. B.C.; BIJL, M. Morelissen et al. Kinetics of nitrate uptake by New Zealand marine macroalgae and evidence for two nitrate transporters in *Ulva intestinalis* L. **Hydrobiologia**, v. 586, n. 1, p. 135-141, 2007.

REIS, R.P.; CALDEIRA, A.Q.; MIRANDA, A.P.S.M.; BARROS–BARRETO, M.B. Potencial para maricultura da carragenófita *Hypnea musciformis* (Wulfen) J. V. Lamour. (Gigartinales – Rhodophyta) na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** v.20, p.763–769, 2006.

RIBEIRO, A. R.; GONÇALVES, A.; COLEN, R.; NUNES, M.L.; DINIS, M.T.; DIAS, J. Dietary macroalgae is a natural and effective tool to fortify gilthead seabream fillets with

- iodine: effects on growth, sensory quality and nutritional value. **Aquaculture**, v.437, p. 51-59. 2015
- RUPÉREZ, P. Mineral content of edible marine seaweeds. **Food Chemistry**, v.79 n.1, p.23-26, 2002
- SÁNCHEZ-MACHADO, D. I., LÓPEZ-CERVANTES, J., LOPEZ-HERNANDEZ, J., & PASEIRO-LOSADA, P. Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. **Food chemistry**, v.85, n.3, p. 439-444. 2004
- SHPIGEL, M., GUTTMAN, L., SHAULI, L., ODINTSOV, V., HARPAZ, S., & BEN-EZRA, D. *Ulva lactuca* from an Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) biofilter system as a protein supplement in gilthead seabream (*Sparus aurata*) diet. **Aquaculture**. 2017
- TAYLOR, R.B.; PEEK, J.T.A; REES, T.A.V. Scaling of ammonium uptake by seaweeds to surface area: volume ratio: geographical variation and the role of uptake by passive diffusion. **Marine Ecology Progress Series**, p. 143-148, 1998.
- TOCHER, D.R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. **Reviews in fisheries science**, v. 11, n. 2, p. 107-184, 2003.
- TOCHER, D.R. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 5, p. 717-732, 2010.
- VALENTE L.M.P.; GOUVEIA A.; REMA P.; MATOS J.; GOMES E.F.; PINTO I.S. Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture** v.252, p.85–91, 2006
- VALENTE, L. M.; REMA, P.; FERRARO, V.; PINTADO, M.; SOUSA-PINTO, I.; CUNHA, L.M.; ARAÚJO, M. Iodine enrichment of rainbow trout flesh by dietary supplementation with the red seaweed *Gracilaria vermiculophylla*. **Aquaculture**, v.446, p.132-139. 2015.
- VAN KHOI, L.; FOTEDAR, R. Effects of stocking density on the nutrient budget and growth of the western king prawn (*Penaeus latisulcatus* Kishinouye) in a recirculating aquaculture system. **Aquaculture Research**, v.41, n.10, p.624-633, 2010.
- WANG, Q.H.; DONG, S.L.; TIAN, X.L.; WANG, F. Effects of circadian rhythms of fluctuating temperature on growth and biochemical composition of *Ulva pertusa*. **Hydrobiologia** v.586, p. 313-319, 2007
- WEBB, J.M.; QUINTA R.; PAPADIMITRIOU, S.; NORMAN, L.; RIGBY, M.; THOMAS, D.N.; VAYET, L.L. Halophyte filter beds for treatment of saline wastewater from aquaculture. **Water research**, v. 46, n. 16, p. 5102-5114, 2012.
- WU, H., HUO, Y.; HU, M.; WEI, Z.; HE, P. Eutrophication assessment and bioremediation strategy using seaweeds co-cultured with aquatic animals in an enclosed bay in China. **Marine pollution bulletin**, v.95, n.1, p. 342-349. 2015.
- WU, R., The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. **marine pollution bulletin** v.31, p.159– 166. 1995.
- ZHOU, Y.; YANG, H.; HU, H.; LIU, Y.; MAO, Y.; ZHOU, H.; ZHANG, F. Bioremediation potential of the macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal waters of north China. **Aquaculture**, v.252, n.2, p.264-276. 2006

ZHU, D.; WEN, X.; XUAN, X.; LI, S.; LI, Y. The green alga *Ulva lactuca* as a potential ingredient in diets for juvenile white spotted snapper *Lutjanus stellatus* Akazaki. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n.1, p.1-9. 2015.

5 CAPÍTULO II

UTILIZAÇÃO DA MACROALGA *Ulva fasciata* EM DIETAS PARA JUVENIS DE CARAPEBA *Eugerres brasilianus*

RESUMO

PONTES, Marcelo Duarte. **Utilização da macroalga *Ulva fasciata* em dietas para juvenis de carapeba *Eugerres brasilianus***. 2018. 18p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

A macroalga *Ulva fasciata* possui composição nutricional adequada para uso como ingrediente para a aquicultura, além de diversos compostos de interesse que podem desempenhar funções nutraceuticas. Para avaliar do efeito da macroalga sobre o desempenho produtivo 480 juvenis Foram utilizados 480 juvenis ($0,05 \pm 0,02$ g de peso vivo e $16,45 \pm 2,24$ mm de comprimento total) foram distribuídos aleatoriamente em 20 caixas de 20 L de água marinha em sistema estático e dois níveis de transparência de água (clara e verde) e foram alimentados cinco vezes ao dia com dietas contendo 0, 5 e 10% de inclusão da macroalga. Foram avaliados a sobrevivencia e o ganho em peso e comprimento. Para a avaliação do efeito da macroalga no tempo de transito gastrointestinal foram utilizados 300 juvenis distribuidos aleatoriamente em 6 caixas de 50 litros, em sistema de recirculação de água, e foeram feitas avaliações da coloração das fezes com marcadores inertes. A inclusão da alga marinha *U. fasciata* na dieta de juvenis de carapeba não altera o tempo total de transito gastrointestinal e os parâmetros zootécnicos de taxa de sobrevivência (média $24,72 \pm 65,08\%$), ganho de peso (média $0,04 \pm 0,01$ g) ou comprimento (média $3,83 \pm 0,53$ mm), indicando a possibilidade de inclusão na dieta sem prejuízos ao desempenho produtivo.

Palavras chave: Maricultura, Ingredientes Alternativos, Dieta nutracêutica

5.1 INTRODUÇÃO

A aquicultura responde atualmente com uma parcela significativa da produção de pescado mundial e sua representatividade cresce de modo constante nas últimas décadas, sendo uma importante fonte de proteína para a população (FAO 2016). A escalada na produção é impulsionada por novos empreendimentos e, em grande parte, ao desenvolvimento de tecnologias adequadas para a produção dos organismos (ASCHE et al. 2016). No entanto, um dos principais desafios na aquicultura ainda é a melhoria da utilização dos alimentos ofertados aos peixes, que em geral aproveitam pouco os nutrientes das rações (BOYD 2003, CYRINO et al. 2010).

A capacidade de peixes converterem os nutrientes fornecidos pelo alimento em biomassa é limitada e dependente de uma série de fatores, como: a qualidade do alimento, as exigências nutricionais específicas e o manejo alimentar. O alimento não aproveitado pelos peixes torna-se um efluente com grande potencial poluidor, sendo o principal responsável pelo incremento da matéria orgânica e dos nutrientes no entorno de fazendas marinhas (GRIGORAKIS e RIGOS 2011). O efluente da piscicultura é rico em matéria orgânica particulada, sólidos suspensos e nutrientes dissolvidos, como o nitrogênio e fósforo (PIEDRAHITA 2003). Um sistema de produção usado para minimizar efluentes da piscicultura para o meio ambiente é a aquicultura multitrófica integrada (AMTI), que se baseia na integração de organismos de diferentes níveis tróficos no sistema de cultivo. As algas são capazes de reutilizar os nutrientes excretados ou perdidos pelos animais com o incremento de biomassa, além de diversificar as espécies utilizadas na atividade e sua função (CHOPIN et al. 2001, HU et al. 2015). Neste contexto, a utilização de macroalgas marinhas, além de contribuir para o equilíbrio do sistema de produção, pode ser um produto alternativo, que aumenta a rentabilidade da atividade, ou pode ser aproveitada na alimentação dos peixes cultivados.

As macroalgas são conhecidas por possuírem diversas substâncias de interesse nutricional. Possuem elevados teores minerais essenciais como potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco, iodo, manganês e cobre (RUPÉREZ 2002), despertando o interesse no seu uso como suplemento mineral para animais de criação (CABRITA et al. 2016). Muitas espécies, por ocuparem as zonas marinhas mais expostas à radiação solar, são ricas em vitaminas e pigmentos com ação antioxidante (MACARTAIN et al. 2007). Também são conhecidas por sua ação prebiótica e nutracêutica (DILLON et al. 2010; HOLDT e KRAAN 2010; O'SULLIVAN et al. 2010). Além disso, algas verdes (Chlorophyta) como *Ulva* sp. são ricas em proteínas (FLEURENCE 1999) e o cultivo em AMTI pode elevar ainda mais os teores protéicos em relação à composição no ambiente natural (ARAUJO et al., 2015). Esta fonte proteica tem potencial uso na substituição parcial da farinha de peixe em rações para aquicultura (WONG et al. 2001; TRUSHENSKI et al. 2010; KUMAR et al. 2014; CASTELAR et al. 2015). Portanto, a inclusão de macroalgas na dieta pode melhorar a higidez do animal, refletindo em maior resistência às condições adversas dos fatores abióticos, manejo e doenças, além de refletir em melhorias no desempenho produtivo.

As macroalgas, assim como outros ingredientes de origem vegetal que podem ser incluídos em rações para peixes, são ricas em polissacarídeos não-amiláceos (PNA). PNA são uma classe de polissacarídeos que compreendem celulose, hemicelulose, pectina, betaglucanos, dentre outros (ASP 1996). Nos PNA também estão incluídos polissacarídeos de algas, tais como alginatos, carragenanas, ágar e ulvana (ASP 1996). A inclusão de ingredientes com PNA em dietas para organismos aquáticos podem promover uma série efeitos nutricionais (SINHA et al. 2011), tais como alterar a viscosidade da digesta (LEENHOUWERS et al. 2006), influenciando a taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal (JOHANSEN et al. 1996), com consequências no aproveitamento de nutrientes e desempenho produtivo. Os carboidratos presentes nas macroalgas podem também

estimular o crescimento de bactérias que habitam naturalmente o TGI de peixes (ZHANG et al. 2017), despertando seu uso como prebiótico (RAPOSO et al. 2016).

Carapeba é uma espécie que ocorre desde as ilhas do Atlântico ocidental, no Caribe, até o sul do Brasil, principalmente, em regiões lagunares de estuário (MENEZES e FIGUEREDO 1980; CERVIGÓN 1992; PÉREZ-HEMÁNDEZ e ZAVALA-HURTADO 1993; HOSTIM-SILVA 2010). Esta espécie apresenta grande potencial para a piscicultura marinha (CAVALLI et al. 2011): é onívora, se alimenta no substrato (PASSINI et al. 2013), possui alta tolerância às variações da qualidade de água e manejo, é de fácil reprodução com boa resposta à indução hormonal. Apesar da importância econômica de carapeba e dos indícios de sobrepesca há mais de uma década (SAAD 2003), estudos sobre esta espécie permanecem escassos. Elevadas taxas de mortalidades durante a larvicultura são relatadas para esta espécie, principalmente durante o período transição alimentar do alimento vivo para a ração, possivelmente relacionadas a baixa aceitação da dieta, deficiências nutricionais ou densidade de estocagem inadequada (LAJONCHÈRE et al. 1996), além disso a não adaptação ao sistema de cultivo pode influenciar na sobrevivência. Neste sentido a redução da transparência da água pode atenuar o estresse desta etapa da criação (CYRINO *et al.* 2012).

Neste contexto, será avaliado o desempenho produtivo de juvenis de carapeba (*Eugerres brasiliensis*) cultivados em dois tipos de transparência de água e alimentados com dietas contendo diferentes concentrações da macroalga *Ulva fasciata* Delile (Ulvaceae, Chlorophyta), além do efeito deste ingrediente no tempo de trânsito gastrointestinal do alimento.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Origem dos Organismos Utilizados

Os juvenis de carapeba foram obtidos após processo de reprodução induzida, com reprodutores provenientes de ambiente natural e larvicultura na Estação Experimental de Aquicultura Almirante Paulo Moreira - EEAAPM, da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro - FIPERJ. A reprodução seguiu o protocolo descrito por Passini *et al.* (2013). O experimento foi iniciado imediatamente após o período de transição alimentar do alimento vivo para o inerte (ração). Foram utilizados 480 juvenis para o *experimento 1* (desempenho produtivo) e 300 para o *experimento 2* (taxa de passagem). Para verificação do peso ($0,05 \pm 0,02$ g) e do comprimento ($16,45 \pm 2,24$ mm) iniciais, 50 indivíduos foram abatidos com superdose de óleo de cravo (100 mL L^{-1}) e a biomassa foi registrada com auxílio de balança de precisão (0,0001g) e o comprimento com paquímetro digital (0,01mm).

Foram utilizados 2,5 kg de massa fresca de *U. fasciata* colhidas do IMTA, as quais foram secas em estufa a 50°C por 48h, pesadas e congeladas (-15°C) até o preparo das rações. O material testemunho foi depositado no Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RB 753461).

5.2.2 Confeção das Rações

Os ingredientes foram triturados em moinho a rotor (malha 0,5 mm), pesados em balança centesimal (0,001 g), de acordo com a formulação apresentada na Tabela 1 e durante 10 min misturados com misturador em “Y”. Aos ingredientes, foi adicionada água (40% do peso), a mistura foi homogeneizada em batedeira planetária e, em seguida, embalada em saco de polipropileno e mantida em repouso por 24 horas (8°C). Após ser aquecida em estufa (70°C , 60 min), a mistura foi desembalada e peletizadas em máquina de moer carne (disco 3 mm). A secagem foi feita em estufa de circulação forçada (50°C , 24 h). Após a secagem, os pellets foram triturados em desintegrador manual e através de peneiras granulométricas foram obtidos pellets de 0,5-1,0 mm.

5.2.3 Composição centesimal das rações experimentais

A umidade foi determinada em estufa a 110°C , até a obtenção do peso constante. As cinzas foram determinadas após incineração das amostras em forno mufla (600°C , 3 horas). A análise de proteína bruta foi realizada pelo método de Kjeldhal ($\text{N} \times 6,25$). O lipídio bruto foi determinado de acordo com o método de FOLCH (1957) e o teor do extrato não-nitrogenado foi calculado pela diferença entre a matéria seca total e os demais nutrientes (teores de proteína bruta, lipídio bruto, fibra bruta e cinzas). A energia bruta foi determinada pela queima das amostras em bomba calorimétrica (Tabela 1)

Tabela 1. Formulação das dietas de juvenis de carapeba (*Eugerres barasilianus*) com diferentes níveis de inclusão de *Ulva fasciata*.

Ingredientes (%)	Dietas		
	0	5	10
Farinha de Peixe	60,00	60,00	60,00
Farinha de vísceras de aves	13,36	13,92	14,87
Farelo de milho	12,12	12,17	10,29
Farelo de soja	4,93	3,29	0,82
Farelo de trigo	5,57	1,60	0,00
Óleo de peixe	3,00	3,00	3,00
Premix vitamínico/mineral	1,00	1,00	1,00
BHT	0,02	0,02	0,02
Farinha de <i>U. fasciata</i>	0,00	5,00	10,00
Nutrientes (valores calculados)			
Proteína bruta (%)	50,00	50,00	50,00
Lipídio bruto (%)	12,00	12,00	12,00
Fibra bruta (%)	1,00	1,30	1,75
Cinzas (%)	17,82	18,84	19,96
Extrato não nitrogenado (%)	19,15	18,12	17,01
Energia bruta (caloria g ⁻¹)	4176	4092	4009

5.2.4 Experimento 1: Desempenho Produtivo

O experimento foi delineado em esquema fatorial (3 x 2; n=4), com uso de três níveis de inclusão de macroalga (0, 5 e 10%) e dois níveis de transparência de água (“água verde”, feita com $2,5 \times 10^5$ células.mL⁻¹ da microalga *Nannochloropsis oculata* e outro sem a adição de microalgas “água clara”).

Em cada aquário de polipropileno (20 L) foram cultivados quarenta juvenis (2 indivíduos L⁻¹). A água utilizada no cultivo foi captada de um canal de maré no entorno da Reserva Biológica de Guaratiba, filtrada, clorada e a salinidade foi ajustada para 32 g sal L⁻¹ co a adição de água doce. A aeração foi mantida constante nos aquários e o fotoperíodo foi de 18 horas de luz.

O período experimental foi de 60 dias. Cinco vezes ao dia (8h; 10h; 12h; 14h e 16h), os peixes foram alimentados com ração fornecida manualmente, de acordo com a aceitação do peixe, com as rações experimentais (tabela 1), distribuída em toda a superfície do tanque. Diariamente 75% da água dos aquários foi renovada através do sifonamento do fundo, para a retirada de fezes e resíduos da ração não ingerida. Após o sifonamento, para a manutenção da densidade inicial de microalgas do tratamento “água verde”, a densidade de microalgas em cada tanque foi calculada com câmara de Neubauer e repostas. As microalgas foram cedidas pelo Laboratório de Cultivo de Algas e Zooplâncton (LaCAZ/ FIPERJ).

No final do experimento 1 foram avaliados: a taxa de sobrevivência [$TS = 100 * (n^\circ \text{ de peixes final}) / (n^\circ \text{ de peixes inicial})$]; Ganho de peso [$GP = (\text{Peso médio final}) / (\text{Peso médio inicial})$]; Ganho em comprimento [$GC = (\text{Comprimento médio final}) / (\text{Comprimento médio inicial})$].

5.2.5 Experimento 2: Tempo de Transito Gastrointestinal

O experimento foi executado em delineamento inteiramente casualizado, onde os peixes (50 indivíduos por tanque- 1 indivíduo L⁻¹) foram distribuídos nas seis unidades experimentais. Os tanques de cultivo eram de polietileno em formato cilíndrico e 0,05 m³ de volume, com as laterais e o fundo branco. Cada aquário era dotado de um sistema de abastecimento e de retirada de água em fluxo contínuo, ambos na superfície, além de sistema de aeração constante, feita por soprador central (vazão 3,6 m³ h⁻¹; CUBOS AIR 60- CUBOS) e distribuída por mangueiras de silicone e pedras porosas, fixadas próximo a parede lateral do tanque, em uma profundidade de 15cm, para evitar o turbilhonamento excessivo do fundo. O efluente do aquário foi drenado para o sistema de filtragem e esterilização, composto por um tanque de sedimentação de 0,05m³ e um “protein skimmer”, seguido por um filtro biológico. A água era então bombeada com o auxílio de uma bomba submersa (250 L hr⁻¹; SARLO BETTER) para um filtro UV (8W; CLEAN JUMP) e posteriormente distribuída para os aquários com vazão ajustada por gotejadores (0,01 m³ h⁻¹).

