

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – CAMPUS DE BOTUCATU
PÓS - GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - ZOOLOGIA

TESE DE DOUTORADO

**Efeitos dos estímulos visuais e químicos no crescimento
de juvenis de pampo *Trachinotus carolinus***

Caio Akira Miyai

Apoio:



Botucatu - SP

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – CAMPUS DE BOTUCATU
PÓS - GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - ZOOLOGIA

TESE DE DOUTORADO

**Efeitos dos estímulos visuais e químicos no crescimento
de juvenis de pampo *Trachinotus carolinus***

Caio Akira Miyai

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Egydio Barreto

Co-orientadora: Profa. Dra. Tânia Márcia Costa

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP *Campus* Botucatu, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Ciências, curso de pós graduação em Ciências Biológicas - Zoologia

Botucatu – SP
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Miyai, Caio Akira.

Efeitos dos estímulos visuais e químicos no crescimento de juvenis de pampo *Trachinotus carolinus* / Caio Akira Miyai.
- Botucatu, 2017

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu
Orientador: Rodrigo Egydio Barreto
Coorientador: Tânia Márcia Costa
Capes: 50603043

1. Peixe - Criação. 2. Peixe - Alimentação. 3. Peixe - Crescimento. 4. Comportamento Alimentar. 5. Ingestão de Alimentos.

Palavras-chave: Atrativo alimentar; Comportamento alimentar; Estimulante alimentar; Ingestão; Taxa de crescimento específico.



Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal

*“All we have to decide is what to do with the
time that is given to us”*

Gandalf

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais e irmã, Paulo, Mary, Livia e toda minha família, pelos valores, apoio, confiança e por sempre acreditarem em mim. Á Malu, por suas caras e bocas, sempre demonstrando a maior sinceridade pelo seu tio preferido. À Karina, que com a maior maestria, soube me mostrar o quanto um leão pode ser parecido com um baiacú.

Ao professor Rodrigo e professora Tânia, pela orientação, ensinamentos e toda a minha formação acadêmica, sempre sabendo como ajudar e a solucionar os problemas mais difíceis, de burocráticos a existenciais.

Gostaria de agradecer ao professor Wagner, pela oportunidade do doutorado sanduíche no exterior. Ao professor Michael, que me recebeu muito bem em Hampton e não mediu esforços para que eu pudesse realizar meu projeto. Ao Steve, pelos valiosos ensinamentos sobre aqüicultura, Maria, pelo delicioso bacalhau com natas. Alex, por me apresentar o 'autêntico' Philly cheesesteak. Didi, pela companhia nas canecas filosóficas de café. Larry, pela parceria nas pescarias. Danielle, pelo incentivo pra eu tentar ser fitness. D'Leslie, pelo peach cobbler. E George, por ser o cara!

Agradeço também os meus amigos, colegas acadêmicos e/ou integrantes do Labecom: Adusprimo, Balrog, Barney, Boça, Bolacha, Calaboca, Churros, Coop, CpV, Cyro, K-pado, Mônica, Mormasso, Mudinho, Pegada, Pink, Piriquito, Priscila, Rhadija, Róbinson, Sabugo, Seu Jorge, Shantimongaalcoólica, Tofu, Xorume e Zaca, que de alguma forma contribuíram muito nessa caminhada, seja pela amizade, conversas, ajuda nos incontáveis arrastos, infinitos experimentos ou bagunça que eu larguei pelo lab.

À galera de Botucatu, Jorge, Kiboa, Grazi, Mônica e Mutley pelos ótimos momentos de descontração, conversas e a certeza de bons churrascos na casa da Grazi!

E por fim, ao CNPQ, pela bolsa concedida (2013/2014 - Processo: 141450/2013-4), à CAPES, pela bolsa do PDSE (2015 - Processo: BEX 3007/15-4) e à FAPESP pela bolsa concedida (2016 - Processo: 2013/21692-8)

Sumário

Apresentação.....	5
Capítulo 1.....	10
Efeitos das pistas visuais e químicas na motivação alimentar e ingestão do pampo <i>Trachinotus carolinus</i>	10
Resumo.....	11
1. Introdução	11
2. Materiais e métodos	14
2.1 Animais e condições de estoque.....	14
2.2 Delineamento Experimental	15
2.3 Procedimentos.....	155
2.4 Variáveis analisadas	177
2.5 Análise dos dados.....	18
3. Resultados	19
4. Discussão.....	22
Agradecimentos	26
Capítulo 2.....	107
Efeitos dos estimulantes visuais e químicos no crescimento do pampo <i>Trachinotus carolinus</i>	27
Resumo.....	28
1. Introdução	29
2. Materias e métodos.....	31
2.1 Animais e condições de estoque.....	31
2.2 Delineamento Experimental	32
2.3 Procedimentos.....	33
2.3.1 Estímulos	34
2.4 Variáveis analisadas	34
2.5 Análise dos dados.....	34
3. Resultados	35
4. Discussão.....	39
Agradecimentos	42
Considerações finais.....	43
Referências.....	44

Apresentação

O crescimento de peixes teleósteos é definido como alterações no tamanho do corpo, envolvendo dimensões físicas no comprimento, volume e/ou massa. Além disso, envolve também mudanças nos constituintes químicos (proteínas, lipídeos) e conteúdo calórico (energia) presentes em vários tecidos ao longo do tempo (Weatherley and Gill, 1987). O crescimento ocorre seguindo características específicas de cada espécie e é o resultado de um conjunto complexo de processos comportamentais, morfológicos e fisiológicos. Esses processos estão relacionados basicamente ao balanço entre aquisição de energia e sua subsequente alocação, ou seja, como é a demanda dessa energia de acordo com a necessidade do organismo.

A alimentação e a ingestão de alimentos envolvem adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais relacionadas com a cognição, busca, detecção e captura do alimento. Alterações em qualquer um dos fatores que afetam a aquisição de energia ou a forma de como a energia adquirida é alocada podem o crescimento (Enberg et al., 2012). Dentre esses fatores que podem afetar o crescimento dos peixes podemos citar alguns como a temperatura (Imsland et al., 1996; Pörtner et al., 2001), oxigênio dissolvido (Thetmeyer et al., 1999; Thorarensen et al., 2010), amônia dissolvida (Lemarié et al., 2004), salinidade (Boeuf and Payan, 2001; Resley et al., 2006), intensidade luminosa e foto período (Boeuf and Le Bail, 1999; Strand et al., 2007), densidade de estocagem (Irwin et al., 1999; Jørgensen et al., 1993) cor do alimento e do fundo (El-Sayed et al., 2013; Papoutsoglou et al., 2000; Strand et al., 2007) e alimentação (Li et al., 2004; Lovell, 1991; Peterson and Small, 2006).

Em pisciculturas, o crescimento e a eficiência alimentar são dois fatores que determinam o sucesso do empreendimento e estão relacionados diretamente com a alimentação. Nesse caso, o crescimento pode ser influenciado pela frequência alimentar (Peterson and Small, 2006), qualidade nutricional (Lovell, 1991; Riche, 2009) e ingestão (Checkley, 1984; Fiksen and Folkvord, 1999; Li et al., 2004). Em outras palavras, a rentabilidade de uma piscicultura está diretamente relacionada com a maior ingestão de ração (Heinsbroek et al., 2007; Kamstra and Heinsbroek, 1991; Seymour, 1989), resultando em maiores taxas de crescimento e melhor aproveitamento pelos peixes (Forbes, 2000).

Entretanto, a criação de algumas espécies de peixes tem como obstáculo a motivação para comer ração. De acordo com a FAO, (2012), maior parte das espécies marinhas cultivadas atualmente são carnívoras e um dos maiores problemas na utilização da ração como forma de alimentação artificial nessas espécies de peixe é a falta de estímulo para se alimentarem (Planas and Cunha, 1999), tanto de forma visual

(ausência de movimento e cor) quanto químico (odor e sabor). A falta desses dois estímulos pode fazer com que o alimento seco possa não ser atrativo o suficiente para o peixe se alimentar devidamente. Portanto, é necessário investigar estratégias que estimulem a alimentação desses peixes, com o aumento da motivação alimentar, visando a maior ingestão de ração e consequentemente maior crescimento.

Uma forma de tentar superar esses obstáculos é o uso de estimulantes alimentares, que aumentam o interesse do peixe pela ração, aumentando a ingestão e consequentemente o crescimento (Papatryphon and Soares Jr., 2000). Esses compostos podem estimular o apetite, atrair o peixe, auxiliar na captura do alimento, incentivar a degustação ou aumentar a ingestão (Tandler et al., 1982). Os estimulantes alimentares podem agir de forma visual (movimento, formato, cor; El-Sayed and El-Ghobashy, 2011; El-Sayed et al., 2013), química (odor, sabor; Barata et al., 2009; Carr et al., 1996; Tandler et al., 1982) ou visuais/químicas, a combinação de ambas (Kolkovski et al., 1997a, 1997b; Tesser and Portella, 2006; Valente et al., 2001).

Estimulantes visuais permitem o aumento da capacidade do peixe em se alimentar com sucesso através de pistas visuais. A maior parte das espécies de peixes marinhos cultivados no mundo é carnívora (FAO, 2012) e depende da visão como uma das fontes principais de informação sensorial (Guthrie and Muntz, 1993; Tomida et al., 2012). A habilidade desses peixes em detectar e ingerir o alimento pode ser afetada por fatores como a intensidade luminosa (Helfman, 1993; Utne-Palm, 2002), cor do fundo (Papoutsoglou et al., 2000) e características do alimento como densidade, tamanho, forma, ou cor (El-Sayed and El-Ghobashy, 2011; El-Sayed et al., 2013). Dessa maneira, o sucesso da alimentação de predadores visuais depende principalmente do contraste entre o alimento e o fundo (Utne-Palm, 2002) e do movimento da presa (Planas and Cunha, 1999), permitindo uma melhor visualização e consequentemente um aumento na atração e na ingestão (Kolkovski et al., 1997a).

Já os estimulantes químicos (metabólitos de baixo peso molecular como aminoácidos, nucleosídeos, nucleotídeos ou ácidos orgânicos) têm a finalidade de tornar a ração mais palatável e atrativa, permitindo uma maior aceitação pelo peixe, aumentando a ingestão (Carr et al., 1996; Carr and Derby, 1986; Hirt-Chabbert et al., 2012). Os peixes possuem o sistema quimiorreceptor bem desenvolvido com grande sensibilidade olfativa e gustatória, no qual sua principal função consiste em mediar vários comportamentos fundamentais, como a procura, detecção, captura e a ingestão do alimento (Sorensen and Caprio, 1998). Em diferentes espécies de peixes, o comportamento alimentar é desencadeado por diferentes substâncias químicas secretadas pela presa, que agem através do olfato e/ou paladar na busca, reconhecimento e ingestão do alimento (Carr and Derby, 1986; Hara, 1994). Døving

and Knutsen, (1993) sugeriram que a atração química nos peixes, provocada pelos metabólitos secretados pela presa, influenciava no sucesso da busca e procura pelo alimento e essas são mais eficientes quando são derivados das presas naturais de cada espécie de peixe (Carr et al., 1996). Muitos estudos focaram na identificação desses estimulantes alimentares (Barroso et al., 2013; Carr et al., 1996; Kubitza et al., 1997; Papatryphon and Soares Jr, 2002, 2000), entretanto, a maior parte deles utilizaram compostos químicos comercialmente disponíveis, sem considerar a alimentação natural de cada espécie.

Estudos sobre a utilização conjunta de estimulantes visuais e químicos com o intuito de promover maior ingestão, taxa de crescimento e eficiência alimentar nos peixes, podem ser utilizados para a melhoria de práticas em aquicultura. Cerca de 60% dos custos operacionais de uma piscicultura está relacionado com gastos em ração (Anderson et al., 1997), ou seja, o melhor crescimento e aproveitamento da ração pelo peixe podem aumentar a rentabilidade do empreendimento. Além disso, a rápida ingestão aumenta a eficiência alimentar pela diminuição de sobras (Lee and Meyers, 1996) e o menor tempo que os pellets permanecem na água evita a deterioração de sua qualidade.

Como modelo experimental, escolhemos o pampo, *Trachinotus carolinus* (Acanthopteriigii; Perciformes; Carangidae;). O pampo possui um corpo comprimido e focinho curto, cauda profundamente bifurcada e perfis superiores e inferiores semelhantes. A coloração do corpo varia da prata a azul-esverdeada nas áreas dorsais e prata ao amarelo na região ventral e nas nadadeiras (Berry and Smith-Vaniz, 1978). O pampo é um peixe pelágico que habita a zona de arrebentação de praias arenosas (Barreiros et al., 2004), se alimenta principalmente de crustáceos e moluscos (Niang et al., 2010; Palmeira and Monteiro-Neto, 2010; Wheeler et al., 2002) sendo um predador ativo, que utiliza primariamente a visão na obtenção de alimentos (Manning et al., 2013). É encontrado em águas costeiras do oceano atlântico desde Massachussetts nos Estados Unidos (Smith, 1997) até o norte da Argentina (Díaz de Astarloa et al., 2000). Essa espécie é muito comum no litoral do estado de São Paulo, e a presença de juvenis ocorre o ano inteiro, porém, é mais presente e abundante, sobretudo nos meses de novembro a fevereiro (Scorvo Filho et al., 1987).