Para a avaliação do efeito da macroalga no tempo de transito gastrointestinal, foram confeccionadas quatro dietas a partir da dieta basal (tabela 1) acrescidas de marcadores e o ingrediente teste (tabela 2). Os peixes eram previamente alimentados com a dieta Bsem pelo período de dois dias, para que todas as fezes apresentarem a coloração branca, após esse período iniciou-se o fornecimento da dieta Vsem. Antes da coleta de fezes as caixas eram limpas, para evitar contaminação por resíduos de ração. O período de alimentação e coleta de fezes durou 24 horas. Após este período os peixes foram então alimentados com a dieta Balg, por dois dias para então se iniciar o segundo ciclo de alimentação e coleta de fezes, com o fornecimento da dieta Valg.

Para o manejo de coleta de fezes, a cada hora todas as fezes presentes no tanque eram coletadas com o auxílio de um sifão (tubo de silicone com 4mm de diâmetro). As fezes eram então avaliadas pela coloração através do índice de coloração (IC), pontuando com nota (0 a 100%), onde 0 indica fezes totalmente brancas e 100% fezes totalmente verdes. Para evitar mistura entre fezes e ração excedente nos períodos coincidentes com a alimentação, a coleta de fezes era realizada previamente à alimentação e 10 min após o arraçoamento os tanques eram sifonados e todo o material coletado era desprezado.

Tabela 2. Níveis de inclusão da ração basal (g kg⁻¹), marcadores e ingrediente teste (*Ulva fasciata*, farelo) nas dietas experimentais do experimento 1.

Dieta	Ração basal	Marcador		Ingrediente teste
		Óxido de cromo	Óxido de titânio	
Vsem	990	10	-	-
Bsem	990	-	10	-
Valg	890	10	-	100
Balg	890	-	10	100

5.2.6 Qualidade de água

Durante o período experimental foram avaliados os parâmetros de temperatura e oxigênio dissolvido com oxímetro digital (HANNA, HI9146), salinidade com refratômetro portátil, pH com pHmetro portátil (HANNA, HI 98129) e teor de amônia na água através de fotocolorímetro (HANNA, HI83203). Os dados dos parâmetros de qualidade ao longo do período experimental são apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Média (\pm desvio padrão) das variáveis abióticas monitoradas no período experimental.

Variáveis abióticas	Média (\pm desvio padrão)
Oxigênio dissolvido (mg/l)	5,97 (\pm 0,39)
pH	7,76 (\pm 0,20)
Amônia (NH ₃) (mg/l)	0,56 (\pm 0,14)
Temperatura (°C)	25,77 (\pm 0,78)
Salinidade (g sal L ⁻¹)	32,33 (\pm 2,25)

5.2.7 Análises Estatísticas

Os dados foram analisados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Cochran) seguindo as recomendações de Zar (1996). A análise de variância (ANOVA) bifatorial foi utilizada para verificar diferenças na TS, GP e GC entre os juvenis alimentados com diferentes dietas e cultivados em diferentes meios bem como suas interações (dieta X água). A ANOVA de medidas repetidas, seguida pelo teste de Tukey, foi utilizada para verificar diferenças no IC entre as dietas com e sem algas ao longo do tempo. Os limites de tolerância para os testes de significância foram de 95% ($p < 0,05$). As análises foram realizadas através do pacote estatístico *Statistica V.7.0. StatSoft*.

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Experimento 1

Após 60 dias de experimento, a taxa de sobrevivência (TS) foi inferior a 35%. O GP foi igual ou inferior a 0,05 g e o GC foi inferior a 5 mm em todos os tratamentos (Tabela 3). Não foram registradas diferenças significativas entre os tratamentos nos parâmetros zootécnicos avaliados (Tabela 4 e 5).

Tabela 4. Média (\pm desvio padrão) da taxa de sobrevivência (TS), ganho de peso (GP) e ganho de comprimento (GC) dos juvenis de carapeba alimentados com três níveis de macroalga na ração (0, 5 e 10%), cultivados em água verde (V) e clara (C).

Inclusão de algas (%)	Água	TS (%)	GP (g)	GC (mm)
0	C	34,4 (\pm 6,36)	0,05 (\pm 0,02)	4,77 (\pm 1,50)
	V	20,7 (\pm 16,90)	0,04 (\pm 0,03)	3,83 (\pm 2,66)
5	C	21,9 (\pm 18,20)	0,03 (\pm 0,02)	4,00 (\pm 1,72)
	V	24,8 (\pm 11,90)	0,05 (\pm 0,03)	3,65 (\pm 2,50)
10	C	25,1 (\pm 18,40)	0,03 (\pm 0,02)	3,48 (\pm 2,48)
	V	21,4 (\pm 2,70)	0,03 (\pm 0,03)	3,25 (\pm 1,90)

Tabela 5. Resultados das análises de variância bifatorial para os fatores dieta (0, 5 e 10% de inclusão de alga nas rações) e água (clara e verde) e de suas interações (Dieta X Água), para as variáveis zootécnicas avaliadas – taxa de sobrevivência (TS), ganho em peso (GP) e ganho em comprimento (GC). Valor *p* é o valor da significância.

	TS		GP		GC	
Fatores	F	Valor <i>p</i>	F	Valor <i>p</i>	F	Valor <i>p</i>
Dieta	0,25	0,78	0,74	0,49	0,37	0,70
Água	0,73	0,40	0,07	0,80	0,34	0,57
Dieta X água	0,72	0,50	0,81	0,46	0,06	0,94

5.3.2 Experimento 2

As primeiras fezes coradas foram observadas 4 horas após o início da alimentação, independente da dieta. A taxa de passagem do alimento pelo TGI foi mais acelerada nos peixes alimentados com a ração contendo 10% de macroalga, entre 4 e 5 horas, com percentual significativamente maior de fezes coradas ($p < 0,03$). As fezes se apresentavam completamente coradas (100%) após 8 horas do início da alimentação, sendo este considerado o tempo total de trânsito gastrointestinal (Storebakken 1985) (Figura 1).

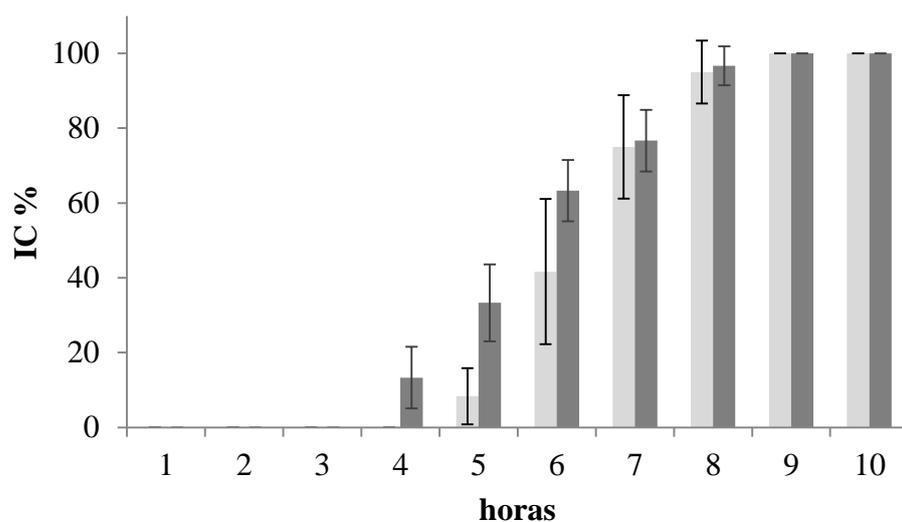


Figura 1. Média (\pm desvio padrão) do índice de coloração das fezes (IC %) de juvenis de carapeba (*Eugerres brasiliensis*) alimentados com dietas sem alga (colunas claras) e com inclusão de 10% do farelo de *Ulva fasciata* na ração (colunas escuras) em função do tempo (horas).

5.4 DISCUSSÃO

As médias das variáveis zootécnicas dos juvenis de carapeba cultivados em água verde e clara, alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de algas (0, 5 e 10%) estiveram abaixo do esperado para a espécie e em comparação com o relatado para juvenis de outras espécies de peixes de interesse comercial (DUTRA et al. 2011; PEDROSA et al. 2014). Fato que provavelmente não pode ser explicado pelas variáveis abióticas monitoradas, as quais estiveram dentro dos limites de tolerância da espécie. Embora existam poucos estudos sobre a ecologia de carapeba, sua ampla distribuição latitudinal (FishBase.org.br) e ocorrência em sistemas estuarinos (ARAÚJO et al. 2016) sugerem uma ampla tolerância à flutuação das variáveis monitoradas.

Os estudos envolvendo a reprodução, larvicultura e engorda de carapeba são escassos, assim como informações sobre suas exigências nutricionais. LAJONCHÉRE et al. (1996), pioneiros nos estudos sobre o cultivo de carapeba, também registraram elevada mortalidade durante a larvicultura, especialmente durante o período de transição entre o alimento vivo e a dieta inerte, que corresponde ao período avaliado no presente estudo. Esta sobrevivência e crescimento reduzidos pode estar relacionada com a pouca aceitação da dieta seca, às deficiências nutricionais da ração ou densidade inadequada. As taxas de sobrevivência de carapeba obtidas por LAJONCHÉRE et al. (1996) foram de 12,5%, no 48º dia após a eclosão e 6,25% no 60º dia após a eclosão, na densidade de 80 indivíduos L⁻¹, densidade 40 vezes maior que a utilizada neste estudo.

Embora os juvenis utilizados tenham superado à fase de transição alimentar, os alimentos vivos fornecidos na larvicultura (rotíferos e *Artemia* sp.), bem como as primeiras rações podem não ter sido adequados, tanto em relação ao conteúdo nutricional quanto à quantidade de alimento. A nutrição de larvas é um dos assuntos mais complexos em piscicultura e uma das causas primárias para o sucesso da produção, uma vez que larvas bem nutridas tendem a gerar juvenis maiores e mais resistentes às condições de cativeiro (KOLKOVISKI et al. 2009). Por outro lado, problemas relacionados à produção e nutrição das larvas têm efeitos persistentes em características economicamente importantes, como crescimento, sobrevivência, composição corporal e a qualidade da carne dos peixes (VALENTE et al. 2013). De fato, além da baixa TS, o baixo desempenho no GP e no GC obtidos no presente estudo podem ter sido consequência da nutrição indevida das larvas.

Apesar do baixo desempenho zootécnico dos juvenis em todos os tratamentos, a inserção da macroalga na ração não prejudicou o desempenho dos peixes, o que torna a alternativa do uso da alga na ração atraente por seus benefícios ambiental e econômico, que poderá gerar a sustentabilidade da produção nestes quesitos. Nas rações tradicionais, a principal fonte de proteína é a farinha de peixe, que causa problemas ambientais pela pesca, além de questões sanitárias (TRUSHENSKI et al. 2010). Neste sentido, a substituição desta fonte protéica, mesmo que parcial, contribuirá para a diminuição da pressão sobre os estoques pesqueiros. No que tange às vantagens econômicas, produzir parte da proteína no próprio sistema de cultivo (AMTI algas e peixes) minimizará custos de produção relacionados ao transporte à longas distâncias dos ingredientes, contribuindo para eficiência econômica da atividade e redução dos impactos ambientais.

A inclusão de baixos níveis (<10%) de macroalgas secas em dietas para peixes, em substituição aos ingredientes tradicionais geralmente não resulta em prejuízo ao desempenho produtivo. A utilização de até 10% de farinha de *Ulva* não afetou o desempenho produtivo em ensaios com a truta (*Oncorhynchus mykiss*), robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) e tilápia (*Oreochromis niloticus*) (GÜROY et al. 2007, 2013; VALENTE et al. 2006, 2016). No entanto, em níveis elevados de inclusão, a macroalga pode prejudicar o desempenho produtivo dos peixes. Em estudo avaliando a inclusão de 0, 10, 20 e 30% de farelo de *Ulva*

rápida na dieta de juvenis de tilápia, AZAZA et al. (2008) observaram redução do desempenho produtivo no nível de 30% em relação aos demais. Estes autores relacionam o pior desempenho produtivo dos peixes alimentados com o maior teor da macroalga à presença de fatores antinutricionais (saponinas, taninos e ácido fítico) mais elevada nesta dieta.

A utilização de macroalgas em baixos teores pode trazer benefícios aos animais em função das propriedades nutracêuticas da macroalga. ERGÜN et al. (2009) registraram que a inclusão de 5% de farinha de *Ulva rigida* na ração de tilápia melhorou seu crescimento e sua eficiência de utilização do alimento. Neste estudo, foi observado que os peixes alimentados com esta dieta, apresentaram menor teor de lipídeos na carcaça, independente do teor lipídico da dieta. Este fato foi atribuído ao elevado teor de vitamina C da macroalga, que pode ter influenciado no metabolismo lipídico e, conseqüentemente, na deposição de gordura corporal. O uso de *Ulva* spp. produzidas em AMTI em dietas para tilápia, estimulou a resposta imune do peixe (VALENTE et al. 2016). Juvenis de *Lutjanus stellatus* alimentados em tanque-rede com diferentes níveis de *U. lactuca* (0; 5; 10; 15; 20% da dieta) apresentaram melhor desempenho produtivo com dietas contendo 5% da macroalga. Além disso, foi relatada a probabilidade da alga ter atuado como antioxidante, prevenindo o estresse oxidativo no peixe causado pelo metabolismo do colesterol (ZHU et al. 2015). Inclusões de 5% de *Gracilaria vermiculophylla* na dieta de truta resultaram em um filé com o dobro de iodo e maior teor de carotenóides, além de estimular o sistema imune dos peixes (VALENTE et al. 2015; ARAUJO et al. 2015).

No presente estudo, os índices de retenção não puderam ser calculados, pois a quantidade de peixes final em cada unidade experimental não fornecia biomassa suficiente para a realização das análises químicas.

Apesar de não alterar o desempenho produtivo dos peixes, a inclusão da macroalga promoveu a aceleração do bolo alimento pelo trato gastrointestinal. Este efeito pode ser atribuído aos PNAs presentes na alga. As Ulvaceae possuem em geral elevados teores de ulvana (ROBIC et al. 2007), um *pool* de polissacarídeos com alta capacidade de absorver e reter a umidade alterando a viscosidade da digesta (LAHAYE e ROBIC 2007; LI et al. 2017). A farinha de *U. fasciata* apresenta capacidade de retenção de água de 8,74 g H₂O g⁻¹ de amostra seca (CARVALHO et al. 2009). A introdução na dieta de um ingrediente rico em ulvana, que não é digerido pelo peixe e com alto poder de absorver e reter a umidade pode ter aumentado o volume e alterado a viscosidade do bolo alimentar. Tais efeitos podem contribuir para a maior velocidade do alimento pelo trato, podendo refletir em alterações no desempenho produtivo dos peixes, uma vez que prejudica a digestão e absorção de nutrientes (CARVALHO et al. 2009; SINHA et al. 2011). No entanto, com a inclusão da macroalga até 10% não foi observado prejuízo ao desempenho produtivo de carapeba.

5.5 CONCLUSÃO

A inclusão da alga marinha *U. fasciata* na dieta de juvenis de carapeba (*Eugerres brasilianus*) não afeta o tempo de transição total do alimento pelo trato digestório de juvenis de carapeba, sem influencia aos parâmetros zootécnicos avaliados, indicando a possibilidade inclusão deste ingrediente na dieta do peixe. É recomendável estudos sobre a nutrição e manejo alimentar da espécie em todas fases de vida contribuindo para o desenvolvimento da sua produção.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Carlos Chagas de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo financiamento do projeto de pesquisa (FAPERJ/E26/010.001971/2014) e ao Conselho Nacional de Pesquisa pela bolsa de produtividade da pesquisadora parceira Dr. Renata Perpetuo Reis do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (CNPq 303582/2014-6).

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M.; REMA, P.; SOUSA-PINTO, I.; CUNHA, L.M.; PEIXOTO, M.J., PIRES, M.A.; VALENTE, L.M. Dietary inclusion of IMTA-cultivated *Gracilaria vermiculophylla* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on growth, intestinal morphology, tissue pigmentation, and immunological response. **Journal of Applied Phycology**, v.28, n.1, p.1-11, 2015
- ARAÚJO, A.L.F.; DANTAS, R.P.; PESSANHA, A.L.M. Feeding ecology of three juvenile mojarra (Gerreidae) in a tropical estuary of northeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology** v.14, p.1-10, 2016
- ASCHE, F.; COJOCARU, A.L.; ROTH, B. The development of large scale aquaculture production: A comparison of the supply chains for chicken and salmon. **Aquaculture**. 2016
- ASP, N. Dietary carbohydrates: classification by chemistry and physiology **Food Chemistry**, v. 57, n.1, p. 9-14, 1996
- AZAZA, M.S.; MENSİ, F.; KSOURI, J.; DHRAIEF, M.N.; BRINI, B.; ABDELMOULEH, A.; KRAIEM, M.M. Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae ulva meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of southern Tunisia. **Journal of Applied Ichthyology**, v.24, n.2, p.202-207, 2008
- BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture**, v.226, n.1, p.101-112. 2003
- CABRITA, A.R.; MAIA, M.R.; OLIVEIRA, H.M.; SOUSA-PINTO, I.; ALMEIDA, A.A.; PINTO, E.; FONSECA, A.J. Tracing seaweeds as mineral sources for farm-animals. **Journal of Applied Phycology**, v.28, p. 3135-3150, 2016
- CARVALHO, A.F.U.; PORTELA, M.C.C.; SOUSA, M.B.; MARTINS, F.S.; ROCHA, F.C.; FARIAS, D.F.; FEITOSA, J.P.A. Physiological and physico-chemical characterization of dietary fibre from the green seaweed *Ulva fasciata* Delile. **Brazilian Journal of Biology**, v.69, n.3, p.969-977. 2009
- CASTELAR, B.; PONTES, M.D.; COSTA, W.M.; FONTES, L.C.; Biofiltering efficiency and productive performance of macroalgae with potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.41, p.763 – 770, 2015
- CAVALLI, R.O.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, 2011
- CERVIGÓN, F.; CIPRIANI, R.; FISCHER, W.; GARIBALDI, L.; HENDRICKX, M.; LEMUS, A. J.; MÁRQUEZ, R.; POUTIERS, J.M.; ROBAINA, G.; RODRIGUEZ, B. **Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América**. FAO, Rome. 1992. 513 p.
- CHOPIN T.; BUSCHMANN A.H.; HALLING C.; TROELL M.; KAUTSKY N.; NEORI A. Integrating seaweeds into aquaculture systems: a key towards sustainability. **Journal of Phycology**. v.37 p.75–986. 2001
- COPERTINO, M.D.; TORMENA, T.; SEELIGER, U. Biofiltering efficiency, uptake and assimilation rates of *Ulva clathrata* (Roth) J. Agardh (Clorophyceae) cultivated in shrimp aquaculture waste water. **Journal of Applied Phycology** v.21, p.31-45. 2009

- COSTA, F.T.M.; REIS, F.R.C.; SANTOS, J.M.S.; MACIEL, S.M.; ISERRA, T.S.; MOREIRA, R.L.; FARIAS, W.R.K. *Chlorella* sp. como suplemento alimentar durante a larvicultura de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** v.12, p. 1103-1115. 2011
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, Á.J.D.A.; SADO, R.Y.; BORGHESI, R.; DAIRIK, J.K. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39(suppl spe), p.68-87. 2010
- CYRINO, J.E.P. Manejo alimentar eficaz viabiliza aquacultura lucrativa e sustentável. **Visão Agrícola**. v.11, p.1-158. 2012
- DILLON, S.; SWEENEY, T.; FIGAT, S.; CALLAN, J.J.; O'DOHERTY, J.V. The effects of lactose inclusion and seaweed extract on performance, nutrient digestibility and microbial populations in newly weaned piglets. **Livestock Science**, v.134, n.1, p. 205-207. 2010
- DUTRA, S. **Utilização de sais de ácidos orgânicos em dietas para juvenis de robalo-peva (*Centropomus parallelus* POEY, 1860)**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 201143p.
- ERGÜN, S.; SOYUTÜRK, M.; GÜROY, B.; GÜROY, D.; MERRIFIELD, D. Influence of *Ulva* meal on growth, feed utilization, and body composition of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at two levels of dietary lipid. **Aquaculture International**, v.17, n.4, p. 355-361, 2009
- FAO, **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016 (SOFIA): Contributing to food security and nutrition for all**, Rome: Food and Agriculture Organization, 2016, 200 p.
- FLEURENCE, J. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses, **Trends in Food Science & Technology** v.10, p.25-28, 1999
- FOLCH, J.M.; LEES, G.H.; STANLEY, S. A simple method for the isolation purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**. v.226, p.497-507. 1957.
- GRIGORAKIS, K.; RIGOS, G. Aquaculture effects on environmental and public welfare—The case of Mediterranean mariculture. **Chemosphere** v.85, p.899-919. 2011.
- GÜROY, B.K.; CİRİK, Ş.; GÜROY, D.; SANVER, F.; TEKİNAY, A.A. Effects of *Ulva rigida* and *Cystoseira barbata* meals as a feed additive on growth performance, feed utilization, and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.31, n.2, p.91-97, 2007
- GÜROY, B.; ERGÜN, S.; MERRIFIELD, D.L.; GÜROY, D. Effect of autoclaved *Ulva meal* on growth performance, nutrient utilization and fatty acid profile of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture International**, v.21, n.3, p.605-615. 2013
- HOLDT, S. L.; KRAAN, S. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, n.3, p.543-597. 2011.
- HOSTIM-SILVA, M.; VICENTE, M.; FIGNA, V.; ANDRADE, J.P. Ictiofauna do Rio Itajaí Açu, Santa Catarina, Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v.6, n.1, p.127-135. 2010.
- HU, Z.; LEE, J.W.; CHANDRAN, K.; KIM, S.; BROTTTO, A.C.; KHANAL, S.K. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. **Bioresource technology**, v.188, p.92-98. 2015.

- JOHANSEN, H.N.; KNUDSEN, K.B.; SANDSTRÖM, B.; SKJØTH, F. Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. **British journal of nutrition**, v.75, n.3, p.339-351.1996
- KOLKOVISKI, S.; LAZO, J.; LECLERCQ, D.; IZQUIERDO M. Fish larvae nutrition and diet: new developments. *In*: BURNEL, G.; ALLAN, G. **New technologies in aquaculture - Improving production efficiency, quality and environmental management**. Woodhead Publishing Limited, Oxford, Cambridge and New Delhi. 2009, 1163p.
- KUMAR, K. S.; GANESAN, K.; SELVARAJ, K.; RAO, P.S. Studies on the functional properties of protein concentrate of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty—An edible seaweed. **Food chemistry**, v.153, p.353-360. 2014.
- LAHAYE, M.; ROBIC, A. Structure and functional properties of ulvan, a polysaccharide from green seaweeds. **Biomacromolecules**, v.8, n.6, p.1765-1774. 2007
- LAJONCHÈRE, A.; PÉREZ SÁNCHEZ, L.; HERNÁNDEZ MOLEJÓN, O.G.; TORRES GÓMEZ, E. Mass production of striped patao *Eugerres brasiliensis* juveniles in Cuba. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.27, n.3, p.347-352. 1996
- LEENHOUWERS, J.I.; ADJEI- BOATENG, D.; VERRETH, J.A.J.; SCHRAMA, J.W. Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non- starch polysaccharide. **Aquaculture Nutrition**, v.12, n.2, p.111-116, 2006
- LI, J.; CHI, Z.; YU, L.; JIANG, F.; LIU, C. Sulfated modification, characterization, and antioxidant and moisture absorption/retention activities of a soluble neutral polysaccharide from *Enteromorpha prolifera*. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 105, n.2, p.1544-1553, 2017
- MACARTAIN, P.; GILL, C.I.; BROOKS, M.; CAMPBELL, R.; ROWLAND, I.R. Nutritional value of edible seaweeds. **Nutrition reviews**, v.65, n.12, p.535-543. 2007
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV - Teleostei**. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1980, 96p.
- O’SULLIVAN, L.O.; MURPHY, B.; MCLOUGHLIN, P.; DUGGAN, P.; LAWLOR, P.G.; HUGHES, H.; GARDINER, G.E. Prebiotics from Marine Macroalgae for Human and Animal Health Applications **Marine Drugs**, v.8, p. 2038-2064, 2010.
- PASSINI, G.; CARVALHO, C.V.A; COSTA, W.M. Indução hormonal da desova da carapeva *Eugerres brasiliensis* em cativeiro. **Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo**, v.39, n.4 p.433 – 438, 2013
- PEDROSA, R.U. 2014. **Digestibilidade de ingredientes proteicos e energéticos para crescimento de bijupirá (*Rachycentron canadum*)**. Tese de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador. 77p.
- PÉREZ-HERNÁNDEZ, M.A.; ZAVALA-HURTADO, J.A. Biometry of the *Eugerres plumieri*-*Eugerres brasiliensis* (Pisces - Gerreidae) complex from the Gulf of México. A multivariate approach. **Revista de Biología Tropical**. v.41 n.1 p.121-130, 1993
- PIEDRAHITA, R.H. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. **Aquaculture** v.226, p.35–44. 2003
- RAPOSO, M.F.J.; MORAIS, A.M.M.B.; MORAIS, R.M.S.C. Emergent sources of prebiotics: seaweeds and microalgae. **Marine drugs**, v.14, n.2, p.1-27. 2016

- ROBIC, A.; RONDEAU-MOURO, C.; SASSI, J.F.; LERAT, Y.; LAHAYE, M. Structure and interactions of ulvan in the cell wall of the marine green algae *Ulva rotundata* (Ulvales, Chlorophyceae). **Carbohydrate Polymers**, v.77, n.2, p.206-216. 2009
- RUPÉREZ, P. Mineral content of edible marine seaweeds. **Food Chemistry**, v.79 n.1, p.23-26, 2002
- SAAD, A. Composição, **Distribuição espacial dinâmica de populações de peixes e estatística pesqueira na lagoa hipersalina de Araruama, RJ**.105 pp, tese de doutorado, universidade federal de são carlos: UFSCar, 2003.
- SINHA, A.K.; KUMAR, V.; MAKKAR, H.P.; DE BOECK, G.; BECKER, K. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition—A review. **Food Chemistry**, v.127, n.4, p.1409-1426. 2011
- STOREBAKKEN, T. Binders in fish feeds: I. Effect of alginate and guar gum on growth, digestibility, feed intake and passage through the gastrointestinal tract of rainbow trout. **Aquaculture**, v.47, n.1, p.11-26. 1985.
- TRUSHENSKI, J.; SCHWARZ, M.; TAKEUCHI, R. Physiological responses of cobia *Rachycentron canadum* following exposure to low water and air exposure stress challenges. **Aquaculture** v.307, p.173-177. 2010
- VALENTE L.M.P.; GOUVEIA A.; REMA P.; MATOS J.; GOMES E.F.; PINTO I.S. Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture** v.252, p.85–91, 2006
- VALENTE, L.M.; MOUTOU, K.A.; CONCEIÇÃO, L.E.; ENGROLA, S.; FERNANDES, J. M.; JOHNSTON, I.A. What determines growth potential and juvenile quality of farmed fish species? **Reviews in Aquaculture**, v.5, n.1. p. 168-193, 2013.
- VALENTE, L. M.; REMA, P.; FERRARO, V.; PINTADO, M.; SOUSA-PINTO, I.; CUNHA, L.M.; ARAÚJO, M. Iodine enrichment of rainbow trout flesh by dietary supplementation with the red seaweed *Gracilaria vermiculophylla*. **Aquaculture**, v.446, p.132-139. 2015.
- VALENTE, L.M.; ARAÚJO, M.; BATISTA, S.; PEIXOTO, M.J.; SOUSA-PINTO, I.; BROTAS, V.; REMA, P. Carotenoid deposition, flesh quality and immunological response of Nile tilapia fed increasing levels of IMTA-cultivated *Ulva* spp. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n.1, p.1-11. 2016.
- WONG, K.H.; CHEUNG, P.C. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds: Part I—proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. **Food Chemistry**, v.71, p.475-482. 2000
- ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. Prentice Hall. Upper Sadle River, NJ.1996
- ZHANG, X.; WU, H.; LI, Z.; LI, Y.; WANG, S.; ZHU, D.; LI, S. Effects of dietary supplementation of *Ulva pertusa* and non-starch polysaccharide enzymes on gut microbiota of *Siganus canaliculatus*. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**, p.1-12, 2017
- ZHU, D.; WEN, X.; XUAN, X.; LI, S.; LI, Y. The green alga *Ulva lactuca* as a potential ingredient in diets for juvenile white spotted snapper *Lutjanus stellatus* Akazaki. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n.1, p.1-9. 2015.

6 CAPÍTULO III

DIGESTIBILIDADE DA *Ulva fasciata* E SUA INFLUÊNCIA NO TEMPO DE TRANSITO GASTROINTESTINAL DE JUVENIS DE TILÁPIA *Oreochromis niloticus*

RESUMO

PONTES, Marcelo Duarte. **Digestibilidade da *Ulva fasciata* e sua influência no tempo de transito gastrointestinal de juvenis de tilápia *Oreochromis niloticus***. 2018. 17p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

A macroalga *Ulva fasciata* apresenta características favoráveis à utilização como biofiltro em aquicultura multitrofica integrada (AMTI), com grande incremento de biomassa. É uma espécie rica em nutrientes, podendo ser utilizada como ingrediente em dietas para aquicultura. No presente estudo foi avaliada a digestibilidade da farinha de *U. fasciata*, produzida em AMTI, bem como o efeito de sua inclusão sobre tempo de transito do alimento no trato gastrointestinal de juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*). Foram utilizados 300 juvenis de tilápia com peso vivo médio inicial de $6,30 \pm 1,80$ g e comprimento médio inicial de $5,5 \pm 0,61$ cm. O farelo de *U. fasciata* produzida em AMTI apresentou digestibilidade de $57,92 \pm 5,21\%$ para a matéria seca, $78,59 \pm 1,91\%$ para a proteína e $69,87 \pm 3,72\%$ para a energia. A inclusão de 10% do farelo de *U. fasciata* na dieta não alterou o tempo de transito do alimento pelo trato gastrointestinal. As primeiras fezes coradas foram observadas após 4 horas do início da alimentação com o marcador. As fezes se apresentavam completamente coradas após 10 horas do início da alimentação. O farelo de *U. fasciata* apresenta digestibilidade da matéria seca proteína e energia satisfatórios para juvenis de tilápia e a sua inclusão ao nível de 10% na dieta não promove alteração na velocidade de trânsito gastrointestinal, sendo este considerado um nível seguro de inclusão, sem prejuízo ao aproveitamento do alimento pelo peixe.

Palavras chave: Aquicultura Multitrófica, Macroalgas, Polissacarídeos Não Amiláceos

6.1 INTRODUÇÃO

A busca por uma aquicultura sustentável que possa contribuir com a segurança no fornecimento de alimento para a humanidade passa pela utilização de sistemas mais eficientes de produção. Dentre eles, a aquicultura multitrófica integrada (AMTI) merece destaque (KLINGER e NAYLOR 2012; TROELL et al. 2014). Os sistemas de AMTI são baseados na integração de diferentes criações, no qual o resíduo de um cultivo é utilizado como o insumo para a produção de outro. Nos sistemas de AMTI marinho, as macroalgas realizam a filtração dos nutrientes dissolvidos no efluente provenientes do cultivo de peixes ou camarões, produzindo-se assim uma biomassa algal (SILVA et al. 2015). Esta biomassa, além de ser utilizada para alimentação humana, pode ser um ingrediente alternativo na fabricação de dietas peixes ou outros animais de produção (EVANS e CRITCHLEY 2014; KUMAR et al., 2014). Dentre as macroalgas utilizadas como biofiltros em sistemas de AMTI, as macroalgas do gênero *Ulva* apresentam grande capacidade de assimilação de nutrientes, rápido crescimento e elevado teor proteico (DEL RIO et al. 1994; MSUYA e NEORI 2002; SCHUENHOFF et al. 2003).

A utilização de macroalgas, assim como outros ingredientes alternativos contribuiu para reduzir a dependência da aquicultura pela utilização de farinha e óleo de peixe, o que é vantajoso, tendo em vista que parte da pesca extrativista é destinada a produção destes produtos e a manutenção do fornecimento de pescado pela pesca está ameaçada, o que coloca em risco a segurança alimentar mundial, tendo em vista a importância do pescado na nutrição humana (GOLDEN et al. 2016).

Ingredientes de origem vegetal, oriundos da agricultura tem se mostrado uma alternativa viável à farinha de peixe (HARDY 2010). A possibilidade de utilização de ingredientes vegetais produzidos nas próprias aquiculturas pode contribuir com a redução dos custos e a emissão de poluentes relativos ao transporte de longas distâncias, além de incentivar a cadeia produtiva da atividade. Além disso, a utilização da biomassa de *Ulva* como ingrediente em dietas para peixe pode incrementar a rentabilidade do sistema de AMTI, contribuindo para a sua viabilidade econômica (MARINHO et al. 2013). Melhorias no desempenho produtivo dos peixes, aumento da resistência a fatores estressantes e outros benefícios nutracêuticos também já foram observados em estudos com *Ulva* (VALENTE et al. 2015; ARAUJO et al. 2015; ZHU et al. 2015). No entanto, a capacidade de digestão da macroalga pelos peixes deve ser avaliada, pois é fundamental que o alimento apresente alta digestibilidade para melhorar o desempenho produtivo dos animais e reduzir a produção de resíduos (PEREIRA et al. 2012).

As macroalgas em geral possuem polissacarídeos não-amiláceos (PNA) que podem desempenhar atividades nutracêuticas (ASP 1996). ZHANG et al. (2017) observaram que os PNAs de *Ulva pertusa* estimulam o crescimento de bactérias benéficas que habitam naturalmente o TGI de peixes, atuando como prebióticos. No entanto em elevados teores na dieta os PNAs podem promover efeitos adversos à nutrição de organismos aquáticos (SINHA et al. 2011), tais como alterar a viscosidade da digesta e taxa de passagem do alimento, prejudicando a atuação de enzimas e absorção de nutrientes (JOHANSEN et al. 1996; LEENHOUWERS et al. 2006, 2007). Além disso, alguns ingredientes ricos em PNAs são utilizados como estabilizantes físicos em dietas para organismos aquáticos, reduzindo a perda de nutrientes por lixiviação e podendo ter efeito sobre a digestibilidade da dieta (PAOLUCCI et al. 2012). Dessa forma, determinar um limite seguro de inclusão da macroalga na dieta é fundamental para não prejudicar a digestão e absorção dos nutrientes.

Tilápia (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie com grande representatividade na aquicultura nacional e mundial. Fato que pode estar relacionado ao grande refinamento nos estudos sobre suas exigências nutricionais e a grande adaptabilidade deste peixe aos mais

diferentes sistemas de produção, desde sistemas extensivos aos mais intensificados (WATANABE et al. 2002). Atualmente, tilápia já é cultivada em sistemas tecnificados como bioflocos e aquaponia (LIMA et al. 2016; MANSOUR et al. 2017; MONSEES et al. 2017). Outro ponto de destaque da tilápia é a sua grande resistência à salinidade da água (LEMARIÉ et al. 2004), o que permite a utilização deste peixe em águas salobras, em monocultivo ou em cultivo integrado com camarões marinhos (JATOBÁ et al. 2011; JUNIOR et al. 2012; ELLE et al. 2017).

Portanto, com este estudo objetivou-se avaliar a digestibilidade do farelo da macroalga marinha *Ulva fasciata*, produzida em sistema de AMTI, bem como o efeito de sua inclusão sobre tempo de transito do alimento no trato gastrointestinal de juvenis de tilápia.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento integrou o projeto de pesquisa intitulado “Desempenho Zootécnico e Parâmetros Fisiológicos de Tilápia-do-Nilo e Carapeba Alimentadas com Dietas Nutracêuticas no Estado do Rio de Janeiro” certificado pela Comissão de Ética para Uso de Animais (CEUA-FIPERJ), protocolo 001/2017.

6.2.1 Peixes e Sistema de Cultivo

Para este estudo foram utilizados 300 juvenis de tilápia com peso médio inicial de $6,30 \pm 1,80$ g e comprimento médio inicial e $5,5 \pm 0,61$ cm. Os juvenis de tilápia foram doados pela Unidade Didática de Piscicultura, Pesquisa e Produção de Cordeiro - UDPPPC da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro-FIPERJ. Os peixes foram distribuídos aleatoriamente em seis unidades experimentais, ligadas em sistema de recirculação de água (figura 1). Os tanques de cultivo utilizados eram de polietileno, em formato cilíndrico e $0,1\text{m}^3$ de volume, com as laterais azuis e o fundo branco. Cada tanque era dotado de um sistema de abastecimento e drenagem de água em fluxo contínuo ($0,1\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$), além de sistema de aeração constante, realizado por soprador central (CUBOS AIR 60; CUBOS - vazão $3,6\text{m}^3\text{ h}^{-1}$) e mangueiras de silicone com pedras porosas acopladas, fixadas próximo a parede lateral do tanque, em profundidade de 15 cm, evitando o turbilhonamento excessivo do fundo. O efluente dos tanques era direcionado para o sistema de filtragem e esterilização, composto por um tanque de sedimentação de $0,05\text{m}^3$ e filtro de malha de 1 mm, seguido de uma bateria de seis tanques de $0,05\text{ m}^3$, com a presença de argila expandida, utilizada como substrato para bactérias nitrificantes. A água era então conduzida por gravidade para um reservatório de $0,2\text{ m}^3$, bombeada com o auxílio de uma bomba submersa (JATO 6000; CUBOS- vazão $5,80\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$) para um filtro UV (CLEAN JUMP; 8W) e posteriormente distribuída para os aquários com vazão ajustada através de registros ($0,1\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$).