O pampo possui características favoráveis à aquicultura, pois é uma espécie muito resistente ao estresse de manuseio e doenças, tolera uma grande amplitude de salinidade e baixas concentrações de oxigênio dissolvido, (Jory et al., 1985), adapta bem a sistemas intensivos de cultivo e de recirculação de água (Pfeiffer and Riche, 2011), aceita rações balanceadas (Lazo et al., 1998; Riche, 2009), e podem ser reproduzidos em cativeiro (Weirich and Riley, 2007). Também é muito apreciado na

pesca esportiva, possuindo grande aceitação pelos consumidores e seu filé pode atingir altos preços no mercado norte americano (até US\$ 40,00/kg) dependendo da época e disponibilidade (McMaster, 1987). Por essas razões, houve um grande interesse em estudos de criação dessa espécie (Finucane, 1970; Jory et al., 1985; Main et al., 2007; McMaster et al., 2003).

Apesar dessas peculiaridades favoráveis sugerissem que seu cultivo possa ser rentável, operações comerciais não obtiveram sucesso. Embora ainda não seja certa a razão desse fenômeno, a principal suspeita está relacionada ao baixo crescimento, com uso de dietas nutricionalmente inadequadas e/ou manejo alimentar incorreto (Weirich et al., 2006). Os principais problemas encontrados foram as baixas taxas de crescimento e baixa eficiência alimentar (Jory et al., 1985; Lazo et al., 1998; McMaster, 1987; Watanabe, 1994; Williams et al., 1985).

Baseados nos argumentos expostos acima, torna-se claro que informações sobre como aumentar a motivação alimentar e a ingestão de ração, possibilitando assim um maior crescimento e melhor eficiência alimentar nos peixes, são de extrema valia para a aquicultura. Apesar da importância e do grande potencial de aplicação desses fenômenos, o uso combinado de pistas visuais e químicas de presas naturais usadas como estimulantes alimentares não tem recebido a devida atenção nos últimos anos e ainda é escasso na literatura. Portanto, mais dados sobre as necessidades de crescimento dos juvenis em condições de cultivo ainda são necessários, porém, alguns aspectos básicos em relação ao comportamento alimentar do peixe devem ser respondidos antes do uso aplicado deste conhecimento.

Como uma forma conjunta de análise dos efeitos do uso de estimulantes visuais e/ou químicos de presas naturais no crescimento de juvenis de pampo *Trachinotus carolinus*, foram realizados dois estudos que compõem a presente tese. O estudo de comportamento alimentar (capítulo 1) foi realizado no Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal (LABECOM) na Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus do Litoral Paulista – São Vicente e teve o intuito de investigar as hipóteses de que juvenis de pampo submetidos a pistas visuais, químicas ou visuais/químicas de presas naturais vivas, detectam e reconhecem esses sinais como estimulantes alimentares e se essas pistas aumentam a motivação alimentar. Corroborando tal cenário, prevemos um aumento da ingestão de ração e a possibilidade da utilização dessas informações para elaborar o estudo de crescimento (capítulo 2), realizado nos Estados Unidos na Virginia Tech - Virginia Seafood AREC – Hampton, como parte do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior – CAPES, no qual foi investigado a hipótese de que o uso combinado de estimulantes visuais e químicos de presas naturais vivas, numa condição de cultivo, também aumenta a

ingestão de ração. Confirmando essa suposição, conseqüentemente, prevemos o maior ganho de peso e crescimento nos juvenis do pampo *Trachinotus carolinus* que foram expostos a tais estimulantes.

Capítulo 1

Efeitos das pistas visuais e químicas na motivação alimentar e ingestão do pampo *Trachinotus carolinus*

Caio Akira Miyai^{a*}, Tânia Marcia Costa^b, Rodrigo Egydio Barreto^a

^a Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, (UNESP), Botucatu, SP, Brasil.

^b Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus do Litoral Paulista, São Vicente, SP, Brasil.

* Correspondência: C.A. Miyai, Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, (UNESP), Botucatu, SP, Brasil.
E-mail: caio_miyai@hotmail.com

Temos a intenção de submeter este manuscrito à revista Aquaculture, no qual está dentro dos requisitos de formatação. Mais detalhes: <https://www.elsevier.com/journals/aquaculture/0044-8486/guide-for-authors>

Resumo

A alimentação é um dos principais fatores que pode aumentar o crescimento de peixes em pisciculturas. Porém, a criação de algumas espécies tem como obstáculo a baixa motivação alimentar, sendo necessário investigar elementos que estimulem a alimentação. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a motivação alimentar do pampo (*Trachinotus carolinus*) sob o efeito de diferentes estímulos (visuais, químicos ou ambos atuando em conjunto) e se o uso dessas pistas aumenta a ingestão de ração. As variáveis avaliadas como potenciais indicadoras de atração e motivação alimentar foram a aproximação da fonte de estímulos, latência de investidas, número de investidas (tentativas de morder o estímulo) e taxa de ingestão. Foi avaliado se o comportamento alimentar individual dos peixes é afetado após à exposição a estímulos visuais, químicos ou à combinação dos dois (visual/químico), provenientes de artêmia e tatuí, ração ou água do mar (controle). Para tal, o experimento foi realizado com delineamento inteiramente casualizado, com dois fatores: tipo de presa (tatuí, artêmia, ração ou água) e tipo de estímulo (visual, químico ou visual/químico), numa configuração 4 x 3, totalizando 12 tratamentos no qual juvenis de pampo, de tamanhos similares, foram individualmente alojados e aclimatados em aquários e expostos à respectiva combinação de presa x estímulo. Quando expostos aos estimulantes visuais/químicos de artêmia, tatuí e ração, o peixe foi mais atraído (aproximação da fonte de estimulantes, menor latência e maior quantidade de investidas), enquanto que apenas a ação dos estimulantes visuais e visuais/químicos, resulta em maior ingestão de ração. Portanto, concluímos que estímulos visuais e químicos, agindo conjuntamente, aumentam a motivação alimentar e a ingestão de ração em juvenis de pampo.

Palavras chave: Estimulantes alimentares; Comportamento alimentar; Atrativos alimentares; Taxa de ingestão; Estímulo visual; Estímulo químico

Highlights

Estímulos Visuais/Químicos de artêmia, tatuí e ração aumentaram a motivação alimentar de pampas.

Estímulos Visuais e Visuais/Químicos induziram maior ingestão de ração

Pampas investiram mais quando foram submetidos a estímulos Visuais de artêmia e ração e a estímulos Visuais/Químicos de artêmia, tatuí e ração.

1. Introdução

Um dos maiores problemas na utilização da ração artificial na alimentação de algumas espécies de peixes carnívoras é a falta de estímulo recebido, tanto de forma visual (ausência de movimento e cor) quanto químico (odor e sabor). A falta desses dois estímulos pode fazer com que o alimento seco possa não ser atrativo o suficiente para o peixe se alimentar devidamente (Planas and Cunha, 1999). Dentre os procedimentos utilizados pelos piscicultores na tentativa de aumentar a motivação alimentar, permitindo maior ingestão de ração e posterior crescimento, está o emprego de estimulantes alimentares (Papatriphon and Soares Jr., 2000). Esses compostos podem estimular o apetite, atrair o peixe em direção ao alimento, auxiliar na captura de presas, incentivar a degustação e promover a ingestão (Tandler et al., 1982). Os estimulantes alimentares podem agir através de estímulos visuais (El-Sayed and El-Ghobashy, 2011; El-Sayed et al., 2013), químicas (Carr et al., 1996; Carr and Derby, 1986; Hirt-Chabbert et al., 2012; Tandler et al., 1982) ou visuais/químicas (Constantino and Salmon, 2003; Kolkovski et al., 1997a, 1997b; Tesser and Portella, 2006; Valente et al., 2001).

Estimulantes visuais permitem o aumento da capacidade do peixe em se alimentar com sucesso através de pistas visuais. A maior parte das espécies de peixes marinhos cultivados no mundo é carnívora (FAO, 2012) e depende da visão como uma das fontes principais de informação sensorial (Guthrie and Muntz, 1993; Tomida et al., 2012). A habilidade desses peixes em detectar e ingerir o alimento pode ser afetada por fatores como a intensidade luminosa (Helfman, 1993; Utne-Palm, 2002), cor do fundo (Papoutsoglou et al., 2000) e características do alimento como densidade, tamanho, forma, ou cor (El-Sayed and El-Ghobashy, 2011; El-Sayed et al., 2013). Dessa maneira, o sucesso da alimentação de predadores visuais depende principalmente do contraste entre o alimento e o fundo (Utne-Palm, 2002) e do movimento da presa (Planas and Cunha, 1999), permitindo melhor visualização e consequentemente maior atração e ingestão (Kolkovski et al., 1997a).

Já os estimulantes químicos (metabólitos de baixo peso molecular como aminoácidos, nucleosídeos, nucleotídeos ou ácidos orgânicos) têm a finalidade de tornar a ração mais palatável e atrativa, permitindo maior aceitação pelo peixe, aumentando a ingestão (Hirt-Chabbert et al., 2012). Os peixes possuem o sistema quimiorreceptor bem desenvolvido com grande sensibilidade olfativa e gustatória, no qual sua principal função consiste em mediar vários comportamentos fundamentais, como a procura, detecção, captura e a ingestão do alimento (Sorensen and Caprio, 1998). Em diferentes espécies de peixes, o comportamento alimentar é desencadeado

por diferentes substâncias químicas secretadas pela presa, que agem através do olfato e/ou paladar na busca, reconhecimento e ingestão do alimento (Carr and Derby, 1986; Hara, 1994). Døving and Knutsen, (1993) sugeriram que a atração química nos peixes, provocada pelos metabólitos secretados pela presa, influenciava no sucesso da busca e procura pelo alimento e essas são mais eficientes quando são derivados das presas naturais de cada espécie de peixe (Carr et al., 1996). Muitos estudos focaram na identificação desses estimulantes alimentares (Barroso et al., 2013; Carr et al., 1996; Kubitza et al., 1997; Papatryphon and Soares Jr, 2002, 2000), entretanto, a maior parte deles utilizaram compostos químicos comercialmente disponíveis, sem considerar a alimentação natural de cada espécie.

Estudos sobre a utilização conjunta de estimulantes visuais e químicos com o intuito de promover maior ingestão alimentar e taxa de crescimento nos peixes, podem ser utilizados para a melhoria de práticas em aquicultura. O uso eficiente dos estimulantes pode diminuir os custos operacionais com ração, pois cerca de 40 a 60% dos custos operacionais de uma piscicultura intensiva está relacionado com gastos em ração (Anderson et al., 1997). Além disso, a rápida ingestão de alimentos promovida pelo uso de estimulantes alimentares minimiza o tempo em que a ração permanece na água, evitando a liberação de nutrientes na água e consequentemente sua deterioração. Portanto, a viabilidade econômica da operação de cultivo depende de boas práticas de manejo alimentar juntamente com o melhor aproveitamento do alimento pelo peixe.

Baseados nos argumentos expostos acima, torna-se claro que informações sobre como aumentar a motivação alimentar e a ingestão de ração, possibilitando assim um maior crescimento e melhor eficiência alimentar nos peixes, são de extrema valia para a aquicultura. Apesar da importância e do grande potencial de aplicação desses fenômenos, o uso combinado de pistas visuais e químicas de presas naturais usadas como estimulantes alimentares não tem recebido a devida atenção nos últimos anos e ainda é escasso na literatura. Mais dados sobre as necessidades de crescimento dos juvenis em condições de cultivo ainda são necessários, porém, alguns aspectos básicos em relação ao comportamento alimentar do peixe devem ser respondidos antes do uso aplicado deste conhecimento.

Como modelo experimental, escolhemos juvenis de pampo amarelo, *Trachinotus carolinus* (Acanthopterygii; Perciformes; Carangidae) que é muito apreciado na pesca esportiva e possui grande aceitação pelos consumidores (McMaster et al., 2006). Esse peixe possui características favoráveis à aquicultura, pois é uma espécie resistente ao estresse de manuseio e doenças, eurialina, tolerando uma grande amplitude de salinidade e baixas concentrações de oxigênio dissolvido,

(Jory et al., 1985), adapta bem a sistemas intensivos de cultivo e de recirculação de água (Pfeiffer and Riche, 2011), aceita rações balanceadas (Lazo et al., 1998; Riche, 2009), e podem ser reproduzidos em cativeiro (Weirich and Riley, 2007). Apesar dessas peculiaridades favoráveis sugerissem que seu cultivo possa ser rentável, operações comerciais não obtiveram sucesso. Os principais problemas que justificam estas falhas são o baixo crescimento e o alto índice de conversão alimentar (Jory et al., 1985; Lazo et al., 1998; Williams et al., 1985) provocadas por dietas nutricionalmente inadequadas e manejo alimentar incorreto (Weirich et al., 2006).