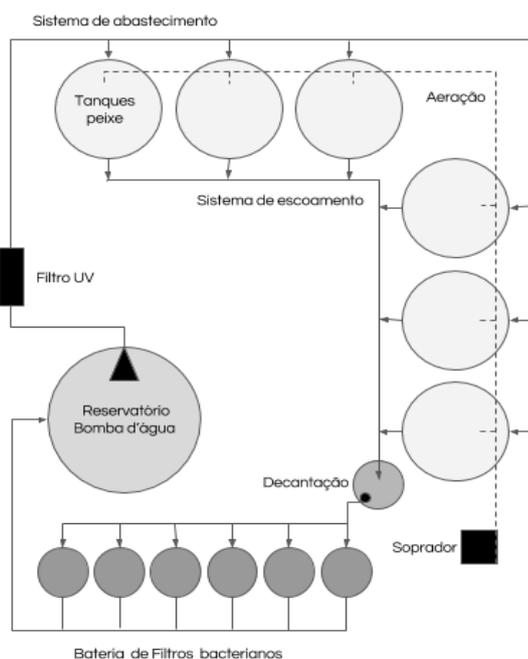


Figura 1. Esquema do sistema de recirculação de água utilizado no presente estudo.

6.2.2 Dietas Experimentais

Para a avaliação o efeito no tempo de transito gastrointestinal (experimento 1) e a digestibilidade (experimento 2) do farelo de *U. fasciata* foi confeccionada uma dieta basal com formulação e composição descritas na Tabela 1. A esta dieta foi adicionada marcadores e os ingredientes teste, de acordo com cada experimento.

Tabela 1. Formulação e composição química da ração basal utilizada para juvenis de tilápia.

Ingredientes	Quantidade (g kg ⁻¹)
Farelo de soja,	150,00
Farelo de milho	307,42
Farinha de peixe	272,38
Farinha de Vísceras de aves	250,00
Premix vitamínico/mineral ¹	10,00
BHT ²	0,20
Óleo de peixe	10,00
Nutrientes ³	Quantidade (g kg ⁻¹)
Proteína bruta	400,00
lipídio bruto	92,91
Fibra bruta	13,27
Cinzas	114,21
Extrato não nitrogenado ⁴	328,71
Energia bruta ⁵	4477
Matéria seca	906,32

¹ Premix NUTRIFISH-GUABI. Níveis de garantia (kg produto): vit A min - 2500000 UI; vit D3 min - 600000 UI; vit E min - 37500 UI; vit K3 min - 3750 mg; vit C min - 50000 mg; tiamina (B1) min - 4000 mg; riboflavina (B2) min - 4000 mg; piridoxina (B6) min - 4000 mg; vit B12 min - 4000 mcg; niacina min - 22500 mg; biotina min - 15 mg; ácido fólico min - 1250 mg; pantotenato de cálcio min - 12000 mg; cobre min - 2500 mg; cobalto min - 125 mg; ferro min - 15 g; iodo min - 375 mg; manganês min - 12,5 g; selênio min - 87,5 mg; zinco min - 12,5 g.

² Butil-Hidroxi-tolueno (antioxidante)

³ Valores calculados com base na composição dos ingredientes (FURUYA, 2010)

⁴ Calculado pela diferença entre a matéria seca total e os demais nutrientes (teores de proteína bruta, lipídio bruto, fibra bruta e cinzas).

⁵ Valor apresentado em caloria. g⁻¹

A farinha de *U. fasciata* utilizado nos experimentos foi proveniente de um cultivo em sistema de AMTI, consorciado entre a macroalga e duas espécies de peixe marinho carapeba *Eugerres brasilianus* e beijupirá *Rachycentron canadum*. Para a produção da farinha, a macroalga foi desidratada em estufa de circulação forçada (TE-394/3; TECNAL) a 50°C durante 24 h e moída em moinho a rotor (TE-651/2; TECNAL) com malha de 0,5mm. Ao final da secagem e moagem o farelo apresentou 853,9 g kg⁻¹ de matéria seca.

O experimento 1 foi realizado para determinar o efeito no tempo de transito gastrintestinal da dieta com inclusão de farelo de *U. fasciata*. Foram utilizados dois marcadores, óxido de cromo e óxido de titânio, que refletem em fezes de coloração verde e branca, respectivamente. O teor de inclusão do marcador e do farelo de macroalga em cada dieta está apresentado na tabela 2.

Para o experimento 1 (taxa de passagem) foram utilizados dois marcadores, o óxido de cromo e titânio, que proporcionam respectivamente, fezes de coloração verde e branca. O teor de inclusão do marcador e do farelo de macroalga em cada dieta está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Níveis de inclusão da ração basal (g kg^{-1}), marcadores e ingrediente teste (*Ulva fasciata*, farelo) nas dietas experimentais do experimento 1.

Dieta	Ração basal	Marcador		Ingrediente teste
		Óxido de cromo	Óxido de titânio	
VRDref	990	10	-	-
BRNref	990	-	10	-
VRDalg	890	10	-	100
BRNalg	890	-	10	100

Com o experimento 2 objetivou-se determinar a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia da farinha de *Ulva*. Foram formuladas duas dietas, a dieta referência, feita a partir da dieta basal com a inclusão do marcador inerte óxido de cromo, no teor de 5g kg^{-1} , e a dieta teste, composta pela mistura da dieta basal (695g kg^{-1}), marcador (óxido de cromo, 5g kg^{-1}) e pela inclusão de 300g kg^{-1} g do ingrediente teste (*U. fasciata*, farelo).

Para a confecção das dietas dos dois experimentos, os ingredientes foram pesados em balança centesimal ($0,001\text{g}$), de acordo com a formulação apresentada nas Tabelas 1 e 2, e então misturadas manualmente. A mistura foi moída em moinho a rotor (malha $0,5\text{mm}$), e adicionado água (50% do peso), homogeneizada e em seguida, peletizada em máquina de moer carne (CAF 5; CAF-MÁQUINAS) (disco 5mm). A secagem foi feita em estufa de circulação forçada (50°C , 24 horas). Depois da secagem, os peletes foram triturados em desintegrador manual e peneirado em peneiras granulométricas, para obtenção de peletes homogêneos, de tamanho adequado aos animais ($1,0 - 2,0\text{mm}$). Após a confecção, as rações foram acondicionadas em sacos plásticos com fecho hermético (zip lock) e estocadas em freezer (-15°C) até o momento da utilização.

Durante o período experimental os peixes foram alimentados até a saciedade aparente, momento onde não era observada a captura imediata dos peletes por nenhum peixe da caixa, nos períodos de 08:00; 12:00; 16:00 horas. O manejo de limpeza e sifonagem, para a retirada de fezes, bem como das dietas utilizadas e o período de alimentação foram feitos de acordo com as características de cada experimento, descritas a seguir.

6.2.3 Tempo de Transito Gastrintestinal

Para a avaliação do efeito da alga sobre a taxa de passagem foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso. Os peixes foram distribuídos em seis unidades experimentais e receberam a dieta BRNref pelo período de dois dias, para que todas as fezes apresentarem a coloração branca, após esse período iniciou-se o fornecimento da dieta VRDref. Antes da coleta de fezes as caixas eram limpas, para evitar contaminação por resíduos de ração. O período de alimentação e coleta de fezes durou 24 horas. Após este período os peixes foram então alimentados com a dieta BRNalg, por dois dias para então se iniciar o segundo ciclo de alimentação e coleta de fezes, com o fornecimento da dieta VRDalg. Para o manejo de coleta de fezes, a cada duas horas todas as fezes presentes no tanque eram coletadas com o auxílio de um sifão (tubo de silicone com 4mm de diâmetro). As fezes eram então avaliadas pela coloração através do índice de coloração (IC), pontuando com nota de 0 a 100%, onde 0 indica fezes totalmente brancas e 100% fezes totalmente verdes. Para evitar mistura entre fezes e ração excedente nos períodos coincidentes com o arraçamento (12:00 e 16:00h), a coleta de fezes era realizada previamente à alimentação e 10

min após o arraçoamento os tanques eram sifonados e todo o material coletado era desprezado.

6.2.4 Determinação da digestibilidade

Para determinar a digestibilidade da proteína e energia do farelo de *U. fasciata* utilizou-se seis unidades experimentais, e foi utilizada a metodologia de coleta parcial de fezes com uso do marcador. Para tal, os peixes foram alimentados previamente com a dieta referência por um período de 2 dias, sendo então iniciado o primeiro ciclo de coleta de fezes. A duração do ciclo de coleta de fezes foi de cinco dias. A partir deste período os peixes iniciaram a alimentação com a dieta teste por um período prévio de dois dias e a partir deste momento se iniciou o segundo ciclo de coleta de fezes.

Para o manejo de coleta, as fezes eram recolhidas a cada duas horas por sifonamento do fundo do tanque com o auxílio de um tubo de silicone com (4mm de diâmetro). Para evitar contaminação de fezes com resíduo de ração, 10 minutos após cada alimentação, a caixa era limpa com o auxílio de esponja e todo o material particulado no fundo era retirado com sifão (tubo de silicone, 16mm de diâmetro) e desprezado.

As fezes coletadas de cada unidade experimental eram secas em estufa (60°C; 12 horas) e acondicionadas em freezer (-15°C) para análise de composição (energia bruta, proteína bruta e matéria seca) e determinação do marcador inerte (óxido de cromo). A energia bruta foi determinada pela queima da amostra em bomba calorimétrica, a proteína bruta foi realizada pelo método dumas, a matéria seca foi determinada através de perda por secagem e determinação do teor de óxido de cromo foi feita por absorção atômica seguindo metodologia preconizada pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (CBAA, 2009). As análises foram realizadas no laboratório CBO análises, em Campinas-SP.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína, energia e matéria seca das dietas foram calculados pelas fórmulas propostas por PEZZATO et al. (2002) e SUGIURA et al. (1998). Para CDA utilizou-se a fórmula: $CDA (\%) = 100 - [100 * (ID/IF) * (NF/ND)]$, onde ID = teor do indicador na dieta; F = teor do indicador nas fezes; ND = teor de proteína ou energia na dieta; NF = teor de proteína ou energia nas fezes. Para o cálculo da digestibilidade aparente da macroalga (DAM) foi utilizada a fórmula $DAM (\%) = (TN_{ref} * CDA_{ref} - 0,7 * TN_{tes} * CDA_{tes}) / TN_{ing} * 0,3$, onde CDA teste = Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, energia e matéria seca dieta teste; CDA referência = Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, energia e matéria seca da dieta referência; TN_{ref} é o teor de nutriente da dieta referência; TN_{tes} é o teor de nutriente da dieta teste e TN_{ing} é o teor de nutriente do ingrediente (farelo de *U. fasciata*).

6.2.5 Qualidade de Água

Durante o período experimental foram avaliados os parâmetros de temperatura e oxigênio dissolvido com oxímetro digital (HANNA, HI9146), pH com pHmetro portátil (HANNA, HI 98129) e teor de amônia na água através de fotocolorímetro (HANNA, HI83203). Os dados dos parâmetros de qualidade ao longo do período experimental são apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Média (\pm desvio padrão) das variáveis abióticas monitoradas no período experimental.

Variáveis abióticas	Média (\pm desvio padrão)
Oxigênio dissolvido (mg/l)	4,54 (\pm 1,29)
pH	7,76 (\pm 0,45)
Amônia (NH ₃) (mg/l)	0,58 (\pm 0,31)
Temperatura (°C)	20,32 (\pm 2,71)

6.2.6 Análise dos Dados

Os dados foram analisados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Cochran) seguindo as recomendações de ZAR (1996). Análise de variâncias (ANOVA) de medidas repetidas foi utilizada para verificar diferenças no IC entre as dietas com e sem algas ao longo do tempo. O limite de tolerância para os testes de significância foi de 95% ($p < 0,05$). As análises foram realizadas através do pacote estatístico Statistica Versão 6.0.da Stat Soft

6.3 RESULTADOS

6.3.1 Tempo de Transito Gastrintestinal

O farelo de *U. fasciata* na inclusão de 100 g Kg⁻¹% na dieta não alterou a taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal (figura 2), não havendo diferença no IC em nenhum período de coleta, entre as dietas (F = 1,569; p=0,271). As primeiras fezes coradas foram observadas após 4 horas do início da alimentação com o marcador para ambas as dietas. As fezes se apresentavam completamente coradas após 10 horas do início da alimentação, sendo este considerado o tempo total de trânsito gastrointestinal (STOREBAKKEN 1985).

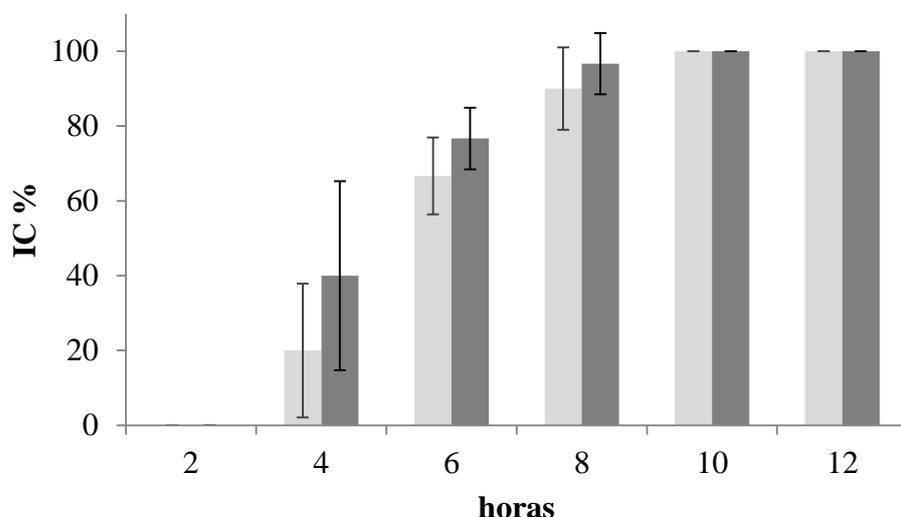


Figura 2. Índice de coloração (IC %) das fezes de juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em função da inclusão do farelo de *Ulva fasciata*. As barras claras representam as fezes dos peixes alimentados com a ração isenta de macroalga e as barras escuras representam a ração contendo macroalga.

6.3.2 Digestibilidade

O farelo de *U. fasciata* produzida em AMTI apresentou, com base na matéria seca, 243,80 g kg⁻¹ de proteína bruta e 3043,68 calorias g⁻¹ de energia bruta de. O teor de proteína digestível foi de 191,60 g kg⁻¹ e energia digestível de 2126,62 caloria g⁻¹. Os coeficientes de digestibilidade das dietas e do farelo da macroalga estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente das dietas e do farelo de *Ulva fasciata* para juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*)

	Coeficiente de Digestibilidade Aparente (%)		
	Matéria seca	Proteína	Energia
Dieta referência	71,29±0,67	87,19±0,57	78,95±0,53
Dieta teste	67,28±1,36	84,75±0,58	76,67±0,54
Farelo de <i>U. fasciata</i>	57,92 ± 5,21	78,59 ± 1,91	69,87 ± 3,72

6.4 DISCUSSÃO

O tempo que determinado alimento leva para percorrer todo trato gastrointestinal do peixe é influenciado por diversos fatores, como a temperatura da água (JOBILING et al. 1977; CARNEIRO et al. 1994), as características da dieta, tais como tamanho das partículas (HAYASHI et al. 1999; GENTELINE et al. 2005), uso de estabilizantes físicos (STOREBAKKEN 1985), além da composição, principalmente em relação ao teor de lipídeos (MEURER et al., 2002) e fibra bruta (MEURER et al. 2003; LANNA et al. 2004; RODRIGUES et al. 2010). Elevar o teor de fibra da dieta reduziu o tempo de transito gastrointestinal e a digestibilidade dos nutrientes para juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus* (RODRIGUES et al. 2010) e tilápia (LANNA et al. 2004). No entanto, mesmo influenciando no tempo de trânsito gastrointestinal, a elevação do teor de fibra bruta em até 8,5% da dieta não interferiu no desempenho produtivo de juvenis de tilápias (MEURER et al. 2003).

Os peixes, assim como outros monogástricos, não apresentam enzimas no trato gastrointestinal (TGI) que degradam polissacarídeos não amiláceos (PNA) (CHOCT e KOCHER 1998; SINHA et al. 2011). No entanto, pode ocorrer um aproveitamento parcial da energia destes carboidratos, através do processo de fermentação realizada por microrganismos presente no TGI, pode ocorrer a formação de ácidos graxos voláteis (AGV), que podem ser absorvidos no intestino por animais não ruminantes e utilizados como fonte energética, além de poder estimular o sistema imune, a absorção de íons e crescimento de microrganismos benéficos e inibir o desenvolvimento de patógenos (MONTAGNE et al. 2003; AMIRKOLAIE et al., 2006). Segundo HAIDAR et al. (2016), tilápia apresenta capacidade de aproveitar parcialmente a energia provenientes de PNA, e a eficiência desta digestão pode estar relacionada com a fonte do polissacarídeo, o nível de alimentação e o processamento da dieta.

Neste estudo, a inclusão de 10% pode não alterar significativamente as características do quimo a ponto de prejudicar o trânsito do alimento pelo TGI, bem como a atuação de enzimas digestivas que refletiria numa redução no crescimento esperado do peixe. Em diversos estudos avaliando a utilização de *Ulva* em dietas para tilápias, observa-se que a sua inclusão em níveis abaixo de 10% não prejudica o desempenho produtivo (GÜROY et al. 2007; AZAZA et al. 2008; ERGÜN et al. 2009; EL-TAWIL 2010; MARINHO et al. 2013; SILVA et al. 2015).

A farinha de *U. fasciata* neste estudo apresentou digestibilidade relativamente semelhante a outros ingredientes de origem vegetal. Os teores de digestibilidade da matéria seca, proteína e energia do farelo de *U. fasciata* permaneceram dentro da faixa de oscilação observada por PEZZATO et al. (2002), avaliando diversos farelos de origem vegetal, proteicos e energéticos, para tilápia, onde os teores de digestibilidade para matéria seca variaram entre 23,44 e 71,04% para proteína de 67,83 a 94,86% e energia entre 51,00 e 91,29%. No entanto o farelo de *U. fasciata* teve digestibilidade da matéria seca e proteína bruta inferior aos farelos de milho, trigo e soja para juvenis de tilápia (FURUYA et al. 2001).

A digestibilidade dos ingredientes pode ser afetada por fatores antinutricionais, comuns em ingredientes de origem vegetal e que em elevados teores podem ser tóxicos ou prejudicar o aproveitamento da dieta (FRANCIS et al. 2001). AZAZA et al. (2008) relatam a presença de saponinas, taninos e ácido fítico em dietas produzidas com *U. rigida*, sendo que 30% de inclusão do farelo da alga na dieta por um período de 75 dias prejudicou o ganho de peso e taxa de crescimento específico de juvenis de tilápia.

Em estudo avaliando a inclusão de farelo de quatro espécies de macroalgas (*Porphyra dioica*, *Ulva spp.*, *Gracilaria vermiculophylla* e *Sargassum muticum*) em dietas para tilápia, PEREIRA et al. (2012) observaram que a digestibilidade da proteína e energia foram

superiores para *Ulva spp* e *Sargassum muticum*. Segundo PEREIRA et al. (2012) , a digestibilidade da proteína e energia do farelo de *Ulva spp* foi de 63,4 e 57,1%, respectivamente, valores inferiores ao obtido para o farelo de *U. fasciata* do presente estudo. As diferenças nos valores dos coeficientes de digestibilidade podem estar relacionadas a composição química da macroalga, influenciada pela espécie e condições de cultivo, além do processamento das dietas. A extrusão da dieta, processo utilizado no estudo supracitado pode afetar a digestibilidade dos nutrientes em relação à peletização, que ocorreu neste estudo. O processo de extrusão pode reduzir a digestibilidade da proteína, em função da desnaturação a digestibilidade da proteína geralmente é prejudicada quando a dieta é extrusada (CHENG e HARDY, 2003).

A variação dos coeficientes de digestibilidade da *Ulva* pode também estar relacionado à heterogeneidade na composição química das macroalgas, que pode oscilar em função da espécie e condições ambientais (FLEURENCE 1999). Neste sentido o cultivo em AMTI pode produzir uma biomassa de alga com elevados teores proteicos e menor variação na composição química, devido ao aporte constante de nutrientes e menor variação nas condições ambientais (LÜNING e PANG 2003; SCHUENHOFF et al. 2003; ABREU et al. 2009,2011; SILVA et al. 2015).

O farelo de *U. fasciata* mostrou-se um ingrediente atrativo para utilização na dieta de juvenis de tilápia. A inclusão de macroalgas do gênero *Ulva* em dietas para peixes pode ser uma alternativa promissora em função do seu rápido crescimento no cultivo em tanques e no mar (MSUYA e NEORI, 2008; CASTELAR et al. 2015), e elevado teor proteico (MSUYA e NEORI 2002; SCHUENHOFF et al. 2003). A utilização de *Ulva* na dieta de tilápias em até 10% de inclusão não prejudicou o desempenho produtivo de tilápias em diversos estudos (GÚROY et al. 2007; AZAZA et al. 2008; ERGÜN et al. 2009; EL-TAWIL 2010; MARINHO et al. 2013; SILVA et al. 2015).

6.5 CONCLUSÕES

O farelo de *Ulva fasciata* produzida em AMTI apresenta digestibilidade satisfatória para juvenis de tilápia e a sua inclusão ao nível de 10% na dieta não promove alteração na velocidade de trânsito gastrointestinal, sendo este considerado um nível seguro de inclusão, sem prejuízo ao aproveitamento da dieta pelo peixe.

AGRADECIMENTOS

Ao D'Alga Aquicultura Urbana pelas instalações cedidas para a condução do experimento

6.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M.H.; VARELA, D.A.; HENRÍQUEZ, L.; VILLARROEL, A.; YARISH, C.; SOUSA-PINTO, I.; BUSCHMANN, A.H. Traditional vs. integrated multi-trophic aquaculture of *Gracilaria chilensis* CJ Bird, J. McLachlan & EC Oliveira: productivity and physiological performance. **Aquaculture**, v. 293, n.3, p. 211-220, 2009
- ABREU, M.H.; PEREIRA, R.; YARISH, C.; BUSCHMANN, A.H.; SOUSA-PINTO, I. IMTA with *Gracilaria vermiculophylla*: productivity and nutrient removal performance of the seaweed in a land-based pilot scale system. **Aquaculture**, v.312, n.1, p.77-87. 2011
- AMIRKOLAIE, A.K.; VERRETH, J.A.; SCHRAMA, J.W. Effect of gelatinization degree and inclusion level of dietary starch on the characteristics of digesta and faeces in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* (L.)). **Aquaculture**, v.260, n.1, p.194-205. 2006
- ARAÚJO, M.; REMA, P.; SOUSA-PINTO, I.; CUNHA, L.M.; PEIXOTO, M.J., PIRES, M.A.; VALENTE, L.M. Dietary inclusion of IMTA-cultivated *Gracilaria vermiculophylla* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on growth, intestinal morphology, tissue pigmentation, and immunological response. **Journal of Applied Phycology**, v.28, n.1, p.1-11, 2015
- ASP, N. Dietary carbohydrates: classification by chemistry and physiology **Food Chemistry**. v.57, n.1, p.9-14,1996.
- AZAZA, M.S.; MENSI, F.; KSOURI, J.; DHRAIEF, M.N.; BRINI, B.; ABDELMOULEH, A.; KRAIEM, M.M. Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae ulva meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of southern Tunisia. **Journal of Applied Ichthyology**, v.24, n.2, p.202-207, 2008.
- CASTELAR, B.; PONTES, M.D.; COSTA, W.M.; Fontes, L.C.; Biofiltering efficiency and productive performance of macroalgae with potential for integrated multi-trophic aquaculture (imta). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.41, p.763 – 770, 2015
- CARNEIRO, D.J.; RANTIN, R.T.; DIAS, T.C.R.; MALHEIROS, E.B. Interaction between temperature and dietary levels of protein and energy in pacu (*Piaractus mesopotamicus*). II. Effects on digestibility of protein and transit time through the gastrointestinal tract. **Aquaculture**, v.124, n.1-4, p.131.1994.
- CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture nutrition**, v.9, n.2, p.77-83, 2003
- CHOCT, M.; KOCHER, A. Non-starch carbohydrates: digestion and its secondary effects in monogastrics. In **Proceedings-Nutrition Society of Australia** Nutrition Society of Australia,1998, p. 31-38
- CBAA (2009). **Compêndio brasileiro de alimentação animal**. Editora Sindirações. São Paulo, 390p.
- DEL RIO, J.; RAMAZANOV, Z.; GARCÍA-REINA, G. Optimization of yield and biofiltering efficiencies of *Ulva rigida* C. Ag. cultivated with *Sparus aurata* L. waste waters. **Scientia Marina**, v.58, n.4, p. 329-335, 1994
- ELLE, B.J.; CORRE J.R.V.; FELARCA, K.G.; PEDROSO, F. Potential of *Gracilariopsis bailinae* and *Oreochromis mossambicus* in improving water quality in intensive *Litopenaeus vannamei* tank culture. **AAFL Bioflux**, v.10, n.5, 2017.

- EL-TAWIL, N.E. Effects of green seaweeds (*Ulva* sp.) as feed supplements in red Tilapia (*Oreochromis* sp.) diet on growth performance, feed utilization and body composition. **Journal of the Arabian Aquaculture Society**, v.5 n.2, p.179-193, 2010
- ERGÜN, S.; SOYUTÜRK, M.; GÜROY, B.; GÜROY, D.; MERRIFIELD, D. Influence of *Ulva* meal on growth, feed utilization, and body composition of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at two levels of dietary lipid. **Aquaculture International**, v.17, n.4, p. 355-361, 2009
- EVANS, F.D.; CRITCHLEY, A.T. Seaweeds for animal production use. **Journal of applied phycology**, v.26, n.2, p.891-899, 2014.
- FLEURENCE, J. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses, **Trends in Food Science & Technology** v.10, p.25-28, 1999
- FRANCIS, G.; MAKKAR, H.P.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v.199, n.3, p.197-227, 2001
- FURUYA, W.M., PEZZATO, L.E., MIRANDA, E.C., FURUYA, V.R.B., BARROS, M.M. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.)(linhagem tailandesa). **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 2, p. 465-469, 2001.
- FURUYA, W.M.F. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. GFM, Toledo-PR. 2010. 100 p.
- GENTELINI, A.L.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; MEURER, F.; HAYASHI, C. Graus de moagem dos ingredientes em rações peletizadas para alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.27, n.1, p.93-97, 2005
- GOLDEN, C.D.; ALLISON, E.H.; CHEUNG, W.W.; DEY, M.M.; HALPERN, B.S.; MCCAULEY, D.J.; MYERS, S.S. Fall in fish catch threatens human health. **Nature**, v.534, n.7607, p.317-320, 2016
- GÜROY, B.K.; CİRİK, Ş.; GÜROY, D.; SANVER, F.; TEKİNAY, A.A. Effects of *Ulva rigida* and *Cystoseira barbata* meals as a feed additive on growth performance, feed utilization, and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.31, n.2, p.91-97, 2007
- Haidar, M.N.; PETIE, M.; HEINSBROEK, L.T.; VERRETH, J.A.; SCHRAMA, J.W. The effect of type of carbohydrate (starch vs. nonstarch polysaccharides) on nutrients digestibility, energy retention and maintenance requirements in Nile tilapia. **Aquaculture**, v.463, p.241-247, 2016
- HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v.41, n.5, p.770-776, 2010
- HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M.; BOSCOLO, V.R.; GALDIOLI, E.M. Uso de diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas para a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) na fase de crescimento. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.21, n.1, p.733-737, 1999
- JATOBÁ, A.; VIEIRA, F.N.; BUGLIONE-NETO, C.C., MOURINO, J.L.P.; SILVA, B.C.; SEIFTER, W.Q.; ANDREATTA, E.R. Diet supplemented with probiotic for Nile tilapia in polyculture system with marine shrimp. **Fish physiology and biochemistry**, v.37, n.4, p.725-732, 2011

- JOBLING, M.; GWYTHYER, D.; GROVE, D.J. Some effects of temperature, meal size and body weight on gastric evacuation time in the dab *Limanda limanda* (L). **Journal of Fish Biology**, v.10, n.3, p.291-298, 1977
- JOHANSEN, H.N.; KNUDSEN, K.B.; SANDSTRÖM, B.; SKJØTH, F. Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. **British journal of nutrition**, v.75, n.3, p.339-351,1996
- JUNIOR, B.; PAULA, A.; AZEVEDO, C.M.D.S.B.; HENRY-SILVA, G.G. Polyculture of Nile tilapia and shrimp at different stocking densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41 n.7, p.1561-1569. 2012
- KLINGER, D., & Naylor, R. (2012). Searching for solutions in aquaculture: charting a sustainable course. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 247-276.
- KUMAR, K. S.; GANESAN, K.; SELVARAJ, K.; RAO, P.S. Studies on the functional properties of protein concentrate of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty—An edible seaweed. **Food chemistry**, v.153, p.353-360. 2014.
- LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; CECON, P.R.; FURUYA, W.M.; BOMFIM, M.A.D. Digestibilidade aparente e trânsito gastrointestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.33, n.6, p.2186-2192, 2004
- LEENHOUWERS, J.I.; ADJEI- BOATENG, D.; VERRETH, J.A.J.; SCHRAMA, J.W. Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non- starch polysaccharide. **Aquaculture Nutrition**, v.12, n.2, p.111-116, 2006
- LEENHOUWERS, J.I.; ORTEGA, R.C.; VERRETH, J.A.; SCHRAMA, J.W. Digesta characteristics in relation to nutrient digestibility and mineral absorption in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed cereal grains of increasing viscosity. **Aquaculture**, v.273, n.4, p.556-565, 2007.
- LEMARIÉ, G.; BAROILLER, J.F.; CLOTA, F.; LAZARD, J.; DOSDAT, A. A simple test to estimate the salinity resistance of fish with specific application to *O. niloticus* and *S. melanotheron*. **Aquaculture**, v.240, n.1, p.575-587. 2004
- LIMA, E.C.R.; DE SOUZA, R.L.; WAMBACH, X.F.; SILVA, U.L.; DE SOUZA CORREIA, E. Cultivo da tilápia do Nilo "*Oreochromis niloticus*" em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.16, n.4, p.948-957. 2016
- LÜNING, K.; PANG, S. Mass cultivation of seaweeds: current aspects and approaches. **Journal of Applied Phycology**, v.15, n.2-3, p.115-119. 2003
- MANSOUR, A.T.; ESTEBAN, M.Á. Effects of carbon sources and plant protein levels in a biofloc system on growth performance, and the immune and antioxidant status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish & shellfish immunology**, v.64, p.202-209. 2017
- MARINHO, G.; NUNES, C.; SOUSA-PINTO, I.; PEREIRA, R., REMA, P.; VALENTE, L.M. The IMTA-cultivated Chlorophyta *Ulva* spp. as a sustainable ingredient in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. **Journal of applied phycology**, v. 25, n.5, p.1359-1367, 2013
- MONSEES, H.; KEITEL, J.; PAUL, M.; KLOAS, W.; WUERTZ, S. Potential of aquacultural sludge treatment for aquaponics: evaluation of nutrient mobilization under aerobic and anaerobic conditions. **Aquaculture Environment Interactions**, v.9, p.9-18. 2017

- 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
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Fibra bruta para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.256-261. 2003
- MONSEES, H.; KEITEL, J.; PAUL, M.; KLOAS, W.; WUERTZ, S. Potential of aquacultural sludge treatment for aquaponics: evaluation of nutrient mobilization under aerobic and anaerobic conditions. **Aquaculture Environment Interactions**, v.9, p.9-18. 2017
- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal feed science and technology**, v. 108, n. 1, p. 95-117, 2003.
- MSUYA, F.E.; NEORI, A. *Ulva reticulata* and *Gracilaria crassa*: macroalgae that can biofilter effluent from tidal fishponds in Tanzania. **Western Indian Ocean Journal of Marine Science** v.1, n.2, p. 117–126, 2002
- MSUYA, F.E.; NEORI, A. Effect of water aeration and nutrient load level on biomass yield, N uptake and protein content of the seaweed *Ulva lactuca* cultured in seawater tanks. **Journal of Applied Phycology**, v. 20, p. 6, p. 1021-1031. 2008.
- PAOLUCCI, M.; FABBROCINI, A.; VOLPE, M.G.; VARRICCHIO, E.; COCCIA, E. Development of biopolymers as binders for feed for farmed aquatic organisms. **In Aquaculture. InTech**. 2012
- PEREIRA, R.; VALENTE, L.M.; SOUSA-PINTO, I.; REMA, P. Apparent nutrient digestibility of seaweeds by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Algal Research**, v.1, n.1, p.77-82. 2012
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.D.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.Q.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002
- RODRIGUES, L.A.; EL HADI PEREZ FABREGAT, T.; KOCHENBORGER FERNANDES, J.B.; TORRES NASCIMENTO, T.M.; KASUE SAKOMURA, N. Digestibilidade e tempo de trânsito gastrointestinal de dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta para pacu. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 2, p. 169-173, 2010
- SCHUENHOFF, A.; SHPIGEL, M.; LUPATSCH, I.; ASHKENAZI, A.; MSUYA, F.E.; NEORI, A. A semi-recirculating, integrated system for the culture of fish and seaweed. **Aquaculture**, v.221, n.1, p.167-181. 2003
- SILVA, D.M.; VALENTE, L.M.P.; SOUSA-PINTO, I.; PEREIRA, R.; PIRES, M.A.; SEIXAS, F.; REMA, P. Evaluation of IMTA-produced seaweeds (*Gracilaria*, *Porphyra*, and *Ulva*) as dietary ingredients in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., juveniles. Effects on growth performance and gut histology. **Journal of applied phycology**, v.27, n.4, p.1671-1680, 2015
- SINHA, A.K.; KUMAR, V.; MAKKAR, H.P.; DE BOECK, G.; BECKER, K. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition—A review. **Food Chemistry**, v.127, n.4, p.1409-1426. 2011
- SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; RATHBONE, C.K.; HARDY, R.W. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. **Aquaculture**, v159, n3-4, p.177-202. 1998.

- STOREBAKKEN, T. Binders in fish feeds: I. Effect of alginate and guar gum on growth, digestibility, feed intake and passage through the gastrointestinal tract of rainbow trout. **Aquaculture**, v.47, n.1, p.11-26. 1985
- TROELL, M.; NAYLOR, R.L.; METIAN, M.; BEVERIDGE, M.; TYEDMERS, P.H.; FOLKE, C.; GREN, Å. Does aquaculture add resilience to the global food system?. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.111, n.37, p.13257-13263. 2014
- VALENTE, L.M.; ARAÚJO, M.; BATISTA, S.; PEIXOTO, M.J.; SOUSA-PINTO, I.; BROTAS, V.; REMA, P. Carotenoid deposition, flesh quality and immunological response of Nile tilapia fed increasing levels of IMTA-cultivated *Ulva* spp. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n.1, p.1-11. 2015
- WATANABE, W.O.; LOSORDO, T.M.; FITZSIMMONS, K.; HANLEY, F. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. **Reviews in fisheries science**, v.10, n.3-4, p.465-498. 2002
- Zar, J.H. **Biostatistical Analysis**. Prentice Hall. Upper Sadle River, NJ.1996
- ZHANG, X.; WU, H.; LI, Z.; LI, Y.; WANG, S.; ZHU, D.; LI, S. Effects of dietary supplementation of *Ulva pertusa* and non-starch polysaccharide enzymes on gut microbiota of *Siganus canaliculatus*. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**, p.1-12, 2017.
- ZHU, D.; WEN, X.; XUAN, X.; LI, S.; LI, Y. The green alga *Ulva lactuca* as a potential ingredient in diets for juvenile white spotted snapper *Lutjanus stellatus* Akazaki. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n.1, p.1-9. 2015

7 CAPÍTULO IV

INCLUSÃO DE FARELO DE *Ulva fasciata* EM DIETAS PARA JUVENIS DE TILÁPIA *Oreochromis niloticus* DURANTE O PROCESSO DE SALINIZAÇÃO DA ÁGUA

RESUMO

PONTES, Marcelo Duarte. **Inclusão de farelo de *Ulva fasciata* em dietas para juvenis de tilápia *Oreochromis niloticus* durante o processo de salinização da água.** 2018. 13p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

A Tilapia *Oreochromis niloticus* é uma espécie que pode se adaptar a água salgada, no entanto este processo de salinização pode ser estressante ao peixe, neste sentido ingredientes funcionais adicionados à dieta podem amenizar o estresse e contribuir com o desempenho produtivo. Com este estudo objetivou-se avaliar o desempenho produtivo de juvenis de tilápia submetidos ao processo de salinização gradual da água, alimentados com rações contendo farelo de *Ulva fasciata*. Foram utilizados 180 juvenis de tilápia com peso vivo médio inicial de $12,71 \pm 2,77$ g e comprimento médio inicial e $70,99 \pm 5,27$ mm. Os peixes foram distribuídos em seis unidades experimentais instaladas em sistema de recirculação de água, foi utilizado delineamento inteiramente casualizado. Duas dietas teste contendo 0 e 10% de farelo de *U. fasciata* foram fornecidas aos peixes, três vezes ao dia até a saciedade aparente. A salinização da água ocorreu gradativamente, foram adicionando 1 g L^{-1} de sal marinho integral por dia, até a salinidade atingir de 30 g L^{-1} . Os parâmetros de desempenho produtivo não foram influenciados pela inclusão do farelo de *U. fasciata* nas dietas. Não foi observada mortalidade no período experimental. Tilápia é capaz de adapta-se ao manejo de salinização gradual da água de criação, com elevação de $1 \text{ g L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de sal, mantendo o desempenho produtivo satisfatório. A inclusão de farelo de *U. fasciata* até a proporção de 10% da dieta não altera os parâmetros de desempenho produtivo durante o procedimento de salinização gradual da água de criação da tilápia.