Portanto, o presente estudo teve o intuito de investigar as hipóteses de que juvenis de pampo submetidos a pistas visuais, químicas ou visuais/químicas de presas naturais vivas, detectam e reconhecem esses sinais como estimulantes alimentares e que essas pistas aumentam a motivação alimentar e conseqüentemente a ingestão de ração.

2. Material e métodos

2.1 Animais e condições de estoque

Foram utilizados juvenis de pampo amarelo *Trachinotus carolinus*, com comprimento padrão de $5,34 \pm 0,53$ cm (média $\pm$ DP), peso de $4,16 \pm 1,31$ g (média $\pm$ DP), coletados com rede de arrasto, em praias dos municípios de São Vicente ($23^{\circ}58'19.2''$ S $46^{\circ}21'56.1''$ W) e Praia Grande ($24^{\circ}05'04.6''$ S $46^{\circ}35'41.7''$ W), estado de São Paulo. Os peixes foram mantidos em aclimação por 30 dias antes do início dos procedimentos experimentais em um sistema de recirculação de água marinha composta por dois tanques de 500L cada. Durante esse período, a temperatura média da água foi mantida em 26°C com o uso de aquecedores com termostatos, e saturada com oxigênio a partir de um sistema constante de aeração em todos os tanques de estoque. A salinidade foi mantida constante em 26 e os níveis de amônia (<0.1 ppm) e nitrito (<0.5 ppm) foram mantidos em baixas quantidades a partir de trocas parciais regulares e filtragem biológica com a utilização de mídias biológicas (cerâmica e areia fluidizada). Para a remoção de matéria orgânica dissolvida, a filtragem física foi feita por meio de skimmer de proteínas compatível. O foto período foi de 12 horas claro/12 horas escuro. Ração comercial para peixes (Guabi, Pirá Alevino 1,7mm, 40% de proteína, tabela 1) foi utilizada na alimentação dos peixes, oferecida uma vez por dia até a saciedade.

Tanto os estímulos visuais quanto os estímulos químicos foram provenientes de tatuí *Emerita brasiliensis*, presa natural bentônica (Niang et al., 2010; Palmeira and

Monteiro-Neto, 2010) e artêmia *Artemia salina*, presa planctônica semelhante à presa natural Mysidacea (Niang et al., 2010; Palmeira and Monteiro-Neto, 2010). A escolha das duas presas foi baseada no estudo de Elvidge and Brown, (2012) no qual afirma que predadores tendem responder mais drasticamente à pistas provenientes de espécies de presas mais abundantes do local em que habitam. A ração foi utilizada como controle das presas vivas (mesma ração fornecida como alimento aos peixes no estoque e aclimação); e água do mar artificial como controle geral do experimento (veículo incolor e translúcido, salinidade 26, utilizado no preparo dos estímulos químicos). Os tatuís foram amostrados nas mesmas praias' de onde os peixes foram coletados e tinham entre 1 e 2 cm de comprimento. Foram utilizadas artêmiás adultas, entre 1 e 1,5 cm de comprimento, adquiridas em lojas de aquarismo. As presas foram mantidas em aquários estoques de 22L com aeração constante, pH 7,6, temperatura controlada em ~26 °C, níveis de amônia (<0.5 ppm) e nitrito (<0.05 ppm) mantidos em baixas quantidades a partir de trocas parciais e filtragem biológica e foto período de 12 horas claro e 12 horas escuro para a posterior utilização como estímulo visual ou para a preparação de estimulantes químicos.

2.2 Delineamento Experimental

A estratégia básica foi avaliar se a motivação alimentar individual dos peixes é aumentada pela exposição de estímulos visuais, estímulos químicos ou à combinação dos dois (visual/químico), provenientes de artêmia, tatuí, ração ou água do mar artificial. O propósito do experimento com o pampo individualmente alojado visa o melhor entendimento de aspectos da biologia básica e o comportamento alimentar do pampo, pois o aumento na motivação alimentar influencia a ingestão alimentar, podendo aumentar o crescimento (Checkley, 1984; Fiksen and Folkvord, 1999; Tuene and Nortvedt, 1995). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com dois fatores; 'tipo de presa' (tatuí, artêmia, ração ou água) e 'tipo de estímulo' (visual, químico ou visual/químico), numa configuração 4 x 3, totalizando 12 tratamentos, com 13 replicas cada, no qual juvenis de pampo foram expostos à respectiva combinação de presa x estímulo

2.3 Procedimentos

Juvenis de pampo de tamanhos similares provenientes do estoque, foram individualmente alojados em aquários de vidro (40 × 24 × 23 cm; 22 L), por 4 dias antes

do início do experimento. Cada aquário foi mantido com aeração constante, temperatura da água, salinidade, níveis de amônia, nitrito e foto-período nas mesmas condições do estoque. Os peixes foram aclimatados e alimentados uma vez ao dia com ração até o quarto dia. Após o período de aclimação, os valores basais das variáveis comportamentais indicadoras de motivação alimentar (aproximação da fonte de estímulos, latência de investidas e número de investidas) foram avaliados durante 5 minutos consecutivos através de filmagens. Após a mensuração dos valores basais, o peixe alvo foi exposto a um dos estímulos (artêmia, tatui, ração ou água, de forma visual, químico ou visual/químico) e filmado por mais 5 minutos. Após 5 minutos da inserção do estímulo, o peixe foi alimentado com uma quantidade pré estabelecida de pellets de ração e a taxa de ingestão foi avaliada (Figura 1).

Para o estímulo visual, foi inserido 1g das presas vivas (artêmia ou tatuí) ou 1g de ração ou 1ml de água, misturados em 100mL de água do mar artificial, dentro de um recipiente translúcido e impermeável, no qual não houve trocas do conteúdo desse recipiente com a água do aquário experimental. Esse recipiente foi fixado no centro da parte superior do aquário e permitiu apenas o contato visual.

Para o estímulo químico, foi feito o extrato das presas ou ração, no qual foram homogeneizados 0,5g em 50mL de água do mar artificial por 1 minuto em um homogeneizador de tecidos e depois filtradas em lã acrílica para não haver nenhuma parte sólida visível. O extrato foi então diluído em 51 mL de água do mar artificial e inserido no recipiente translúcido permeável, que permitia trocas entre o conteúdo interno e a água do aquário (adaptado de Barata et al., 2009; Volpato et al., 2013).

Na combinação dos estímulos foram introduzidos concomitantemente 1g de estímulo visual, 50mL de estímulo químico e 50mL de água do mar artificial em um recipiente permeável similar ao utilizado no estímulo químico, no qual permitia a circulação da água do interior do recipiente com a água do aquário (adaptado de Kolkovski et al., 1997a; Tesser and Portella, 2006).

Tabela 1: Níveis de garantia fornecidas pelos fabricantes da ração

Níveis de garantia (g kg ⁻¹)	GuabiPirá Alevino 1,7mm
Proteína bruta (min)	400
Extrato etéreo (min)	65
Umidade (máx)	100
Fibra bruta (máx)	60
Material mineral (máx)	160

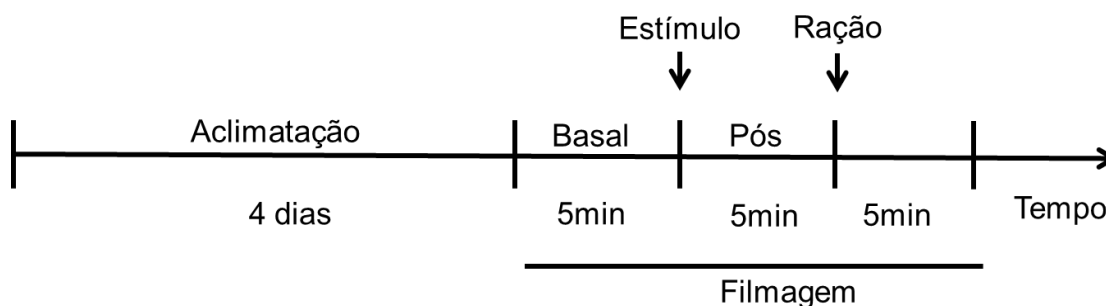


Figura 1: Desenho experimental. A primeira seta vertical (Estímulo) representa a inserção do estimulante logo após os 5 minutos de filmagem do período basal. A segunda seta vertical (Ração) representa a inserção da ração logo após os 5 minutos de filmagem do período pós estímulo. Após a inserção da ração, foi filmado por mais 5 minutos para se determinar a taxa de ingestão. A seta horizontal representa o decorrer do tempo.

2.4 Variáveis analisadas

A avaliação das variáveis comportamentais relacionadas à motivação alimentar foi feita através da análise da movimentação dos pampos (aproximação da fonte de estimulantes), latência de investidas, número de investidas (tentativas de morder a fonte de estimulantes) e taxa de ingestão. Para se estimar a atividade natatória foi utilizado um desenho de grade fixado na parte traseira do aquário no qual permitiu a quantificação da atividade natatória através da frequência de mudanças de quadrantes (Barreto et al., 2010). O desenho possui nove quadrantes (13,3 cm x 8 cm) que possibilita estimar a locomoção de cada peixe através do número de vezes que mudam de quadrante. Para quantificarmos a aproximação da fonte estimulante, foi traçado uma área ao redor do recipiente do estímulo e foi contada a quantidade de vezes que o peixe entrou nessa área (adaptado de Volpato et al., 2013). A latência de investidas é definida como o tempo da introdução dos estímulos no recipiente a primeira tentativa de morder o recipiente com o estímulo. A taxa de ingestão alimentar de cada peixe foi calculada como $\text{Taxa de ingestão} = (QPO - QPNI) \cdot 0,005 \cdot 100 / PP$ em porcentagem do peso da ração consumida em relação ao peso do próprio corpo, onde QPO é a quantidade de pellets oferecida (20 pellets; peso seco médio de 0,005g cada pellet), QPNI é a quantidade de pellets não ingerida e PP é o peso de cada peixe em gramas.

2.5 Análise dos dados

Quando necessário, os dados foram transformados (logaritmo ou raiz quadrada) a fim de se obter uma distribuição normal e/ou homogeneidade de variância e depois analisados quanto à sua homocedasticidade pelo teste de Levene, atingindo as premissas para a utilização em testes paramétricos. Os dados das variáveis comportamentais como a aproximação da fonte de estímulo, latência de investidas, número de investidas à fonte de estímulos foram considerados como o desvio da condição inicial (período pós-estímulo menos período basal). Todas as variáveis foram analisadas com ANOVA de duas vias, testando os efeitos dos fatores 'tipo de presa' (tatuí, artêmia, ração ou água) e 'tipo de estímulo' (visual, químico ou visual/químico) e a interação entre os dois fatores, seguidas pelo teste post-hoc de Newman-Keuls.

3. Resultados

A aproximação dos peixes ao recipiente foi afetada pelo tipo de presa ($F_{(3,144)} = 5,940$; $p < 0,001$). O tipo de estímulo também apresentou efeito significativo ($F_{(2,144)} = 12,253$; $p < 0,001$) onde peixes que receberam estímulos Visuais/Químicos se aproximaram mais da fonte de estímulos comparados aqueles que receberam ou estímulo Visual ou Químico. Houve diferença estatística na interação dos dois fatores ($F_{(6,144)} = 4,038$; $p < 0,001$), mostrando que os pampos expostos aos estímulos Visuais/Químicos de tatuí e ração, se aproximaram mais da fonte de estímulo quando comparados ao controle (fig.2).

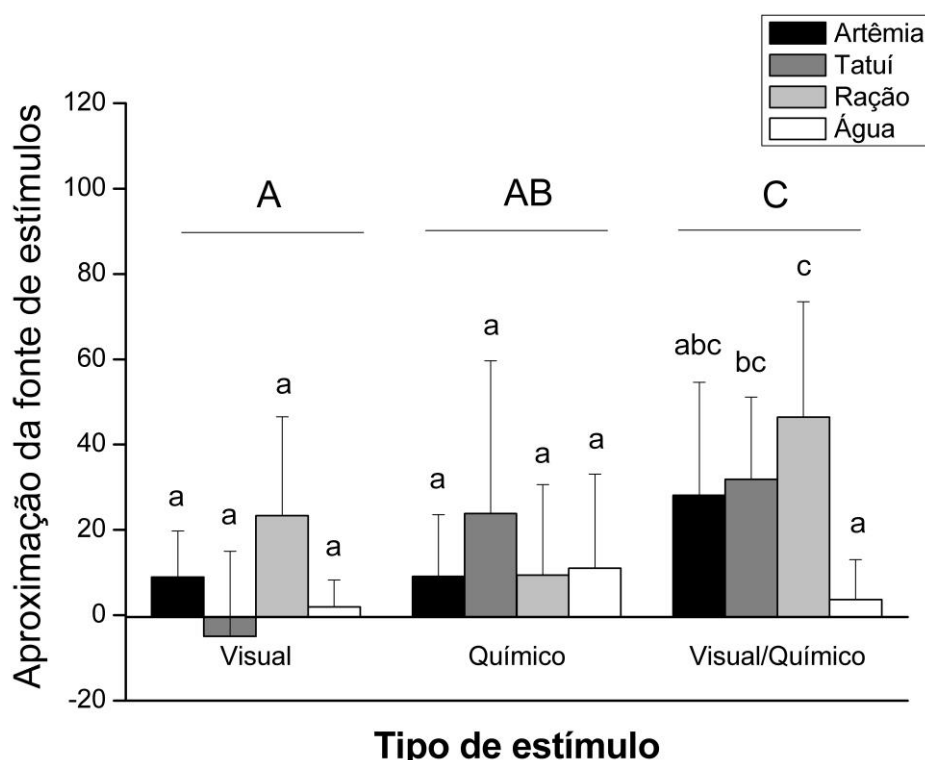


Figura2: Número médio ($\pm$ DP) de vezes no qual os pampos submetidos a estímulos visuais, químicos ou visuais/químicos de artêmia, tatuí, ração ou água, adentraram no quadrante onde a fonte de estímulos estava posicionada. Os valores de aproximação da fonte de estímulos foram considerados como o desvio da condição inicial (período pós-estímulo menos período basal). Barras com diferentes letras minúsculas diferem significativamente em cada tipo de estímulo (Visual, Químico ou Visual/Químico). Diferentes letras maiúsculas representam diferenças significativas entre os tipos de estímulos. ANOVA de duas vias (interação; $F_{(6,144)} = 4,038$; $p < 0,001$), seguida pelo teste post-hoc de Newman-Keuls. Diferenças foram consideradas quando $p < 0,05$.

Houve efeito significativo na latência de investidas quanto ao tipo de presa ($F_{(3,144)} = 18,621$; $p < 0,001$) e quanto ao tipo de estímulo ($F_{(2,144)} = 20,264$; $p < 0,001$), onde os peixes morderam mais rapidamente a fonte de estímulos com estímulo Visual/Químico, seguido por Visual e por fim, Químico. A interação dos fatores 'tipo de presa' x 'tipo de estímulo' também apresentou efeito significativo ($F_{(6,144)} = 2,457$; $p < 0,027$). Os peixes que foram estimulados com artêmia e ração de forma Visual, assim como aqueles que foram expostos à artêmia, tatuí e ração de forma Visual/Química, foram mais rápidos para iniciar a investida (fig.3).

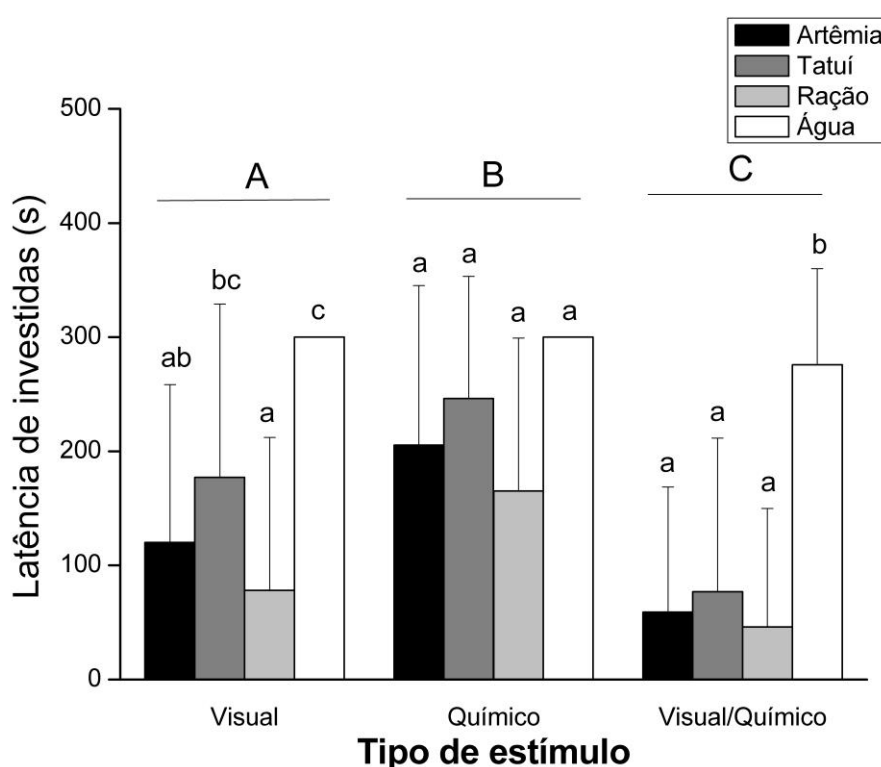


Figura 3: Tempo médio em segundos ($\pm$ DP) despendido para os pampos submetidos a estímulos visuais, químicos ou visuais/químicos de artêmia, tatuí, ração ou água, investirem pela primeira vez na fonte de estímulos. Os valores de latência de investidas foram considerados como o desvio da condição inicial (período pós-estímulo menos período basal). Barras com diferentes letras minúsculas diferem significativamente em cada tipo de estímulo (Visual, Químico ou Visual/Químico). Diferentes letras maiúsculas representam diferenças significativas entre os tipos de estímulos. ANOVA de duas vias (interação; $F_{(6,144)} = 2,457$; $p < 0,027$), seguida pelo teste post-hoc de Newman-Keuls. Diferenças foram consideradas quando $p < 0,05$.

O número de investidas dos pampos na fonte de estímulo apresentou efeito significativo para o tipo de presa ($F_{(3,144)} = 10,068$; $p < 0,001$). Houve o efeito do tipo de estímulo ($F_{(2,144)} = 12,647$; $p < 0,001$), no qual os peixes investiram mais no recipiente quando expostos a estímulo Visual/Químico, seguido por estímulo Visual e por fim, estímulo Químico. A interação desses dois fatores também apresentou um efeito significativo ($F_{(6,144)} = 2,185$; $p < 0,001$), mostrando que os pampos morderam mais o recipiente quando expostos a estímulos Visuais de ração e por estímulos Visuais/Químicos de artêmias, tatuí e ração quando comparados ao controle (fig.4).

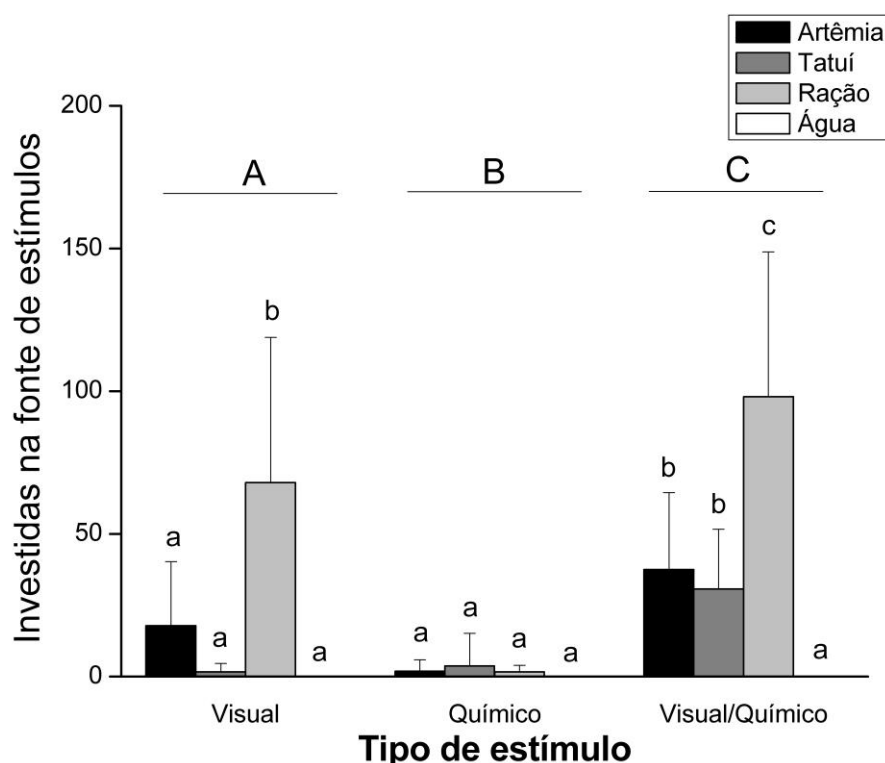


Figura 4: Número médio ($\pm$ DP) de investidas realizadas por pampos submetidos a estímulos visuais, químicos ou visuais/químicos de artêmia, tatuí, ração ou água na fonte de estímulos. Os valores de investidas foram considerados como o desvio da condição inicial (período pós-estímulo menos período basal). Barras com diferentes letras minúsculas diferem significativamente em cada tipo de estímulo. Diferentes letras maiúsculas representam diferenças significativas entre os tipos de estímulos (Visual, Químico ou Visual/Químico). ANOVA de duas vias (interação; $F_{(6,144)} = 2,185$; $p < 0,001$), seguida pelo teste post-hoc de Newman-Keuls. Diferenças foram consideradas quando $p < 0,05$.

Pampos ingeriram mais ração em relação ao peso do próprio corpo quando foram submetidos a estímulos Visuais e Visuais/Químicos (fig. 5), como foi observado na análise do tipo de estímulo ($F_{(2,144)} = 3,271$; $p = 0,040$). O fator 'tipo de presa' ($F_{(3,144)} = 1,656$; $p = 0,179$) e a interação entre 'tipo de presa' e 'tipo de estímulo' não apresentou diferença ($F_{(6,144)} = 1,985$; $p = 0,071$)

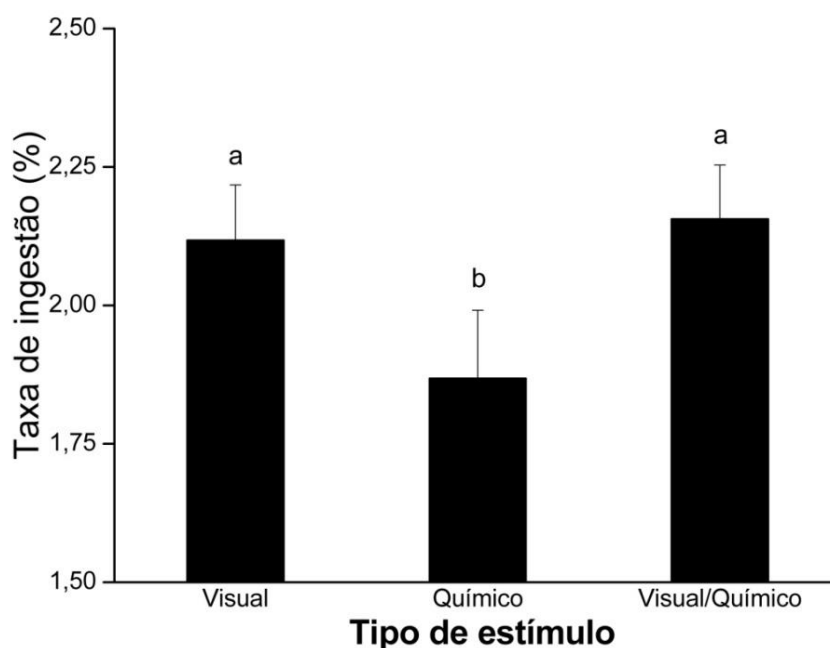


Figura 5: Taxa média ($\pm$ DP) de ingestão dos pampos (porcentagem do peso da ração consumida em relação ao peso do próprio corpo), submetidos a estímulos visuais, químicos ou visuais/químicos de artêmia, tatuí, ração ou água. Diferentes letras indicam diferenças significativas. ANOVA de duas vias (no fator 'tipo de estímulo'; $F_{(2,144)} = 3,271$; $p = 0,040$), seguida pelo teste post-hoc de Newman-Keuls. Diferenças foram consideradas quando $p < 0,05$.