Palavras chave: Osmorregulação, Macroalgas, Maricultura

7.1 INTRODUÇÃO

tilápia *Oreochromis niloticus* é o peixe mais cultivado no Brasil e possui grande importância na piscicultura mundial. Somente no ano de 2015 foram produzidas aproximadamente 5,67 milhões de toneladas de tilápias, o que corresponde a 8,29% da produção mundial da piscicultura marinha e continental (FAO 2016). Esta grande representatividade pode ser explicada pelo avanço das tecnologias de produção, refinamento nos estudos sobre as exigências nutricionais boa aceitação da carne pelo mercado consumidor. A tilápia possui uma grande adaptabilidade aos mais diversos sistemas de produção, sendo produzida desde sistemas extensivos onde predomina a alimentação natural aos mais intensificados como bioflocos, recirculação de água e aquaponia (WATANABE et al. 2002; LIMA et al. 2016; MONSEES et al. 2017).

Tilápia é uma espécie que apresenta elevada tolerância à salinidade da água, sendo a resistência média de aproximadamente 46 g L⁻¹ de sal (LEMARIÉ et al. 2004). Mesmo que a maioria das espécies e linhagens de tilápia se adapte à salinização da água, alguns fatores como temperatura, idade, nutrição e processo de aclimação influenciam na sobrevivência e desempenho produtivo dos animais (SURESH e LIN 1992).

A resistência da tilapia à salinização da água cria oportunidades de criação em locais com a presença de águas salobras, em monocultivos ou em produções integradas com o cultivo de camarões e macroalgas, onde diversos estudos demonstram a viabilidade destes sistemas (JATOBÁ et al. 2011; JUNIOR et al. 2012; ELLE et al. 2017).

A adaptação à mudança de salinidade da água é um processo mediado em peixes teleósteos por via hormonal, principalmente pela ação dos hormônios cortisol, prolactina, hormônio do crescimento e IGF-1. Esses hormônios promovem a retenção de íons, modulam a permeabilidade das membranas e aumentam a atividade da bomba de sódio e potássio, além de regular a conservação de íons e excreção de água pelas brânquias, rins e trato gastrointestinal (MCCORMICK 2001; MANZON 2002; SEALE et al. 2006; FIESS et al., 2007). Além disso, osmólitos orgânicos, como os íons inorgânicos, aminoácidos livres (taurina e glicina) e pequenos carboidratos (mio-inositol e metilaminas) podem contribuir para a manutenção da osmolaridade celular (FIESS et al., 2007).

A alteração na salinidade da água, assim como outros distúrbios ambientais, pode ser considerado uma fonte potencial de estresse, pois demanda reação do animal para lidar com as mudanças fisiológicas desencadeadas pelas mudanças externas (MARTÍNEZ-ÁLVAREZ et al. 2002). A adaptação do peixe à salinização da água é dependente da detecção das alterações osmóticas e ativação rápida de respostas fisiológicas para restabelecer a homeostase (YAMAGUCHI et al. 2017). No entanto, as alterações fisiológicas impostas pela salinização da água e o consequente aumento da atividade metabólica das células produzem oxigênio reativo, um forte agente oxidante, que em excesso podem desencadear estresse oxidativo no peixe (MARTÍNEZ-ÁLVAREZ et al. 2002; LUSHCHAK 2011; ZENG et al. 2016; BIRNIE GAUVIN et al. 2017). Os mecanismos de eliminação do oxigênio reativo é feito pela ação de moléculas antioxidantes, incluindo as enzimas, principalmente a catalase, superóxido dismutase e glutathione peroxidase, moléculas de baixo peso, como as vitaminas A, C e E, além de carotenóides, como luteína e beta caroteno (LUSHCHAK 2011; REGOLI e GIULIANI 2014).

A inclusão de uma dieta rica em agentes antioxidantes para animais em situação de estresses pode auxiliar na eliminação do oxigênio reativo e, conseqüente, atenuação os efeitos do estresse oxidativo. Esta ação foi observada em camarões *Litopenaeus vannamei* alimentados com dieta rica em Vitamina E, durante a exposição a alterações agudas de salinidade (LIU et al. 2007), ou com carotenóides (astaxantina e β caroteno) na dieta do peixe mato grosso *Hyphessobrycon eques* expostos a níveis elevados de amônia na água (PAN et al.

2011). Neste sentido, é interessante avliar a inclusão de *Ulva fasciata* na dieta, uma fonte natural de carotenóides com ação antioxidante, como luteína e β caroteno (ABD EL BAKY et al. 2009; VALENTE et al. 2015).

Dessa forma, no presente estudo foi avaliado o desempenho produtivo de juvenis de tilápia submetidos ao processo de salinização gradual da água e alimentadas com rações contendo farelo de *U. fasciata*.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento integra o projeto de pesquisa intitulado “Desempenho Zootécnico e Parâmetros Fisiológicos de Tilápia-do-Nilo e Carapeba Alimentadas com Dietas Nutracêuticas no Estado do Rio de Janeiro” certificado pela Comissão de Ética para Uso de Animais (CEUA-FIPERJ), protocolo 001/2017.

7.2.1 Peixes e Sistema de Cultivo

Para este estudo foram utilizados 180 juvenis de tilápia com peso vivo médio inicial de $12,71 \pm 2,77$ g e comprimento médio inicial e $70,99 \pm 5,27$ mm. Os peixes foram doados pela Unidade Didática de Piscicultura, Pesquisa e Produção de Cordeiro - UDPPPC da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro-FIPERJ. Os animais foram distribuídos em sistema de recirculação de água com seis tanques de cultivo de polietileno em formato cilíndrico e $0,1\text{m}^3$ de volume útil, com as laterais azuis e o fundo branco, em delineamento inteiramente casualizado. Cada tanque era dotado de um sistema de abastecimento e de drenagem de água em fluxo contínuo ($0,1\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$), ambos na superfície, além de sistema de aeração constante, por compressor radial central (vazão $3,6\text{m}^3\text{ h}^{-1}$; CUBOS AIR 60- CUBOS), distribuída por mangueiras de silicone com pedras porosas acopladas.

O efluente dos tanques era drenado para o sistema de filtração e esterilização, composto por um tanque de sedimentação de $0,05\text{m}^3$ com passagem por uma rede (malha 1 mm), seguido de uma bateria de seis tanques de $0,05\text{ m}^3$, com a presença de argila expandida, utilizada como substrato para bactérias nitrificantes. A água era então derivada por gravidade para um reservatório de $0,2\text{ m}^3$, de onde era bombeada com o auxílio de uma bomba submersa ($5,80\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$; JATO 6000-CUBOS) para um filtro UV (8W; CLEAN JUMP) e posteriormente distribuída novamente para os tanques de cultivo.

7.2.2 Qualidade de Água

Durante o período experimental foram avaliados os parâmetros de temperatura e oxigênio dissolvido com oxímetro digital (HANNA, HI9146), pH com pHmetro portátil (HANNA, HI 98129) e teor de amônia na água através de fotocolorímetro (HANNA, HI83203). Os dados dos parâmetros de qualidade ao longo do período experimental são apresentados na tabela 3.

Tabela 1. Média (\pm desvio padrão) das variáveis abióticas monitoradas no período experimental.

Variáveis abióticas	Média (\pm desvio padrão)
Oxigênio dissolvido (mg/l)	4,81 ($\pm 1,73$)
pH	7,98 ($\pm 1,58$)
Amônia (NH ₃) (mg/l)	0,67 ($\pm 0,51$)
Temperatura (°C)	21,09 ($\pm 3,21$)

7.2.3 Dietas Experimentais

O farelo de *U. fasciata* utilizado nos experimentos foi proveniente de cultivo em sistema de aquicultura multitrófica integrada - AMTI, em cultivo consorciado entre a macroalga e os peixes carapeba (*Eugerres brasilianus*) e beijupirá (*Rachycentron canadum*). Para a produção do farelo, a macroalga foi desidratada em estufa de ventilação forçada (TE-

394/3, TECNAL) por 50°C durante 24 horas e moída em moinho a rotor (TE-651/2, TECNAL; malha de 0,5mm). Ao final da secagem e moagem o farelo apresentou 853,9 g kg⁻¹ de matéria seca e teores de proteína bruta de 243,80g kg⁻¹ e energia bruta de 3.044 caloria g⁻¹ (com base na matéria seca).

Para a confecção das dietas, os ingredientes foram pesados em balança de precisão (0,001 g) e misturados manualmente por 10 minutos, de acordo com a formulação apresentada na tabela 1. A mistura foi processada em moinho a rotor (TE-651/2, TECNAL; malha de 0,5mm), adicionada água (50% do peso), homogeneizada manualmente e em seguida, prensada em máquina de moer carne (CAF 5; CAF-MÁQUINAS; disco 3mm). A secagem foi feita em estufa de ventilação forçada (TE-394/3,TECNAL; 50°C, 24 h). Depois da secagem, os peletes foram triturados num desintegrador manual e peneirados em peneiras granulométricas de diversas malhas, para obtenção de peletes homogêneos e de tamanho adequado aos animais (1,0-2,0 mm). Após a confecção, as dietas foram acondicionadas em sacos plásticos com fecho hermético (zip lock) e estocadas em freezer (-15 °C) até o momento da utilização.

Tabela 2. Formulação e composição química das dietas utilizadas para juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*) durante o processo de salinização da água.

Ingredientes	Níveis de inclusão (g kg ⁻¹)	
	0%	10%
Farinha de <i>Ulva fasciata</i>	0,00	100,00
Farelo de soja	120,00	115,00
Farelo de milho	384,25	326,80
Farelo de trigo	24,87	0,00
Farinha de peixe	260,68	248,00
Farinha de vísceras farinha	200,00	200,00
Premix vitamínico/mineral ¹	10,00	10,00
BHT ²	0,20	0,20
Nutrientes ³		
Proteína bruta	344,86	344,86
Lipídio bruto	76,75	74,14
Fibra bruta	15,36	15,39
Cinzas	104,24	124,13
Extrato não-nitrogenado ⁴	389,31	366,92
Energia bruta (caloria g ⁻¹)	4030	3919

¹ Premix NUTRIFISH-GUABI. Níveis de garantia (kg produto): vit A min - 2500000 UI; vit D3 min - 600000 UI; vit E min - 37500 UI; vit K3 min - 3750 mg; vit C min - 50000 mg; tiamina (B1) min - 4000 mg; riboflavina (B2) min - 4000 mg; piridoxina (B6) min - 4000 mg; vit B12 min - 4000 mcg; niacina min - 22500 mg; biotina min - 15 mg; ácido fólico min - 1250 mg; pantotenato de cálcio min - 12000 mg; cobre min - 2500 mg; cobalto min - 125 mg; ferro min - 15 g; iodo min - 375 mg; manganês min - 12,5 g; selênio min - 87,5 mg; zinco min - 12,5 g; ² Butil-Hidroxi-tolueno (antioxidante); ³ Valores calculados com base na composição dos ingredientes (FURUYA, 2010); ⁴ Calculado pela diferença entre a matéria seca total e os demais nutrientes (teores de proteína bruta, lipídio bruto, fibra bruta e cinzas).

Durante o período experimental, os peixes foram alimentados até a saciedade aparente, momento em que não é observada a captura imediata dos peletes ofertados por nenhum peixe do tanque, nos períodos de 08:00; 12:00; 16:00 horas. O manejo de limpeza e sifonagem foi realizado diariamente para a retirada de fezes e outros eventuais resíduos.

7.2.4 Processo de salinização da água

O período experimental foi de 50 dias, sendo os primeiros 10 dias para a aclimação às condições experimentais, sem salinização. Após este período a salinização ocorreu gradativamente, se adicionando 1 g L⁻¹ de sal marinho integral, previamente diluído em água por dia, durante 30 dias. A aferição da salinidade foi feita com o auxílio de refratômetro de salinidade. Depois de atingida a salinidade 30 g L⁻¹ (40º dia) os peixes permaneceram sobre as mesmas condições experimentais por mais 10 dias, para então avaliação dos parâmetros de desempenho.

7.2.5 Análise do desempenho produtivo e índices de rendimento corporal

Através dos valores de peso e comprimento de todos os peixes, feitos no início e no final do período experimental e do consumo de ração foram avaliados os parâmetros de ganho em peso (GP) e comprimento (GC), fator de condição (FCD), taxa de sobrevivência (SOB) conversão alimentar (CA), e taxa de crescimento específico (TCE) e Taxa de eficiência proteica (TEP) através das fórmulas:

$$GP(g) = \text{Peso final} - \text{peso inicial}$$

$$GC (mm) = \text{Comprimento final} - \text{comprimento inicial}$$

$$FCD = \text{Peso}/\text{Comprimento}^3$$

$$SOB = 100 * \text{Numero de peixes final} / \text{Numero de peixes inicial}$$

$$CA = \text{Consumo ração} / GP$$

$$TCE (\% \text{ dia}^{-1}) = 100 * (\text{LN peso final} - \text{LN peso inicial}) / \text{tempo}$$

$$TEP = GP / \text{consumo ração} * \text{teor proteico da ração}$$

7.2.6 Análise dos dados

Os resultados de cada parâmetro de desempenho produtivo referentes às dietas com e sem algas foram confrontados através do teste de Student (T). O limite de tolerância para os testes de significância foi de 95% ($p < 0,05$). As análises foram realizadas através do pacote estatístico Statistica V.7.0. StatSoft.

7.3 RESULTADOS

Os valores dos parâmetros de desempenho produtivo bem como os valores dos testes de média (T) e respectivas significâncias estão apresentados na Tabela 3. Não foi observado efeito significativo entre os tratamentos em nenhum dos parâmetros de desempenho produtivo avaliados.

Tabela 3. Parâmetros de desempenho produtivo de juvenis de tilápias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dietas com a inclusão de *Ulva fasciata* durante o processo de salinização da água.

Parâmetros	Nível de inclusão de algas (%)			
	0	10	<i>t</i>	<i>p</i>
Ganho em peso (g)	9,83(±0,44)	10,86(±0,56)	-2,499	0,07
Ganho em comprimento (mm)	14,91(±1,14)	15,68(±0,97)	-0,894	0,42
Fator de condição final	3,53(±0,07)	3,50(±0,07)	0,681	0,53
Sobrevivência (%)	100,00(±0,00)	97,70(±3,98)	1,000	0,37
Conversão alimentar	1,66(±0,08)	1,57(±0,09)	1,387	0,24
Taxa de crescimento específico (% dia ⁻¹)	1,14(±0,07)	1,24(±0,04)	-2,211	0,09
Taxa de eficiência proteica	1,75(±0,09)	1,86(±0,11)	-1,283	0,27

Foi observado, em cerca de 10% dos animais, o aparecimento de pequenas feridas circulares esbranquiçadas a partir do 32º dia de experimento, na salinidade de 22 g L⁻¹, que posteriormente se desenvolveram em necroses da pele e exposição muscular. Entretanto, não houve efeito da dieta sobre a quantidade de peixes feridos.

7.4 DISCUSSÃO

A elevada taxa de sobrevivência dos peixes pode estar relacionada ao processo de salinização gradual ($1 \text{ g L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) até a salinidade final de 30 g L^{-1} , o que permitiu ao animal se adaptar às alterações de salinidade, evitando um grande gradiente osmótico. Segundo AL-AMOUDI (1987), a transferência direta da tilápia (*O. niloticus*) de 0 para 27 g L^{-1} de salinidade provocou 100% de mortalidade, já os peixes submetidos à transferência gradativa de 0 para 36 g L^{-1} apresentou 100% de sobrevivência. Este autor ainda afirma, que um gradiente osmótico de $6 \text{ mOsm Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, causado pela transferência direta do peixe para a água salgada (36 g L^{-1}) é letal para a tilápia.

No presente estudo o crescimento da tilápia durante o período experimental pode ser considerado satisfatório, pois alguns estudos com peixes em fases de vida semelhante apresentam TCE superiores a $2 \% \text{ dia}^{-1}$ (AZAZA et al. 2008; MARINHO et al. 2013). A salinização da água é uma fase que demanda uma série de adaptações do peixe, que podem refletir em queda no consumo de ração e conseqüentemente no desempenho produtivo. LEMARIÉ et al. (2004) observaram, durante o processo de salinização da água, redução no consumo de ração a partir da salinidade de 20 g L^{-1} , com interrupção total a partir de 30 g L^{-1} . No presente estudo não foi observado interrupção do consumo de ração, mesmo no período posterior à transição da salinidade, onde os peixes permaneceram por 10 dias na salinidade de 30 g L^{-1} . O fator de condição dos peixes também não foi influenciado pelo período de salinização ou pela dieta recebida, demonstrando que o processo de salinização utilizado não prejudicou o estado nutricional dos peixes.

O desempenho produtivo dos peixes alimentados com dietas contendo inclusão do farelo de *Ulva fasciata* foi estatisticamente semelhante ao dos animais que receberam a dieta sem inclusão da macroalga. A substituição parcial das fontes proteicas tradicionais utilizadas na dieta referencia pelo farelo de *Ulva fasciata*, correspondendo a 7,06% da proteína total da dieta não prejudicou a TEP, demonstrando que o farelo de *Ulva fasciata* pode ser uma fonte proteica de qualidade para tilápia. Dietas contendo farelo de *Ulva*, no nível de inclusão testado ou menor, não prejudicaram o desempenho produtivo de tilápias (GÜROY et al. 2007; AZAZA et al. 2008; ERGÜN et al. 2009; EL-TAWIL 2010; MARINHO et al. 2013; SILVA et al. 2015).

O aparecimento de feridas nos peixes a partir de 22 g L^{-1} de sal pode estar relacionado ao processo de salinização. LEMARIÉ et al. (2004) relatam feridas semelhantes às observadas, em juvenis de *O. niloticus* a partir da concentração de 20 g L^{-1} de sal na água. O possível estresse causado pelo processo de salinização e redução da resistência a doenças também levou ao aparecimento de lesões de pele em *O. niloticus* submetidas à salinidade de 30 g L^{-1} (KAMAL e MAIR 2005). Não foi observado qualquer comportamento estranho ou redução no consumo da ração e crescimento pelos peixes que apresentavam as feridas, fato também observado por KAMAL e MAIR (2005). No entanto, foi observada uma intensa disputa dos animais pela ração, além de um grande territorialismo, que culminaram em brigas e pode ter contribuído para o aparecimento ou agravamento das feridas. Ajustes na densidade de estocagem e no manejo alimentar utilizados pode contribuir para redução das disputas entre os peixes.

7.5 CONCLUSÕES

Tilápia *Oreochromis niloticus* se adapta ao manejo de salinização gradual, com elevação de $1 \text{ g L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de sal na água, com desempenho produtivo satisfatório. A inclusão de farinha de *Ulva fasciata* no teor de 10% da dieta não altera os parâmetros de desempenho produtivo durante a salinização gradual da água.