4. Discussão

No presente estudo demonstramos que os estímulos visuais e químicos agindo conjuntamente evocam respostas comportamentais e alteram a ingestão de ração em juvenis de pampo. Quando expostos aos estimulantes visuais/químicos de artêmia, tatuí e ração, o peixe é mais motivado a se alimentar (aproximação à fonte de estímulo, menor latência e maior quantidade de investidas), enquanto que apenas a ação dos estimulantes visuais e visuais/químicos, sem levar em conta o tipo de presa (artêmia, tatuí ou ração), provoca a maior taxa de ingestão. Valentinčič and Caprio (1994) e O'Connell (1972) demonstraram, respectivamente, que em espécies de bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) e aliche do norte (*Engraulis mordax*), a quantidade de investidas/mordidas é considerada como indicadora confiável de ingestão de alimento.

Desse modo, inferimos que a maior motivação alimentar está relacionada com a maior taxa de ingestão.

Em ambientes aquáticos, pistas visuais e químicas são consideradas as mais importantes fontes primárias de informações, desencadeando processos comportamentais em peixes (Elvidge and Brown, 2012; Kim et al., 2009). Alguns estudos reportaram mudanças no comportamento alimentar em animais expostos a estimulantes visuais, químicos ou visuais/químicos. Nesses casos, os animais se movimentaram mais em direção à fonte onde o estímulo/presa foi inserido, se aproximando e/ou permanecendo mais tempo em seu entorno (Constantino and Salmon, 2003; Elvidge and Brown, 2012; Nunes et al., 2006; Valentinčič and Caprio, 1997) ou levaram menos tempo para iniciar a investida ao estímulo (Nunes et al., 2006). Em um estudo com salmão rosa *Oncorhynchus gorbuscha*, Godin (1978) demonstrou que peixes com experiência alimentar prévia com a presa também obtiveram menor tempo de latência para capturá-la. No presente estudo, os pampos eram selvagens e predadores naturais de tatuís e mysidacea (Niang et al., 2010; Palmeira and Monteiro-Neto, 2010; Zahorcsak et al., 2000). Os peixes não eram facilmente perturbados ou preferiram alguma área específica, mas cercaram rapidamente os recipientes quando as artêmias, tatuís ou ração foram inseridos, causando maior aproximação e o menor tempo despendido para realizar a investida. Esse fato pode ser explicado pela maior atração que o pampo teve ao associar o tipo de presa ao modo em que ela foi apresentada e com experiências prévias de procura de alimento no ambiente natural (Reiriz et al., 1998). Esses resultados demonstram a importância que o modo de forrageamento do predador tem em determinar como diferentes tipos de sinais de presas atuam sobre o seu comportamento alimentar (Elvidge and Brown, 2012).

O pampo é um peixe pelágico que habita a zona de arrebentação de praias arenosas (Barreiros et al., 2004) sendo um predador que utiliza primariamente a visão como principal meio de alimentação (Manning et al., 2013). Nós utilizamos as artêmias e tatuís vivos como estimulantes visuais para determinar se os juvenis de pampo são atraídos. O uso de estimulantes visuais vivos e de recipientes totalmente translúcidos garantiu a apresentação mais realista possível da imagem e dos movimentos naturais dessas presas (Kolkovski et al., 1997a, 1997b), permitindo o fácil reconhecimento pelos peixes. Era esperado que os estimulantes visuais de presas vivas provocassem uma resposta clara de atração, o que não ocorreu apenas com o tatuí. Pampos tiveram menor latência quando submetidos a estímulos visuais de artêmia e ração e investiram mais quando estimulados visualmente por ração, não reagindo ao tatuí em ambas situações. Tal fenômeno pode ser explicado devido à artêmia sempre estar em

movimento, nadando na coluna d'água e a ração permanecer na superfície, o que atraiu mais a atenção do modelo, que é um peixe pelágico. Já o tatuí é um animal que habita a zona entre-marés de praias arenosas (Efford, 1976) e tem o hábito de se enterrar na areia (quando disponível), permanecendo imóvel ao ser ameaçado (Faulkes and Paul, 1997a, 1997b). A imobilidade do tatuí ocorreu na presença do pampo, que pode ter sido considerado um predador em potencial, fazendo com que permanecessem no fundo do recipiente, imóveis, não despertando a atenção do peixe.

Muitos predadores aquáticos localizam suas presas usando pistas químicas (Carr et al., 1996; Carr and Derby, 1986). Pistas químicas são muito importantes para detecção de presas quando estão a certa distância ou não diretamente visíveis, em locais de baixa visibilidade (Sorensen and Caprio, 1998; Vickers and Vickers, 2017). As pistas químicas geralmente provocam comportamentos alimentares como “excitação”, manifestada principalmente pelo aumento da atividade locomotora, (aproximação) e por mordidas (investidas), porém não aumentaram a motivação alimentar dos juvenis de pampo. Peixes estimulados apenas quimicamente, não se aproximaram nem investiram na fonte de estímulo. A escolha do uso de extrato de presas naturais foi devido muitos trabalhos considerarem seu uso como uma forma muito eficiente de estimulante alimentar, provocando uma resposta alimentar máxima em grande variedade de peixes predadores (Carr et al., 1996; Kamstra and Heinsbroek, 1991; Kikuchi et al., 2002; Mackie et al., 1980; Tandler et al., 1982). Porém, é provável que o uso da água do mar dos tanques que continham as artêmias ou os tatuís vivos (fornecendo apenas "odores corporais") tivesse sido mais eficiente nesse caso, uma vez que predadores na natureza não encontram presas homogêneas (Luczkovich, 1988; Rittschof and Shepherd, 1984).

O pampo de maneira geral, respondeu mais a estímulos visuais/químicos das presas, indicando que houve uma ação sinérgica entre esses dois modos de ação. Esse fato sugere que a presença dos dois tipos de estímulos produz uma resposta mais intensa quando age em diferentes órgãos sensoriais, diferentemente quando associada apenas a um único órgão sensorial (Kolkovski et al., 1997a). Mackie and Mitchell (1985) classificaram o processo de alimentação em diversos níveis: de resposta geral, como o interesse ao estímulo químico; ao comportamento de engolir propriamente dito, o qual depende do contato visual com o alimento. Rottiers and Lemm (1985) testaram o walleye, *Stizostedion vitreum*, num labirinto em Y com diferentes estímulos. Eles perceberam que os estímulos químicos são importantes na orientação em direção à presa, enquanto que a visão se torna dominante nas proximidades da presa para o ato final de ingestão. Portanto, a menor latência e maior número de investidas dos pampos junto à fonte de estímulos podem ter sido

provocadas em resposta a estímulos químicos específicos (aminoácidos e nucleotídeos; Carr et al., 1996; Elvidge and Brown, 2012; Nunes et al., 2006; Valentinčič and Caprio, 1997, 1994) agindo conjuntamente com estímulos visuais (movimentos e formato das presas naturais vivas; Constantino and Salmon, 2003; Kolkovski et al., 1997a; Tesser and Portella, 2006).

Já o número de investidas na ração, quando apresentada de forma visual e visual/química foi maior que os estímulos de artêmia e tatuí. Esse resultado se mostrou muito interessante e foi provavelmente devido ao fato dos pampos terem sido alimentados com a mesma ração durante o tempo de aclimação. A grande rapidez na aceitação da ração como alimento e o maior número de investidas, mesmo sendo utilizados peixes selvagens que nunca haviam tido contato com a ração antes da aclimação, sugere um interessante tema para novos estudos, já que não há nenhum item alimentar natural similar aos pellets de ração (Niang et al., 2010; Palmeira and Monteiro-Neto, 2010; Wheeler et al., 2002). Tal cenário indica que a ração artificial possui características visuais (formato, cor) e químicas (cheiro, sabor) capazes de estimular a ingestão. Portanto, estudos com a possibilidade de utilização da própria ração artificial como estimulante para o pampo, abrem novas perguntas sobre a necessidade de adição e/ou impregnação de estimulantes alimentares no pellet (e.g. betaína), de fabricação de uma ração com formulação específica ou o uso de estimulantes vivos, que aumentariam o custo de produção da ração e operação. Esse fato também se mostra uma boa alternativa em situações de impossibilidade de incorporar estimulantes químicos específicos (aminoácidos e nucleotídeos) na ração.

A capacidade de um estimulante em induzir respostas comportamentais que aumentem a motivação alimentar é utilizada para poder avaliar o melhor desempenho dos estimulantes. Portanto, nosso estudo foi um passo inicial e inédito ao demonstrar que o aumento da motivação alimentar dos pampos pelos estimulantes visuais/químicos de artêmia, tatuí e ração, resulta em maior ingestão de ração. Se levarmos em conta a importância da ingestão de ração nos peixes de uma piscicultura, o seu aumento pode determinar o seu sucesso. O aumento na taxa de ingestão está fortemente relacionado com a maior quantidade de ração consumida (Seymour, 1989), que por sua vez pode aumentar as taxas de crescimento dos peixes, (Checkley, 1984; Fiksen and Folkvord, 1999; Heinsbroek et al., 2008; Tandler et al., 1982; Tuene and Nortvedt, 1995). Caso sejam alcançadas conjuntamente com maior eficiência alimentar (De Silva and Anderson, 1995; Vahl, 1979), proporcionará maior rentabilidade ao empreendimento compensando o uso dos estimulantes. Além disso, futuros estudos relacionados à identificação e isolamento de possíveis aminoácidos e nucleotídeos estimulantes presentes na artêmia e tatuí, assim como sua aplicação em

conjunto com pistas visuais em estudos de crescimento a longo prazo, também são necessários para melhor elucidar o potencial atrativo dos estimulantes alimentares utilizados. Portanto, demonstramos que os estímulos visuais e químicos, agindo conjuntamente, motivam a alimentação e aumentam a ingestão de ração em juvenis de pampo. Ainda, vimos que a ração artificial estimula a alimentação do pampo e futuros estudos utilizando-a como estimulante são necessários por se mostrar uma boa alternativa em potencial de estimulante alimentar de fácil acesso e baixo custo.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio técnico de A.L. Arvigo, E.F. Cossignani, J.C.F. Pardo, R. Carvalho e I.P. Zwar. Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, Brasil (Processo: 141450/2013-4) e pela Fundação de Amparo para Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, Brasil (Processo: 2013/21692-8).

Capítulo 2

Efeitos dos estimulantes visuais e químicos no crescimento do pampo

Trachinotus carolinus

Caio Akira Miyai^{a*}, Rodrigo Egydio Barreto^a, Tânia Marcia Costa^b, Alex Squadrito^c Michael Hans Schwars^d

^a Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, (UNESP), Botucatu, SP, Brasil.

^b Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus do Litoral Paulista, São Vicente, SP, Brasil.

^c Aquatic Features Inc., Austin, TX, USA

^d Virginia Tech, Virginia Seafood Agricultural Research and Extension Center, Hampton, VA, USA

* Correspondência: C.A. Miyai, Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, (UNESP), Botucatu, SP, Brasil.
E-mail: caio_miyai@hotmail.com

Temos a intenção de submeter este manuscrito à revista Aquaculture, no qual está dentro dos requisitos de formatação. Mais detalhes: <https://www.elsevier.com/journals/aquaculture/0044-8486/guide-for-authors>.

Resumo

O pampo *Trachinotus carolinus* (Actinopterygii; Carangidae) possui características favoráveis à aquicultura, tais como resistência ao stress e doenças, se adapta bem a sistemas intensivos e tolera ampla gama de salinidade e oxigênio dissolvido. Enquanto que essas peculiaridades favoráveis sugerissem que seu cultivo pudesse ser rentável, muitas operações comerciais não tiveram êxito. Os principais problemas que justificam estas falhas são o baixo crescimento e eficiência alimentar. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar se o uso de estimulantes visuais e químicos de presas naturais aumenta a ingestão de ração e ganho de peso, permitindo maior crescimento. Foi avaliado se o crescimento do peixe é afetado pelo uso sinérgico de estimulantes visuais e químicos. Peixes de pesos semelhantes foram alojados em 12 tanques em grupos de 10 peixes por tanque, totalizando 120 indivíduos que foram expostos a estimulantes visuais e químicos (artêmia, tatuí, ração ou água, n = 3) inseridos em um recipiente translúcido e permeável, fixado no centro do tanque, que permitia contato visual e químico. As variáveis avaliadas como potenciais indicadoras de crescimento (ingestão alimentar, ganho de peso, taxa de crescimento específico TCE e eficiência alimentar EA) foram medidas durante 7 semanas, por meio de pesagem semanal. Os peixes submetidos a estimulantes de artêmia e tatuí ingeriram mais alimento, ganharam mais peso e obtiveram maior TCE quando comparados aos controles (ração e água). Artêmia e tatuí podem ser eficientemente utilizados como estimulantes alimentares, promovendo maior ingestão e ganho de peso, proporcionando assim maior taxa de crescimento nos juvenis de pampo.

Palavras chave: Estimulantes alimentares; Comportamento alimentar; Atrativos alimentares; Ingestão alimentar; Taxa de crescimento específico, Eficiência alimentar

Highlights

Estímulos visuais e químicos de artêmia e tatuí aumentam a ingestão de ração

Estímulos visuais e químicos de artêmia e tatuí aumentam o ganho de peso

Estímulos visuais e químicos de artêmia e tatuí aumentam a taxa de crescimento específico

Estímulos visuais e químicos de artêmia e tatuí não afetam a eficiência alimentar

1. Introdução

O crescimento dos peixes pode ser melhorado com o uso de estimulantes alimentares na tentativa de aumentar a ingestão de ração. (Papatryphon and Soares Jr., 2000). Esses compostos podem estimular o apetite, atrair o peixe, auxiliar na captura de alimento, incentivar a degustação ou aumentar a ingestão (Tandler et al., 1982). Os estimulantes alimentares podem agir por meio de pistas visuais (El-Sayed and El-Ghobashy, 2011; El-Sayed et al., 2013), químicas (Barata et al., 2009; Carr et al., 1996; Tandler et al., 1982) ou visuais/químicas, a combinação de ambas (Kolkovski et al., 1997a, 1997b; Tesser and Portella, 2006; Valente et al., 2001).

Estimulantes visuais permitem o aumento da capacidade do peixe em se alimentar com sucesso por meio de pistas visuais. A maior parte das espécies de peixes marinhos cultivados no mundo é carnívora (FAO, 2012) e depende da visão como fonte principal de informação sensorial (Guthrie and Muntz, 1993; Tomida et al., 2012). A habilidade desses peixes em detectar e ingerir o alimento pode ser afetada por fatores como o formato (El-Sayed, 2006), contraste entre o alimento e o fundo (Utne-Palm, 2002) e do movimento da presa (Planas and Cunha, 1999) o que permite melhor visualização e conseqüente aumento na atração e ingestão de ração (Martín-Robichaud and Peterson, 1998; Planas and Cunha, 1999).

Já a incorporação de estimulantes químicos alimentares; substâncias específicas como aminoácidos ou outros compostos químicos (Carr and Derby, 1986) são mais eficientes quando são derivados das presas naturais de cada espécie (Carr et al., 1996). Essas substâncias têm a finalidade de tornar a ração mais palatável e atrativa, permitindo maior aceitação pelo peixe em questão (Hirt-Chabbert et al., 2012). Muitos estudos focaram na identificação desses estimulantes alimentares (Carr et al., 1996; Kubitza et al., 1997; Papatryphon and Soares Jr, 2002, 2000); entretanto, a maior parte deles utilizaram compostos químicos sem considerar a alimentação natural de cada espécie. Os peixes possuem o sistema quimiorreceptor bem desenvolvido com grande sensibilidade olfativa e gustatória, no qual sua principal função consiste em mediar vários comportamentos fundamentais, como a procura, detecção, captura e a ingestão do alimento (Carr and Derby, 1986; Sorensen and Caprio, 1998). Em diferentes espécies de peixes, o comportamento alimentar é desencadeado por diferentes substâncias químicas secretadas pela presa, que agem através do olfato e/ou paladar (Schmidt-Nielsen, 1996) na busca, reconhecimento e ingestão do alimento (Carr and Derby, 1986; Hara, 1994).

Porém, um dos maiores problemas na utilização da ração em algumas espécies de peixe é a falta de estímulo recebido, tanto de forma visual (ausência de

movimento e cor) quanto químico (odor e sabor) (Planas and Cunha, 1999). A falta desses dois estímulos pode fazer com que o alimento seco possa não ser atrativo o suficiente para o peixe se alimentar devidamente. Logo, a combinação de estimulantes visuais e químicos poderia aumentar a atração do peixe pela ração, elevando assim as taxas de ingestão de dietas secas. Estudos sobre a utilização conjunta de estimulantes visuais e químicos com o intuito de promover maior ingestão alimentar, taxa de crescimento e maior eficiência alimentar nos peixes, podem ser utilizados para a melhoria de práticas em aquicultura. A ação efetiva desses estimulantes ajudaria na diminuição dos custos operacionais com ração, pois cerca de 60% dos custos operacionais de uma piscicultura intensiva está relacionado com gastos em ração (Anderson et al., 1997). Portanto, a viabilidade econômica da operação de cultivo depende de boas práticas de manejo alimentar juntamente com o melhor aproveitamento do alimento pelo peixe. Apesar da importância e do grande potencial de aplicação desses fenômenos para a piscicultura, o tema não têm recebido a devida atenção nos últimos anos e ainda é escasso na literatura.

Como modelo experimental, escolhemos o pampo amarelo ou pampo da Flórida, *Trachinotus carolinus* (Acanthopterygii; Perciformes; Carangidae) que é muito apreciado na pesca esportiva, possui grande aceitação pelos consumidores e seu filé pode atingir altos preços no mercado (até US\$ 40,00/kg) dependendo da época e disponibilidade (McMaster et al., 2006, 2003). Esse peixe possui características favoráveis à aquicultura, pois é uma espécie resistente ao estresse de manuseio e doenças, tolera uma grande amplitude de salinidade e baixas concentrações de oxigênio dissolvido, (Jory et al., 1985), adapta bem a sistemas intensivos de cultivo e de recirculação de água (Pfeiffer and Riche, 2011), aceita rações balanceadas (Lazo et al., 1998; Riche, 2009), e podem ser reproduzidos em cativeiro (Weirich and Riley, 2007). Apesar desses atributos favoráveis sugerirem que seu cultivo possa ser rentável, operações comerciais não obtiveram sucesso. Os principais problemas que justificam estas falhas são o baixo ganho de peso e taxa de crescimento. Nesse sentido, investigamos a hipótese de que o uso combinado de estimulantes visuais e químicos de presas naturais aumentam a ingestão de ração, possibilitando assim, maior ganho de peso e taxa de crescimento em juvenis do pampo *Trachinotus carolinus*.

2. Material e métodos

2.1 Animais e condições de estoque

Foram utilizados juvenis de pampo amarelo *Trachinotus carolinus* com peso de $11,26 \pm 0,26\text{g}$ (média $\pm$ DP), adquiridos de piscicultura comercial, mantidos em aclimação por 30 dias, antes do início dos procedimentos experimentais. Os peixes foram mantidos em sistema de recirculação de água marinha composta por 3 tanques de 310L cada. Durante esse período a temperatura média da água foi mantida em $\sim 24^\circ\text{C}$ com o uso de aquecedores com termostatos, e saturada com oxigênio a partir de um sistema constante de aeração em todos os tanques de estoque. A salinidade foi mantida em ~ 24 e os níveis de amônia (<0.5 ppm), nitrito (<0.5 ppm) e nitrato ($<1,7$) foram mantidos em baixas quantidades (tabela 2) a partir de trocas parciais regulares e filtragem biológica com a utilização de mídias biológicas (KMT). Para a remoção de matéria orgânica dissolvida, a filtragem física foi feita por meio de skimmer de proteínas compatível. O foto período foi de 12 horas claro/12 horas escuro. Ração comercial para peixes (Skretting, Classic Fry 1,5mm, 45% de proteína, tabela 1) foi utilizada na alimentação dos peixes, oferecida duas vezes por dia até a saciedade.

Tabela 1: Níveis de garantia fornecidas pelos fabricantes da ração

Níveis de garantia (g kg ⁻¹)	Skretting Classic Fry 1,5mm
Proteína bruta (min)	450
Extrato etéreo (min)	160
Umidade (máx)	90
Fibra bruta (máx)	50
Material mineral (máx)	120

Tanto os estímulos visuais quanto os estímulos químicos foram provenientes de tatuí *Emerita talpoida*, item mais importante e de maior ocorrência na alimentação dos pampos juvenis (Wheeler et al., 2002), artêmia *Artemia salina*, um organismo planctônico, semelhante à presa natural Mysidacea, importante item alimentar (Niang et al 2010;. & Palm Monteiro-Neto, 2010); ração como controle das presas naturais (mesma ração fornecida como alimento aos peixes no estoque e aclimação); e água do mar artificial como controle geral dos estímulos visuais e químicos (veículo incolor e translúcido, salinidade 26, pH 7,6, utilizado no preparo dos estímulos químicos). Os tatuís foram coletados na praia de Buckroe, Hampton - VA (37°02'23.6"N

76°17'23.8"W e tinham entre 1 e 2 cm de comprimento. Foram utilizadas artêmias adultas, entre 1 e 1,5 cm de comprimento, adquiridas em loja de aquarismo local. As presas foram mantidas em aquários estoques de 40L com aeração constante, pH 7,6, temperatura controlada em ~26 °C, níveis de amônia (<0.5 ppm) e nitrito (<0.05 ppm) mantidos em baixas quantidades a partir de trocas parciais e filtragem biológica e fotoperíodo de 12 horas claro e 12 horas escuro no laboratório para a posterior utilização como estímulo visual ou para a preparação de estimulantes químicos.

Tabela 2: Valores dos parâmetros da água (média ± DP).

Parâmetros de qualidade da água	
Temperatura (°C)	24,65 ± 1,36
Salinidade	24,48 ± 0,65
Amônia (NH ₄ -N) (mg L ⁻¹)	0,08 ± 0,09
NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	0,23 ± 0,21
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	0,98 ± 0,65

2.2 Delineamento Experimental

A estratégia básica foi avaliar se o crescimento dos juvenis de pampo em grupo é afetado pelo uso combinado de estimulantes visuais e químicos através do aumento da ingestão de ração e do ganho de peso (Checkley, 1984; Fiksen and Folkvord, 1999; Tuene and Nortvedt, 1995). De acordo com Planas and Cunha, (1999), um dos maiores problemas na utilização da ração em algumas espécies de peixes carnívoros é a falta de estímulo, tanto de forma visual (ausência de movimento e cor) quanto químico (odor e sabor). Como forma de tentar contornar essa situação, utilizaremos estímulos provenientes de presas naturais vivas pois os predadores responderem mais intensamente às pistas provenientes de espécies de presas mais consumidas (Carr and Derby, 1986; Elvidge and Brown, 2012). O experimento foi realizado com delineamento inteiramente casualizado, composto de 4 tipos de presas (tatuí, artêmia, ração ou água) e 1 modo de estímulo (visual/químico) totalizando 4 tratamentos com 3 réplicas cada. Os estímulos visuais e químicos de tatuí, artêmia, ração ou água foram inseridos concomitantemente no tanque e deixados por 5 minutos em um recipiente translúcido, uma vez ao dia, pela manhã, antes de iniciar a alimentação. Após o período em contato com os estímulos, os peixes foram alimentados com ração e a ingestão quantificada. As variáveis avaliadas como potenciais indicadores de

crescimento foram: ração consumida, ganho de peso, taxa de crescimento específico e eficiência alimentar.

2.3 Procedimentos

Aventando a hipótese de que o pampo reage mais a estímulos visuais/químicos de presas naturais e tendo em vista simular uma condição usualmente encontrada em criações comerciais de peixes, foi realizado o experimento com a finalidade de avaliar o crescimento do pampo em grupo. Peixes de pesos similares $11,26 \pm 0,22\text{g}$ (média $\pm$ DP), provenientes do estoque, foram escolhidos e alojados em grupo, em biomassa uniforme, em densidade de 10 peixes por tanque, alojados em 12 tanques separados em 4 sistemas independentes de recirculação, totalizando 120 indivíduos. Cada sistema independente era composto por 3 tanques retangulares ($90 \times 30 \times 30\text{ cm}$; 81 L) equipado com filtro físico, filtro biológico, bomba de recirculação, aeradores e termostatos com aquecedores. As condições físico-químicas da água eram similares das encontradas no estoque. Os grupos de peixes foram expostos ao estímulo visual de um dos tipos de presas, inseridos em recipientes translúcidos impermeáveis (fonte visual), fixados no centro da parte superior do tanque, que permitiam apenas o contato visual. Concomitantemente à inserção da fonte visual, o extrato da presa correspondente (fonte química) foi também inserido no centro do tanque, o que permitiu a maior dispersão do extrato. Os peixes foram alimentados, *ad libitum* até a saciedade aparente durante 3 minutos (Li et al., 2004; Weirich et al., 2006), 6 vezes por semana, duas vezes por dia (10h e 16h; Weirich and Groat, 2006), com ração comercial para peixes carnívoros marinhos (45% de proteína, 16% de lipídeo, tabela 2; Lazo et al., 1998). Para o arraçoamento, foi utilizado uma medida padrão que possuía a capacidade de 0,5g de ração. Essa medida era introduzida aos peixes e novamente oferecida, apenas quando os pellets de ração oferecidos anteriormente foram totalmente consumidos. Essa estratégia permitiu maior precisão no controle de ração ofertada e garantiu que não houvessem sobras no tanque. A quantidade de ração ingerida foi quantificada através do cálculo da diferença da quantidade inicial (pré-estabelecida e maior que a capacidade de ingestão dos peixes) pela quantidade restante de ração após a alimentação. Os grupos de peixes foram pesados semanalmente durante os 49 dias de estudo. Os parâmetros de qualidade da água da água foram medidos semanalmente durante o estudo e são apresentados na Tabela 2. Os valores foram mantidos dentro de parâmetros adequados para o pampo (Weirich and Riche, 2006).