AGRADECIMENTOS

Ao D'Alga Aquicultura Urbana pelas instalações cedidas para a condução do experimento

7.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD EL- BAKY, H.H.; EL- BAZ, F.K.; EL- BAROTY, G.S. Natural preservative ingredient from marine alga *Ulva lactuca* L. **International journal of food science & technology**, v.44, n.9, p.1688-1695, 2009
- AL-AMOUDI, M.M. Acclimation of commercially cultured *Oreochromis* species to sea water—an experimental study. **Aquaculture**, v.65, n.3-4, p.333-342. 1987
- AZAZA, M.S.; MENSI, F.; KSOURI, J.; DHRAIEF, M.N.; BRINI, B.; ABDELMOULEH, A.; KRAIEM, M.M. Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae ulva meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of southern Tunisia. **Journal of Applied Ichthyology**, v.24, n.2, p.202-207, 2008
- BIRNIE- GAUVIN, K.; COSTANTINI, D.; COOKE, S.J.; WILLMORE, W.G. A comparative and evolutionary approach to oxidative stress in fish: a review. **Fish and Fisheries**.v.8, n.5, p. 928–942, 2017
- ELLE, B.J.; CORRE J.R.V.; FELARCA, K.G.; PEDROSO, F. Potential of *Gracilariopsis bailinae* and *Oreochromis mossambicus* in improving water quality in intensive *Litopenaeus vannamei* tank culture. **AAFL Bioflux**, v.10, n.5, 2017.
- EL-TAWIL, N.E. Effects of green seaweeds (*Ulva* sp.) as feed supplements in red Tilapia (*Oreochromis* sp.) diet on growth performance, feed utilization and body composition. **Journal of the Arabian Aquaculture Society**, v.5 n.2, p.179-193. 2010
- ERGÜN, S.; SOYUTÜRK, M.; GÜROY, B.; GÜROY, D.; MERRIFIELD, D. Influence of *Ulva* meal on growth, feed utilization, and body composition of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at two levels of dietary lipid. **Aquaculture International**, v.17, n.4, p. 355-361, 2009
- FAO, **Global Aquaculture Production 1950-2015**. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>>. Acesso em 5 de agosto de 2017.
- FIESS, J.C.; KUNKEL-PATTERSON, A.; MATHIAS, L.; RILEY, L.G.; YANCEY, P.H.; HIRANO, T.; GRAU, E. G. Effects of environmental salinity and temperature on osmoregulatory ability, organic osmolytes, and plasma hormone profiles in the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v.146, n.2, p.252-264, 2007.
- FURUYA, W.M.F. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. GFM, Toledo-PR. 2010. 100 p.
- GÜROY, B.K.; CİRİK, Ş.; GÜROY, D.; SANVER, F.; TEKİNAY, A.A. Effects of *Ulva rigida* and *Cystoseira barbata* meals as a feed additive on growth performance, feed utilization, and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.31, n.2, p.91-97, 2007
- JATOBÁ, A.; VIEIRA, F.N.; BUGLIONE-NETO, C.C., MOURINO, J.L.P.; SILVA, B.C.; SEIFTER, W.Q.; ANDREATTA, E.R. Diet supplemented with probiotic for Nile tilapia in polyculture system with marine shrimp. **Fish physiology and biochemistry**, v.37, n.4, p.725-732, 2011
- JUNIOR, B.; PAULA, A.; AZEVEDO, C.M.D.S.B.; HENRY-SILVA, G.G. Polyculture of Nile tilapia and shrimp at different stocking densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41 n.7, p.1561-1569. 2012

- KAMAL, A.H.M.M.; MAIR, G.C. Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. **Aquaculture**, v. 247, n.1, p.189-201, 2005.
- LEMARIÉ, G.; BAROILLER, J.F.; CLOTA, F.; LAZARD, J.; DOSDAT, A. A simple test to estimate the salinity resistance of fish with specific application to *O. niloticus* and *S. melanotheron*. **Aquaculture**, v.240, n.1, p.575-587. 2004
- LIMA, E.C.R.; DE SOUZA, R.L.; WAMBACH, X.F.; SILVA, U.L.; DE SOUZA CORREIA, E. Cultivo da tilápia do Nilo "*Oreochromis niloticus*" em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.16, n.4, p.948-957. 2016
- LIU, Y.; WANG, W.N.; WANG, A.L.; WANG, J.M.; SUN, R.Y. Effects of dietary vitamin E supplementation on antioxidant enzyme activities in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) exposed to acute salinity changes. **Aquaculture**, v.265, n.1, p.351-358. 2007
- LUSHCHAK, V.I. Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. **Aquatic toxicology**, v.101, n.1, p.13-30. 2011
- MANZON, L.A. The role of prolactin in fish osmoregulation: a review. **General and comparative endocrinology**, v.125, n.2, p.291-310. 2002
- MARINHO, G.; NUNES, C.; SOUSA-PINTO, I.; PEREIRA, R., REMA, P.; VALENTE, L.M. The IMTA-cultivated Chlorophyta *Ulva* spp. as a sustainable ingredient in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. **Journal of applied phycology**, v. 25, n.5, p.1359-1367, 2013
- MARTINEZ-ALVAREZ, R.M.; HIDALGO, M.C.; DOMEZAIN, A.; MORALES, A.E.; GARCÍA-GALLEGO, M.; SANZ, A. Physiological changes of sturgeon *Acipenser naccarii* caused by increasing environmental salinity. **Journal of experimental biology**, v.205, n. 23, p.3699-3706, 2002
- MCCORMICK, S.D. Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. **American zoologist**, v.41, n.4, p.781-794. 2001
- MONSEES, H.; KEITEL, J.; PAUL, M.; KLOAS, W.; WUERTZ, S. Potential of aquacultural sludge treatment for aquaponics: evaluation of nutrient mobilization under aerobic and anaerobic conditions. **Aquaculture Environment Interactions**, v.9, p.9-18. 2017
- PAN, C.H.; CHIEN, Y.H.; WANG, Y.J. Antioxidant defence to ammonia stress of characins (*Hyphessobrycon eques* Steindachner) fed diets supplemented with carotenoids. **Aquaculture Nutrition**, v.17, n.3, p.258-266, 2011
- REGOLI, F.; GIULIANI, M.E. Oxidative pathways of chemical toxicity and oxidative stress biomarkers in marine organisms. **Marine environmental research**, v.93, p.106-117. 2014
- SEALE, A.P.; FIESS, J.C.; HIRANO, T.; COOKE, I.M.; GRAU, E.G. Disparate release of prolactin and growth hormone from the tilapia pituitary in response to osmotic stimulation. **General and comparative endocrinology**, v.145, n.3, p.222-231, 2006
- SILVA, D.M.; VALENTE, L.M.P.; SOUSA-PINTO, I.; PEREIRA, R.; PIRES, M.A.; SEIXAS, F.; REMA, P. Evaluation of IMTA-produced seaweeds (*Gracilaria*, *Porphyra*, and *Ulva*) as dietary ingredients in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., juveniles. Effects on growth performance and gut histology. **Journal of applied phycology**, v.27, n.4, p.1671-1680, 2015
- SURESH, A.V.; LIN, C.K. Tilapia culture in saline waters: a review. **Aquaculture**, v.106, n.3-4, p.201-226. 1992

VALENTE, L.M.; ARAÚJO, M.; BATISTA, S.; PEIXOTO, M.J.; SOUSA-PINTO, I.; BROTAS, V.; REMA, P. Carotenoid deposition, flesh quality and immunological response of Nile tilapia fed increasing levels of IMTA-cultivated *Ulva* spp. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n.1, p.1-11. 2015.

WATANABE, W.O.; LOSORDO, T.M.; FITZSIMMONS, K.; HANLEY, F. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. **Reviews in fisheries science**, v.10, n.3-4, p.465-498. 2002

YAMAGUCHI, Y.; BREVES, J.P.; HAWS, M.C.; LERNER, D.T.; GRAU, E.G.; SEALE, A. P. Acute salinity tolerance and the control of two prolactins and their receptors in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Mozambique tilapia (*O. mossambicus*): A comparative study. **General and Comparative Endocrinology**. 2017.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. Prentice Hall. Upper Sadle River, NJ.1996

ZENG, L.; AI, C.X.; WANG, Y.H.; ZHANG, J.S.; WU, C.W. Abrupt salinity stress induces oxidative stress via the Nrf2-Keap1 signaling pathway in large yellow croaker *Pseudosciaena crocea*. **Fish Physiology and Biochemistry**, 2017

8 CONCLUSÃO GERAL

As macroalgas marinhas apresentam grande capacidade de retirada de nutrientes provenientes de peixes marinhos, no entanto ainda devem ser avaliadas técnicas de cultivo que permitam maximizar a capacidade de retirada de nutrientes e o crescimento em sistemas de aquicultura multitrófica integrada em recirculação de água.

A composição química da *Ulva fasciata*, em função de seu elevado teor de proteína, minerais, fibras e pigmentos, aliada ao seu crescimento em cultivo indicam a possibilidade de uso como ingrediente para peixes. Em testes com a macroalga na dieta de carapeba, a inclusão não influenciou o desempenho produtivo dos juvenis, logo após a transição alimentar, até o nível máximo testado (10%). A inclusão da macroalga também não teve efeito sobre o tempo total de trânsito gastrointestinal. Para a tilápia o farelo de *U. fasciata* apresentou digestibilidade satisfatória e a inclusão de 10% na dieta não altera o tempo de trânsito gastrointestinal do alimento e nem o desempenho produtivo durante o processo de salinização da água. Estes resultados apontam que a macroalga pode ser utilizada como ingrediente alternativo até o nível de 10% sem prejuízo aos peixes, no entanto outros teores de inclusão precisam ser avaliados.

9 ANEXO

FORMAÇÃO DE PLANTEL, REPRODUÇÃO E LARVICULTURA DE CARAPEBA *Eugerres brasilianus*

Resumo: Apesar do grande potencial, o Brasil ainda não produz peixes marinhos comercialmente. Dentre as opções de espécies nativas, a carapeba é uma espécie onívora com grande capacidade de produção e pode ser explorada como espécie acessória em sistemas integrados. Foram capturados reprodutores do ambiente natural, junto a pescadores em cercadas, na baía de Sepetiba, RJ. Os peixes foram aclimatados ao sistema de cultivo e induzidos à reprodução. A larvicultura foi realizada em sistema de água verde, utilizando-se rotíferos e *Artemia* como alimento vivo. Ao final da larvicultura, foram obtidos um total de 2500 juvenis de carapeba com peso vivo de $0,05 \pm 0,02$ g comprimento de $16,45 \pm 2,24$ mm. A larvicultura da carapeba pode ser realizada com sucesso, com uma estrutura relativamente simples, passível de acesso por pequenos produtores. No entanto, maiores estudos devem ser direcionados na nutrição de reprodutores bem como a correta estruturação da produção de alimento vivo, onde a maior disponibilidade de alimento vivo pode contribuir para melhores resultados na larvicultura.

Palavras chave: Maricultura, Piscicultura, Peixe Onívoro

9.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grande potencial para o desenvolvimento da piscicultura marinha, apresentando clima e características geográficas benéficas, além de uma fauna nativa com diversas espécies com potencial produtivo. No entanto, não existe atualmente nenhum dado oficial de produção oriunda da piscicultura marinha, mesmo com o histórico promissor, iniciado em Pernambuco na época de Maurício de Nassau, no início do século XVII (CAVALLI et al. 2011). Relatos da década de 1930 apontam para a realização da piscicultura marinha em viveiros escavados com a utilização do policultivo entre robalos, tainhas, carapeba e outros (CAVALLI et al. 2011). No entanto, estes cultivos aparentemente foram deixados de lado e as principais iniciativas atualmente têm investido esforços no cultivo de bijupirá, em tanques redes ou sistemas de recirculação. Esta espécie indubitavelmente apresenta potencial extraordinário para alavancar a piscicultura marinha nacional e já conta com um volume de informações disponíveis que permitem seu cultivo, sendo hoje uma das principais espécies da piscicultura marinha asiática.

O bijupirá é uma espécie carnívora, que por consequência tem sua dieta comercial baseada na utilização de farinha e óleo de peixe. Atualmente, com todos os problemas relacionados à pesca, produção, comercialização da farinha e óleo de peixe, além do impacto ambiental de sua utilização, o cultivo de peixes carnívoros não é considerado uma atividade sustentável (HARDY, 2010). Diversas pesquisas foram desenvolvidas com fontes proteicas alternativas à farinha e óleo de peixe para o bijupirá, onde se conseguiu até mesmo eliminar totalmente estes ingredientes da dieta (SALZE et al. 2010). Contudo, estas medidas ainda são utilizadas em escala experimental e do ponto de vista prático, as rações comerciais de bijupirá, nos locais onde ele é cultivado comercialmente, ainda são baseadas em proteína animal e o impacto ambiental desta atividade é preocupante. Neste sentido, o desenvolvimento de novas tecnologias de produção, aplicação de técnicas que minimizem o impacto ambiental desta atividade além de desenvolvimento de tecnologias de cultivo de outras espécies, para que sejam cultivadas em conjunto ou como alternativa ao bijupirá devem ser trabalhadas.

No decorrer de um ciclo de produção começam a se acumular no sistema, resíduos de ração, perifíton, pequenos crustáceos e outros resíduos que podem ser aproveitados por peixes acessórios. Estes peixes se alimentam destes recursos, contribuindo para a redução da eutrofização do sistema com o alimento não aproveitado, reduzindo manejo de limpeza de paredes ou telas, etc. Além disso, o peixe acessório pode ser um coproduto do sistema de produção, melhorando a viabilidade econômica da atividade. Neste contexto, carapeba pode ser uma boa opção de espécie acessória em um sistema de produção. Esta espécie tem como hábito alimentar na natureza desde cianofíceas e diatomáceas, a restos de vegetais superiores, crustáceos, anelídeos e restos de outros animais digeridos (VASCONCELOS FILHO, et al. 2009).

Carapeba possui ainda a carne apreciada, sendo amplamente conhecida pelas populações litorâneas, todavia, sem grande valor de mercado. Tem tecnologia de reprodução e larvicultura relativamente conhecidas, com alguns protocolos de reprodução e larvicultura publicados (LAJONCHÈRE et al. 1996; PASSINI et al. 2013) e o seu porte permite que toda a estrutura utilizada para a reprodução seja menor, entretanto, não existem larviculturas comerciais desta espécie, sendo necessárias a reprodução e a larvicultura para a condução de estudos com a espécie.

9.2 METODOLOGIA

Este experimento integra o projeto de pesquisa intitulado “Desempenho Zootécnico e Parâmetros Fisiológicos de Tilápia-do-Nilo e Carapeba Alimentadas com Dietas Nutracêuticas no Estado do Rio de Janeiro” certificado pela Comissão de Ética para Uso de Animais (CEUA-FIPERJ), protocolo 001/2017.

9.2.1 Captura dos Reprodutores

Os reprodutores de carapeba foram capturados em cercadas, armadilhas tradicionais de pesca (Figura1) localizada ao fundo da Baía de Sepetiba (Rio de Janeiro, RJ). Tradicionalmente, as cercadas eram confeccionadas com madeira de árvores de mangue, mas com a proibição do corte destas árvores (Lei Federal nº 12.651/2012 – Código Florestal Brasileiro) atualmente são feitas de bambu, eucalipto e canos de PVC. Os locais de construção de cercadas são patrimônio dos pescadores, sendo herdadas ao longo de gerações na localidade. As estruturas são estrategicamente posicionadas de forma que os peixes, com o movimento da maré, entrem nas armadilhas, mas sua estrutura não permite que eles escapem. Os pescadores, em equipes passam periodicamente redes na cercadas para coletar os animais.

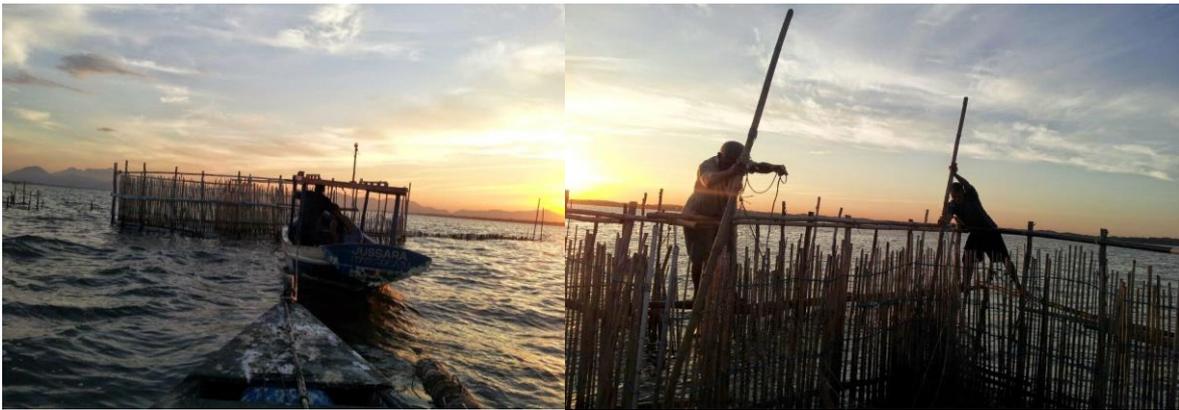


Figura 1. Pescadores coletando os peixes em cercadas, armadilhas tradicionais de pesca na baía de Sepetiba, RJ.

As carapebas, apesar de comuns no litoral fluminense provavelmente são peixes que ocorrem esporadicamente nas cercadas, não sendo capturadas em grande número e quando coletadas são somente exemplares adultos. Este fato é provavelmente, segundo relato dos pescadores, devido ao formato alongado do corpo, além do seu comportamento arisco, não entrando facilmente na armadilha. No entanto, exemplares de grande tamanho para a espécie podem ser capturados nas estruturas. Para a realização deste estudo, foram coletados sete exemplares de carapebas, cinco fêmeas e dois machos. A separação de fêmeas e machos adultos (acima de 18 cm) pode ser realizada através da observação dos poros urogenitais, as fêmeas apresentam três orifícios e os machos apenas dois (SOARES et al. 2016)

Os exemplares foram transportados em dois tambores plásticos de 80L, com água do mar do local e aeração constante. O período de transporte foi de cerca de 45 minutos de barco, do local da cercada até a praia de pedra de guaratiba e depois mais 15 minutos de carro, até Estação de Aquicultura Experimental Almirante Paulo Moreira da FIPERJ, em Guaratiba.

Previamente à soltura nos tanques de aclimatação, foi renovada gradativamente a água dos tambores com água do sistema de cultivo, para evitar um elevado gradiente de temperatura e salinidade (Figura 2).



Figura 2. Transporte dos peixes coletados com auxílio de barco de pescadores locais (A) e cuidados com a qualidade da água no momento de soltura e aclimatação ao cativeiro (B).

9.2.2 Aclimatação ao Cativeiro

Após a biometria inicial os peixes foram inicialmente acondicionados em um sistema de recirculação de água composto por 2 tanques circulares de 1000L com esgotamento central, filtro físico com malha de 0,25mm e filtro biológico, com brita como substrato para o desenvolvimento de bactérias nitrificantes (figura 3). A circulação da água era feita por uma bomba (Syllent, MB71E0005AS; 3/4CV). A água do sistema de cultivo era proveniente de um canal de maré no entorno da Reserva Biológica de Guaratiba e a salinidade era mantida, com a adição de água doce, em 32 PSU.