2.3.1 Estímulos

Para a apresentação dos estímulos visuais foi utilizado 3g de artêmia ou tatuí vivos ou 3g de ração ou água, misturados em 500mL de água do mar, inserido no recipiente translúcido. Para o preparo dos estímulos químicos, os animais presas e ração foram homogeneizados por 1 minuto em um homogeneizador de tecidos com água do mar artificial (2g de presas em 50mL). Tanto o extrato das presas quanto da ração foram filtradas em lã acrílica para não haver nenhuma parte sólida visível, separadas em alíquotas de 50 ml e congeladas a -22°C, até ser utilizado no teste, na mesma temperatura da água do aquário experimental (Carr et.al. 1996).

2.4 Variáveis analisadas

A avaliação das variáveis de crescimento foi feita através da análise da ingestão alimentar que foi medida em termos do peso seco total médio de pellets ingeridos por peixe durante as 7 semanas de experimento. O crescimento foi definido como taxa de crescimento específico (TCE) médio de cada peixe, calculado como $TCE (\% \cdot dia^{-1}) = (LogPCf - LogPCi) \times 100/\Delta t$, onde PCf é o peso corporal final e PCi é o peso corporal inicial e o Δt é o número de dias de experimento, 49 dias; (Watanabe et al., 2001). Ganho de peso foi definido como PCf - PCi onde foi calculado o peso médio ganho de cada peixe. A eficiência alimentar (EA) foi calculada como ganho de peso médio (g) por peixe/ consumo de ração (peso seco, g) x 100 (Lazo et al., 1998).

2.5 Análise dos dados

Quando necessário, os dados foram transformados (logaritmo ou raiz quadrada) a fim de se obter uma distribuição normal e/ou homogeneidade de variância e depois analisados quanto à sua homocedasticidade pelo teste de Levene, atingindo as premissas para a utilização em testes paramétricos. Anova de uma via com medidas repetidas foi usada para determinar o efeito dos estímulos na ingestão de ração e no ganho de peso dos pampas durante o período de experimento, comparando os 'tipos de presa' (artêmia, tatuí, ração e água) com a medida repetida 'tempo' (7 semanas, 49 dias) seguidos pelo teste post-hoc de Fisher LSD. Para determinar os efeitos dos 'tipos de presas' na taxa de crescimento específico (TCE) e eficiência alimentar (EA), foi utilizada ANOVA de uma via seguidos pelo teste post-hoc de Newman-Keuls. Diferenças estatísticas foram consideradas quando $p \leq 0,05$.

3. Resultados

Ao longo do experimento, a taxa de sobrevivência foi de 100% para os tratamentos de artêmia e água e 96,66% para os tratamentos de tatuí e ração (1 morte em cada), não sendo detectada nenhuma diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3: Valores (médias $\pm$ DP por peixe) do peso inicial, ingestão de ração, ganho de peso, taxa de crescimento específico, eficiência alimentar e sobrevivência de pampos submetidos a estímulos visuais/químicos de artêmia (n=3), tatuí (n=3), ração (n=3) ou água (n=3). diferentes letras indicam diferenças significativa em cada coluna, $p < 0,05$.

Tratamento	Peso inicial	Ingestão de ração (g)	Ganho de peso (g)	TCE (%.dia ⁻¹)	EA (%)	Sobrevivência (%)
Artêmia	11,36 $\pm$ 0,28 a	22,86 $\pm$ 1,18 a	19,24 $\pm$ 1,01 a	2,02 $\pm$ 0,05 a	84,19 $\pm$ 1,79 a	100 a
Tatuí	11,31 $\pm$ 0,13 a	23,20 $\pm$ 1,10 a	19,54 $\pm$ 1,30 a	2,04 $\pm$ 0,09 a	84,20 $\pm$ 2,76 a	96,66 a
Ração	11,41 $\pm$ 0,11 a	20,58 $\pm$ 0,12 b	15,54 $\pm$ 0,76 b	1,75 $\pm$ 0,03 b	75,52 $\pm$ 1,78 b	96,66 a
Água	10,96 $\pm$ 0,30 a	19,09 $\pm$ 0,34 b	15,37 $\pm$ 0,76 b	1,78 $\pm$ 0,05 b	80,47 $\pm$ 2,59 a	100 a

A ingestão de ração diferiu significativamente ao longo do tempo, dependendo do tipo de presa: ANOVA de medidas repetidas; interação 'tipo de presa * tempo' ($F_{(18,48)} = 17,170$; $p < 0,001$; Figura1), no qual pampos submetidos à artêmia e tatuís ingeriram mais ração em comparação ao controle água à partir do 42º dia.

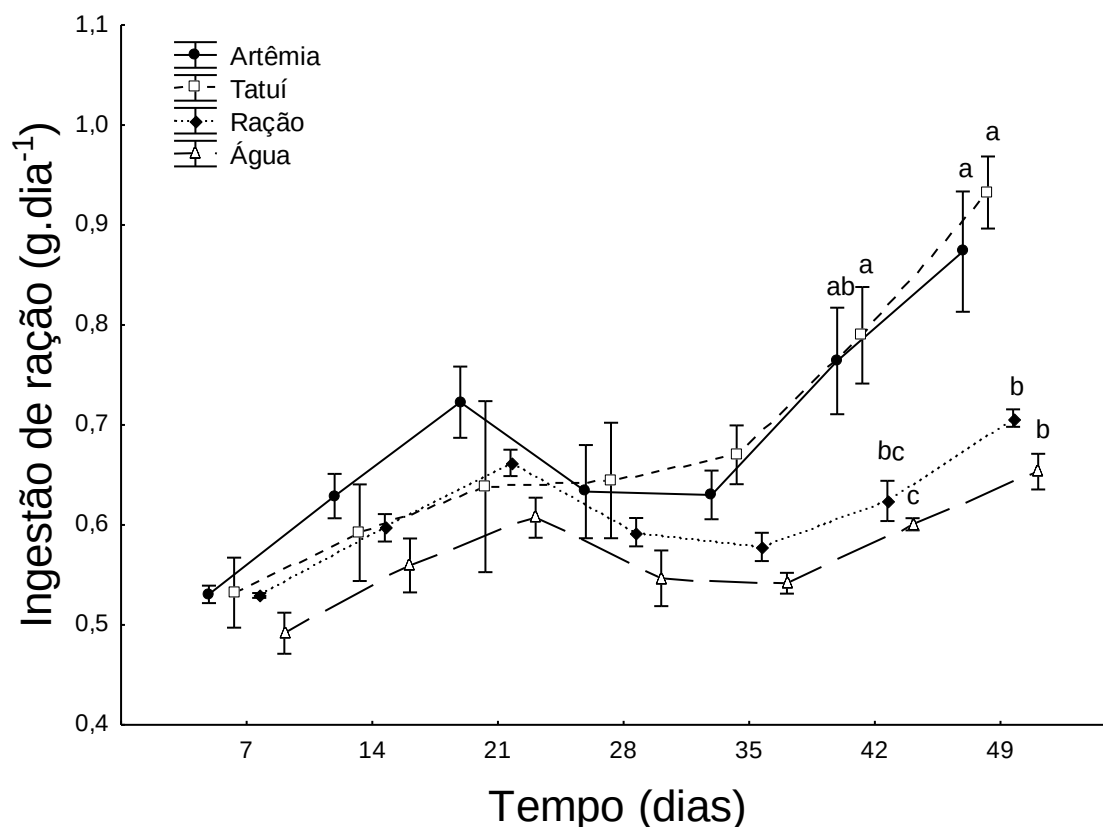


Figura 1: Quantidade de ração ingerida (g) por pampos, submetidos a estímulos visuais/químicos derivados de diferentes tipos de presas; artêmia (n=3), tatuí (n=3), ração (n=3) ou água (n=3). Valores representam médias $\pm$ DP do peso individual dos peixes mensurados semanalmente e diferentes letras indicam diferenças significativas em $p < 0,05$ em cada período analisado. Períodos sem a presença de letras não possuem diferença estatística entre os tratamentos (ANOVA de uma via com medidas repetidas, $p < 0,001$ na interação 'tipo de presa * tempo'; seguidos pelo teste post-hoc de Fisher LSD)

O ganho de peso dos pampos diferiu significativamente ao longo do tempo dependendo do tipo de presa: ANOVA de medidas repetidas; interação 'tipo de presa * tempo' ($F_{(21,56)} = 9,441$; $p < 0,001$; Figura2). Peixes expostos aos estímulos artêmia e tatuí ganharam mais peso na última pesagem semanal, no 49º dia.

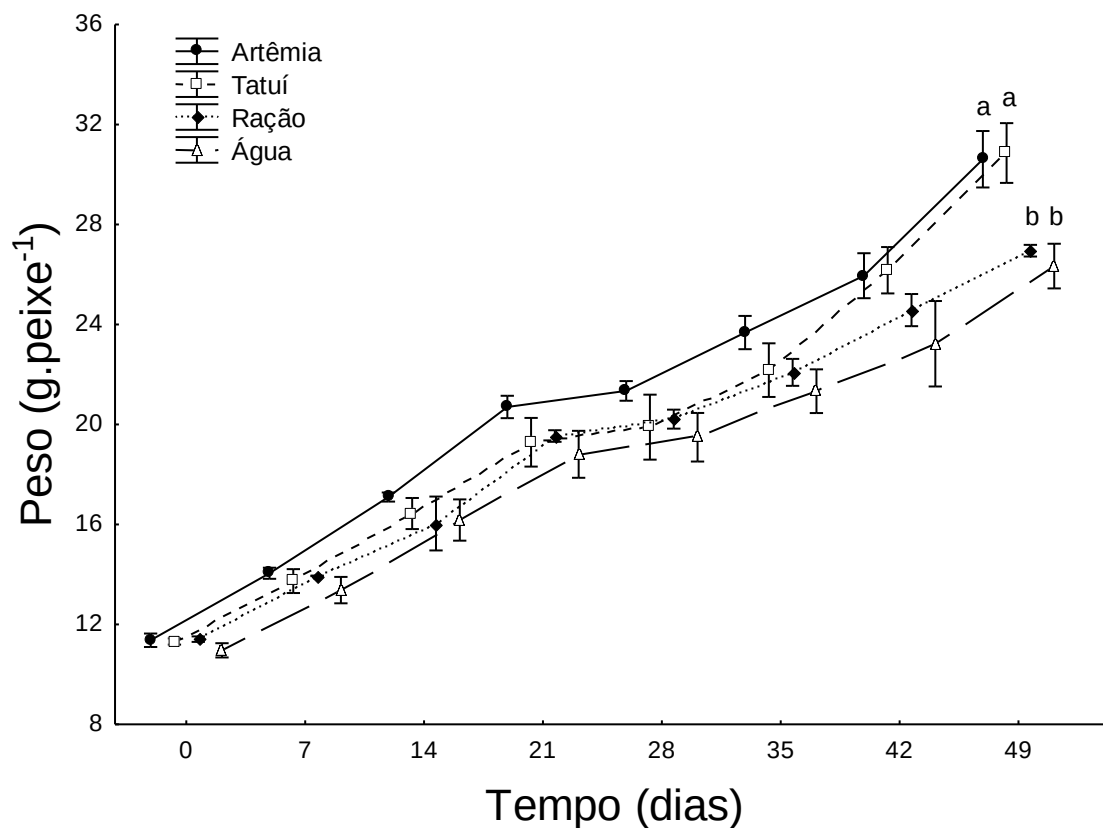


Figura 2: Peso (gramas por peixe) de pampos, submetidos a estímulos visuais/químicos derivados de diferentes tipos de presas; artêmia (n=3), tatuí (n=3), ração (n=3) ou água (n=3) por 49 dias. Marcadores representam médias $\pm$ DP do peso individual dos peixes mensurados semanalmente e diferentes letras indicam diferenças significativas em $p < 0,05$ em cada período analisado. Períodos sem a presença de letras não possuem diferença estatística entre os tratamentos (ANOVA de uma via com medidas repetidas, $p < 0,001$ na interação 'tipo de presa * tempo'); seguidos pelo teste post-hoc de Fisher LSD.

Peixes que foram estimulados por artêmia e tatuí obtiveram uma maior taxa de crescimento específico TCE ($F_{(3,8)} = 16,640$; $p < 0,001$) quando comparados aos controles ração e água (Figura 3).