Figura 3. Sistema de cultivo na FIPERJ, onde foi feita a aclimatação dos reprodutores de carapeba (*Eugerres brasiliensis*) capturados em cercadas na baía de Sepetiba, RJ.

Durante o período de aclimatação, os reprodutores eram alimentados quatro vezes ao dia, até a saciedade aparente e a dieta foi substituída gradativamente do alimento úmido, contuído por uma mistura de sardinha (50%), lula (25%) e mexilhão (25%), para uma dieta semiúmida, com 50% de ração (40% PB, 10% LB) e alimento úmido.

Durante o período inicial ocorreram constantes brigas e territorialismo entre os peixes, que culminaram na morte de um macho e uma fêmea, além de ferimentos permanentes em

alguns nos peixes. A colocação de refúgios nos tanques (caixas plásticas e seções de cano PVC 200mm) minimizou as disputas.

Os peixes passaram por um período de aclimação à dieta de 30 dias, sendo então transferidos para o sistema de cultivo definitivo. Este cultivo foi montado em sistema de aquicultura multitrófica integrada - AMTI, onde ocorria simultaneamente, em recirculação de água, o cultivo de peixes, ostras e macroalgas. O AMTI era composto por 2 tanques circulares de PVC de 10m³ (5 m de diâmetro), onde eram cultivados os peixes e 2 lanternas com 40 ostras do mangue (*Crassostrea rhizophorae*). A água, por gravidade era drenada para um reservatório 1m³, onde era então bombeada para um filtro de areia e retornava para o tanque de peixes pela lateral, promovendo um movimento circular da água para carrear uma maior quantidade de sedimentos para o tanque submerso. Uma parte da água (20%), era distribuída nas caixas de cultivo de macroalgas (0,08m³), povoadas com *Ulva fasciata* na densidade de 1g L⁻¹, e retornavam para o tanque de cultivo de peixes. Os peixes eram alimentados 2 vezes ao dia, até a saciedade aparente com a dieta semiúmida.

Os reprodutores foram avaliados mensalmente quanto ao fator de condição e ao estágio reprodutivo. Para estas avaliações a água do tanque era drenada até a altura de 0,10 m, os peixes coletados com auxílio de puçá e anestesiados com óleo de cravo. Para a anestesia 20 ml de óleo de cravo foi previamente diluído em 1000 ml de etanol. 40 ml desta solução era então colocada em um tanque circular branco 0,05m³, onde os peixes eram submergidos até atingirem o estágio de anestesia profunda, quando não é observada respostas a estímulos mecânicos. Ao atingir este estágio os peixes eram imediatamente retirados e realizada a biometria (Figura 4), ou seja, aferidos o peso e o comprimento, bem como o fator de condição e o estágio gonadal. O Fator de condição (Fc) foi calculado através da fórmula: $Fc = \text{peso} / \text{comprimento}^3$.

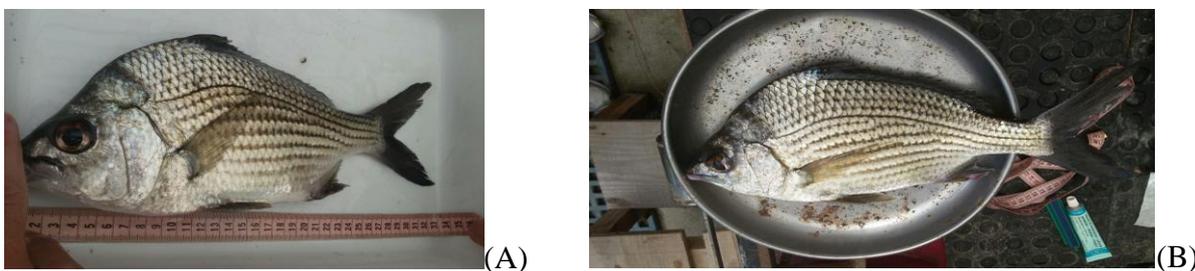


Figura 4. Realização da biometria dos reprodutores de carapeba (*Eugerres brasiliensis*) com a mensuração do comprimento (A) e do peso (B).

A identificação dos indivíduos foi feita através de características corporais, como deformidades e cicatrizes. Para a avaliação do estágio gonadal foram avaliados aspectos visuais e feita a biópsia de gônadas. As fêmeas foram consideradas aptas à indução hormonal quando, após biópsia intra-ovariana com cânula de polietileno com 0,6 mm de diâmetro interno, apresentaram somente ovócitos vitelogênicos (LAJONCHÈRE et al., 1996). Os machos foram considerados aptos à reprodução quando liberam sêmen após leve massagem abdominal.

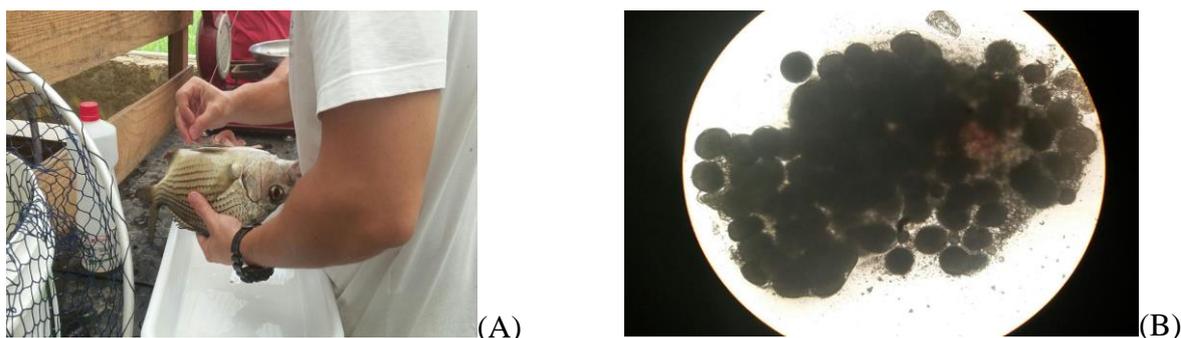


Figura 5. (A) Coleta de material e avaliação do estágio gonadal de carapeba (*Eugerres brasiliensis*) e (B) visualização das gônadas das fêmeas com ovócitos completamente vitelogênicos.

Após a biometria e coleta de material os peixes eram colocados em um tanque (0,05m³) com água limpa do sistema de cultivo e aeração, para se recuperar da anestesia. Quando os peixes estavam completamente restabelecidos eram novamente soltos no tanque de cultivo. Os dados das biometrias são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Biometrias e avaliações do estágio gonadal das carapebas cultivadas em sistema de aquicultura multitrófica

Peixe	27/07/15	24/09/15	27/10/15	11/12/15	07/01/16	17/02/16	19/03/16
1-♂	Peso (g)	410	415	445	455	480	510
	Comprimento(cm)	31	31	32	32	32	32
	Fator condição	0,0138	0,0139	0,0136	0,0139	0,0146	0,0156
	ER ¹	-	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP
2-♀	Peso (g)	580	655	670	675	730	800
	Comprimento(cm)	35	36,5	34,5	35	35	37
	Fator condição	0,0135	0,0135	0,0163	0,0157	0,017	0,0158
	ER ¹	0%	0%	20%	30%	30%	100%
3-♀	Peso (g)	305	330	375	420	420	450
	Comprimento(cm)	29	29,5	30	30,5	30,5	30,5
	Fator condição	0,0125	0,0129	0,0139	0,0148	0,0148	0,0159
	ER ¹	0%	0%	0%	20%	20%	100%
4-♀	Peso (g)	415	430	490	515	515	560
	Comprimento(cm)	32	33,5	31,5	33	33	33
	Fator condição	0,0127	0,0114	0,0157	0,0143	0,0143	0,0156
	ER ¹	0%	0%	0%	0%	0%	100%
5-♀	Peso (g)	380	410	430	470	490	540
	Comprimento(cm)	29	29	29,5	29,5	29,5	30,5
	Fator condição	0,0156	0,0168	0,0167	0,0183	0,0191	0,019
	ER ¹	0%	10%	10%	20%	20%	30%

¹ Avaliação do estágio reprodutivo: ER - Porcentagem de ovos considerados vitelogênicos em avaliação visual. ESP - macho espermeando após leve pressão abdominal.

9.2.3 Reprodução, larvicultura e transição alimentar

Para a reprodução foi utilizada a técnica de estimulação hormonal, seguindo metodologia descrita por PASSINI et al. (2013). Foi utilizado o hormônio LHRHa na dose de 35 mg kg⁻¹ de peso corporal, diluído em soro fisiológico e aplicado no músculo da região lombar em dose única (figura 6). Os peixes induzidos foram transferidos para tanques de 1000L ligados ao mesmo sistema de recirculação, na proporção de duas fêmeas e um macho.

Após 24h da indução hormonal, a cada hora a presença de ovos era verificada na superfície do tanque e no coletor posicionado sob o ladrão do tanque. Uma das fêmeas desovou após 45 horas e as outras 48 horas após a estimulação hormonal. Durante a reprodução a água do tanque de desova foi monitorada e apresentou temperatura de 25°C, pH 7.6, oxigênio dissolvido de 4 mg L⁻¹, e salinidade de 32 mg L⁻¹.



Figura 6. Momento da aplicação do hormônio em reprodutor de carapeba (*Eugerres brasilianus*).

Ao contrário do relatado em outros estudos, onde os ovos flutuam na água (LAJONCHÈRE et al., 1996; PASSINI et al. 2013), alguns ovos permaneceram na coluna d'água. Esta alteração pode estar relacionada à proporção da gota de lipídio destes ovos e consequentemente à alimentação dos reprodutores. Avaliações futuras sobre a dieta de reprodutores devem ser realizadas. Após a coleta dos ovos, foi estimado um total de 1.300.000 ovos fertilizados, provenientes da desova de duas fêmeas com peso de 800 e 560 gramas e um macho com peso de 510 gramas.

A larvicultura e transição alimentar dos peixes foi realizado em duas caixas de 0,5m³, em sistema estático de água verde, mantendo a água enriquecida com *Nannochloropsis oculata* (5×10^5 células mL⁻¹). A água era renovada diariamente (25%). O fotoperíodo foi de 16 horas nos 15 primeiros dias e 24 horas no restante da larvicultura. A alimentação das larvas foi realizada seguindo o protocolo de alimentação proposto por LAJONCHÈRE et al. (1996), com adaptações, conforme apresentado na figura 7.

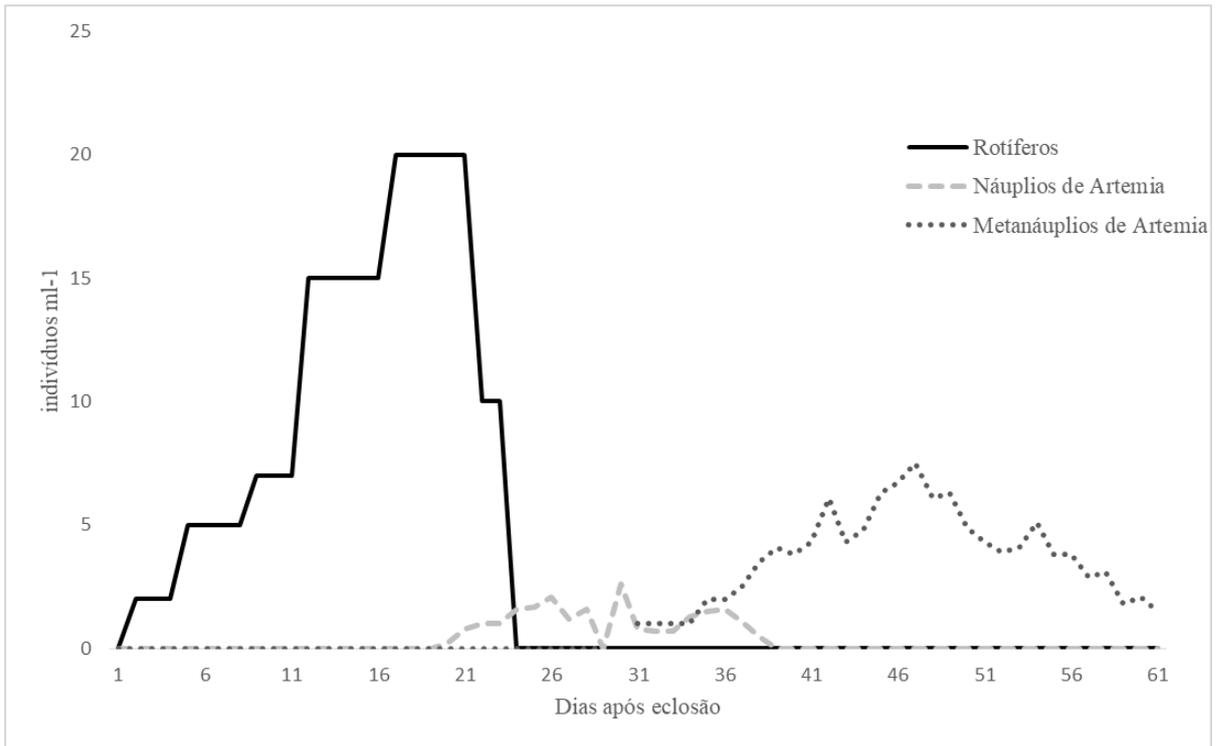


Figura 7. Alimento vivo fornecido às larvas de carapeba durante o período de larvicultura em água verde, demonstrando a transição entre o tipo de alimento fornecido.

O fornecimento do alimento vivo era feito diariamente às 08:00, 14:00 e 20:00 e o residual do dia anterior era avaliado. No entanto, em nenhum dia foi observado residual, indicando total consumo pelas larvas e possível carência de alimento vivo.

Os rotíferos (*Brachionus plicatilis*) produzidos pelo Laboratório de cultivo de algas e zooplâncton (LCAZ), FIPERJ (Figura 8), eram concentrados em um balde com 5 litros de água (32 mg L^{-1}) e previamente enriquecidos por 12 horas com 10 g de enriquecedor não comercial, composto de uma mistura de óleo de sardinha (50%), levedura desidratada (30%) e *Spirulina* sp. em pó (20%). Após o enriquecimento os rotíferos eram filtrados (malha $45 \mu\text{m}$) e fornecidos às larvas de carapeba.



Figura 8. Estrutura de produção de rotíferos (do LCAZ/ FIPERJ), fornecidos para alimentação das larvas de carapeba (*Eugerres brasiliensis*).

As artêmias eram eclodidas em provetas de 1000 ml com água salgada (32 mg L^{-1}), com aeração constante e fotoperíodo de 24 horas (Figura 9). Os náuplios eclodidos eram fornecidos diretamente às larvas e os meta-náuplios eram enriquecidos por 24 horas com enriquecedor comercial (SELCO, INVE), na quantidade de $0,5\text{g/ L}$ filtrados ($100 \mu\text{m}$), e posteriormente, fornecidos aos animais.



Figura 9. Eclusão de náuplios de artemia em provetas de 1L e enriquecimento de meta náuplios em becher plástico de 1L, à esquerda.



Figura 10. larva de carapeba no 1º dia após a eclusão

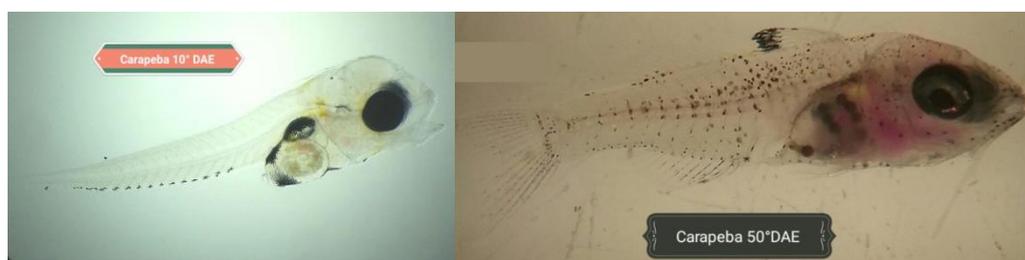


Figura 11. Estágios de desenvolvimento das larvas de carapeba no 10º e no 50º DAE.

Diariamente, foi conduzido o acompanhamento do estágio de desenvolvimento das larvas (Figuras 10 e 11), observou-se a insuflação da bexiga natatória a partir do 10º DAE (dia após ecolosão) e a flexão da notocorda a partir do 16º DAE.

A transição alimentar foi realizada com a oferta conjunta do alimento vivo (rotíferos e *Artemia salina*) e ração (INVE, O-range grow; 55% PB) entre o 31º e o 61º DAE, 6 vezes ao dia até a saciedade aparente. Nos 20 dias iniciais de arraçoamento (30-50º DAE) era ofertada ração com granulometria inferior a 0,5 mm, e gradativamente, nos últimos 10 dias a ração foi alterada para a granulometria de 0,5-1,0 mm. Após o período de transição alimentar permaneceram estocados em tanques de 0,5 m³, recebendo como alimento a ração comercial (INVE, O-range grow; 55% PB), com granulometria entre 0,5-1,0 mm.

Ao final da larvicultura, foram obtidos um total de 2500 juvenis de carapeba com peso vivo de $0,05 \pm 0,02$ g comprimento de $16,45 \pm 2,24$ mm (Figura. 12).



Figura 12. Lote de juvenis de carapeba após a transição alimentar, no 61º DAE.

9.3 CONCLUSÕES

A larvicultura da carapeba pode ser realizada com sucesso, com uma estrutura relativamente simples, passível de acesso por pequenos produtores, sendo uma alternativa de investimento na piscicultura marinha nacional. No entanto, maiores estudos devem ser conduzidos a fim de se avaliar parâmetros de manejo alimentar e nutrição em todas as fases de vida da carapeba, desde a larvicultura a manutenção de reprodutores.

9.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAVALLI, R.O.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, 2011
- HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v.41, n.5, p.770-776, 2010
- LAJONCHÈRE, A.; PÉREZ SÁNCHEZ, L.; HERNÁNDEZ MOLEJÓN, O.G.; TORRES GÓMEZ, E. Mass production of striped patao *Eugerres brasilianus* juveniles in Cuba. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.27, n.3, p.347-352. 1996
- PASSINI, G.; CARVALHO, C.V.A; COSTA, W.M. Indução hormonal da desova da carapeva *Eugerres brasilianus* em cativeiro. **Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo**, v.39, n.4 p.433 – 438, 2013
- SALZE, G.; MCLEAN, E.; BATTLE, P.R.; SCHWARZ, M.H.; CRAIG, S.R. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v.298, n.3, p.294-299, 2010
- SOARES, E.C.; GUIMARÃES-PAIVA, A.; LIMA-SANTOS, E.; MOREIRA-PEREIRA, S.; SANTANA-SANTOS, E.; ALMEIDA, E.O.; SILVA, T.J. Potential of carapeba (*Eugerres brasilianus*) for aquaculture production. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v.44, n.4, p.718-725, 2016.
- VASCONCELOS-FILHO, A.L.; NEUMANN-LEITÃO, S.; ESKENAQZI-LESSA, E.; OLIVEIRA, A.M.S. Hábitos alimentares de consumidores primários da ictiofauna do Sistema Estuarino de Itamaracá (Pernambuco-Brasil). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.4, n.1, p. 21-31. 2009