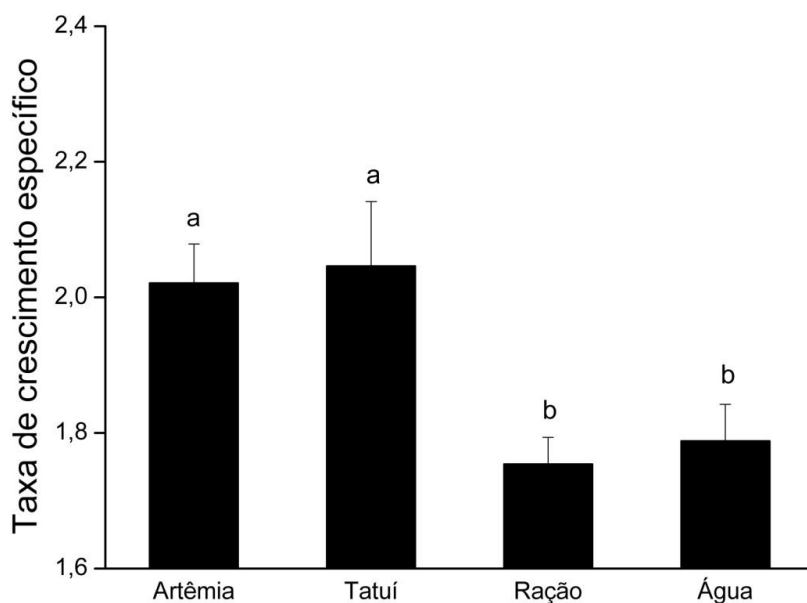


Figura 3: Taxa de crescimento específico TCE (%. dia^{-1}) em pampos alojados em grupo, submetidos a estímulos visuais/químicos derivados de diferentes tipos de presas; artêmia ($n=3$), tatuí ($n=3$), ração ($n=3$) ou água ($n=3$). Valores representam médias $\pm$ DP por peixe e diferentes letras indicam diferenças significativa em $p < 0,05$ (ANOVA de uma via, $p < 0,001$, seguido pelo teste post-hoc de Newman-Keuls).

Não houve diferença na eficiência alimentar entre os peixes estimulados por artêmia, tatuí e água ($F_{(3,8)} = 9,75$; $p = 0,004$) (Figura 4).

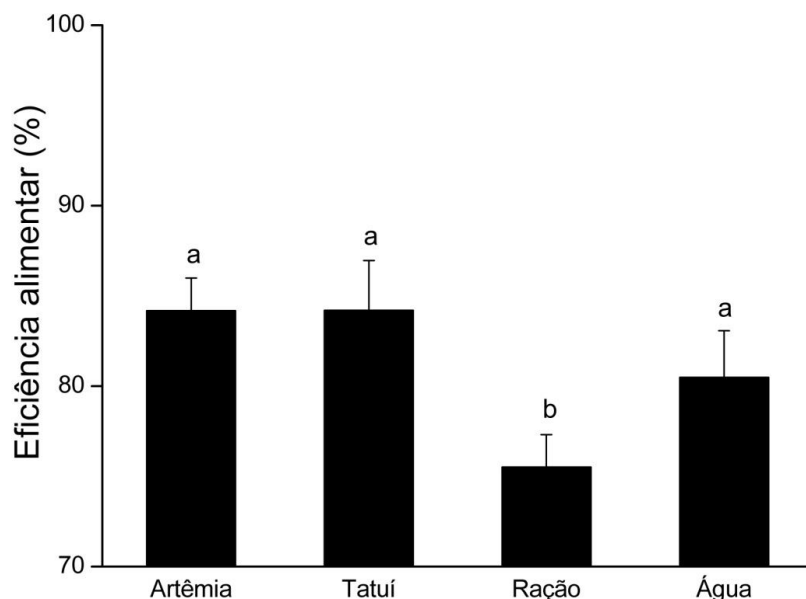


Figura 4: Eficiência alimentar EA em pampos alojados em grupo, submetidos a estímulos visuais/químicos derivados de diferentes tipos de presas; artêmia (n=3), tatuí (n=3), ração (n=3) ou água (n=3). Valores representam média $\pm$ DP por peixe e diferentes letras indicam diferenças significativa em $p < 0,05$ (ANOVA de uma via, $p = 0,004$, seguido pelo teste post-hoc de Newman-Keuls).

4. Discussão

No presente estudo demonstramos que o uso combinado de estimulantes visuais e químicos derivados de presas naturais agem como estimulantes alimentares em juvenis de pampos *T. carolinus*. Quando expostos a estimulantes visuais e químicos combinados de artêmia e tatuí, o pampo obteve maior ingestão de ração, ganho de peso e taxa de crescimento específico, apesar da eficiência alimentar não diferir do controle. Portanto, esses resultados indicam que as pistas visuais e químicas de artêmia e tatuí estimulam o crescimento do modelo.

A quantidade de ração consumida por pampos expostos a estímulos visuais e químicos foi avaliada como indicadora de ingestão. A ingestão de ração é fortemente afetada por pistas visuais (Kolkovski et al., 1997a; Tesser and Portella, 2006) e químicas (Barata et al., 2009; Carr et al., 1996; Carr and Derby, 1986; Kolkovski et al., 2000; Tandler et al., 1982) e o seu aumento sugere que tais estímulos são suficientes para promover maior motivação alimentar. No nosso estudo, não foi observada diferenças nos tratamentos ração e água, como esperado. Em contraste, a quantidade

de ração consumida pelos pampas na última pesagem do estudo (dia 49) foi significativamente maior quando expostos aos estímulos visuais e químicos de artêmia (14,29%) e tatuí, (15,59%). Alguns autores também reportaram aumento de ingestão de ração em peixes que foram submetidos a estímulos visuais e químicos em outras espécies, como a dourada *Sparus aurata* (Kolkovski et al., 1997a, 1997b; Koven et al., 2001) e pacu *Piaractus mesopotamicus* (Tesser and Portella, 2006). Em todos os casos, os peixes responderam de modo mais intenso quando foram submetidos a estímulos visuais e químicos agindo conjuntamente, indicando que a ação sinérgica entre esses dois modos de ação se mostra mais eficiente. Esse fato sugere que a ação conjunta dos estímulos age em diferentes órgãos sensoriais e produz uma resposta mais intensa que quando associada a apenas um único órgão sensorial (Kolkovski et al., 1997a). Portanto, sugerimos que a maior ingestão de ração é provocada em resposta a substâncias químicas específicos, como aminoácidos e nucleotídeos presentes no estímulo químico (Carr et al., 1996; Elvidge and Brown, 2012; Nunes et al., 2006; Valentinčič and Caprio, 1997, 1994) e aos movimentos e formato dos estímulos visuais, (Constantino and Salmon, 2003; El-Sayed, 2006; Kolkovski et al., 1997a; Tesser and Portella, 2006) agindo conjuntamente, demonstrando a eficácia dos estimulantes alimentares utilizados.

Da mesma forma, o ganho de peso foi significativamente maior em peixes expostos à artêmia e tatuí, na última pesagem do estudo (dia 49). Assim como o peso final desses peixes, que foram respectivamente 16,25% e 17,20% maiores quando comparados aos peixes submetidos ao controle (água). A eficácia do uso dos estímulos visuais/químicos de artêmia e tatuí sobre ganho de peso é ainda melhor demonstrada quando os dados são expressos como porcentagem de ganho de peso em relação ao peso inicial, resultando em 140,22% para peixes estimulados com água, 136,22% para peixes estimulados com ração, 172,70% para peixes estimulados com tatuí e 169,30% para peixes estimulados com artêmia. Era esperado que o aumento de ingestão de ração resultasse no maior ganho de peso dos peixes pois a similaridade nos padrões entre os dados de ingestão de ração e ganho de peso suporta a hipótese de que o uso dos estímulos visuais e químicos de artêmia e tatuí atua diretamente como estimulador de ingestão.

Durante o período de estudo, os peixes cresceram conforme o esperado para o seu peso inicial (aproximadamente 11g, tabela 2), considerando o regime de alimentação (duas vezes ao dia, 6 dias por semana) e o tipo de ração (45% de proteína, 16% de lipídeo). No tratamento de artêmia, a média de TCE foi de 2,02%/dia e em tatuí, 2,04%/dia, estatisticamente maior comparado ao controle água, (1,78%/dia) e ração (1,75%/dia). Esses valores foram maiores que os encontrado por

Heilman and Spieler, (1999) (1,73%/dia), porém, abaixo do relatado (3,5% por dia), quando peixes de 17g foram alimentados com ração de 54,9% de proteína e 12,9 de lipídeos, por 2 vezes ao dia e 7 dias por semana (Weirich et al., 2006). Tal diferença provavelmente foi devida à maior alimentação (todos os dias da semana), pesagens a cada duas semanas e a alta porcentagem de proteína na composição da ração, pois o nível mínimo de proteína necessário para o crescimento do pampo foi sugerido em 45% por Lazo et al., (1998). Existe uma forte relação entre o aumento da ingestão e maior crescimento em peixes (Checkley, 1984; Fiksen and Folkvord, 1999; Heinsbroek et al., 2008; Tandler et al., 1982; Tuene and Nortvedt, 1995) e os resultados encontrados no presente estudo também indicam que a maior taxa de crescimento obtida pelos pampos submetidos aos estímulos de artêmia e tatuí foi devida ao maior ganho de peso e aumento da ingestão de ração.

Embora encontrada uma TCE intermediária, os valores obtidos de eficiência alimentar no presente estudo podem ser considerados altos. A EA dos peixes estimulados por artêmia, alcançou 84,19%, por tatuí 84,20%, ração 75,52% e água 80,47%, sendo maiores que os reportados em outros estudos com o pampo *Trachinotus carolinus*. Juvenis de pampos alimentados com dietas compostas 45% de proteínas e 8% de lipídeos apresentaram valores baixos (51%) de EA (Lazo et al., 1998). Weirich and Groat, (2006), utilizando uma ração com 53% de proteína e 13% de lipídeo, obtiveram 73% de eficiência, enquanto que Riche, (2009) obteve para uma dieta com 49% proteína e 15% de lipídeo o valor de 77%. Apesar da eficiência alimentar dos peixes submetidos à artêmia e tatuí não diferirem do controle, os valores obtidos para esses tratamentos foram maiores que os estudos citados anteriormente. Uma das possíveis explicações seria o uso da estratégia de alimentar os peixes *ad libitum* até a saciedade aparente durante um período determinado (3 minutos) e não sob uma taxa fixa em relação ao peso do corpo. Essa estratégia se mostrou precisa, pois os peixes sempre atingiram a saciedade em 3 minutos ou menos e a utilização da medida padrão no arraçãoamento garantiu que não houvessem sobras de ração. Estudos com outras espécies também demonstram que a alimentação até a saciedade ou próximas da saciedade pode promover altas porcentagens de eficiência alimentar, se as quantidades da ração utilizadas forem medidas com precisão. Li et al., (2004) encontraram em bagres do canal, *Ictalurus punctatus*, o valor de 85,4% quando alimentados até a saciedade. Rasmussen and Ostfeld, (2000) observaram que trutas arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, alimentadas próximas a saciedade obtiveram uma EA de 81,6%, assim como Van Ham et al., (2003) demonstraram que o linguado *Scophthalmus maximus*, alimentado até 100% de saciedade converteu a dieta de

modo tão eficiente quanto peixes alimentados até 65% de saciedade, atingindo 94% de AE.

Grande parte dos estudos realizados em peixes, utilizando estímulos visuais/químicos de presas naturais como estimulantes alimentares, se concentrou apenas em dados de ingestão de alimento em curto prazo (Barata et al., 2009; Kolkovski et al., 1997a, 1997b; Tesser and Portella, 2006). Portanto, estudos de crescimento a longo prazo se mostram importantes por poderem descrever melhor o efeito desses estimulantes alimentares numa situação que simula uma condição usualmente encontrada em criações comerciais de peixes (Papatryphon and Soares Jr., 2000). Apesar de já ter sido sugerido que estimulantes alimentares perdem sua potência se forem utilizados por períodos prolongados (Kamstra and Heinsbroek, 1991), o presente estudo demonstrou que os estímulos visuais/químicos de artêmia e tatuí atuaram como eficientes estimulantes alimentares. A maior ingestão de ração foi obtida após 42 dias e o maior ganho de peso foi obtido apenas na última pesagem, após 49 dias. Esse fato sugere que a eficiência alimentar desses estímulos possa diferir em estudos com duração maior que 49 dias.

Portanto, concluímos que o uso de estimulantes visuais/químicos provenientes de artêmia e tatuí aumenta a ingestão de ração, ganho de peso e taxa de crescimento específico de juvenis de pampos *T. carolinus*. Esses resultados indicam que as pistas visuais/químicas desses estímulos desempenham um importante papel no aumento da motivação alimentar do pampo, desencadeando maior ingestão de ração. Como o aumento da ingestão pode estar intimamente relacionado com o crescimento dos peixes, (Checkley, 1984; Fiksen and Folkvord, 1999; Heinsbroek et al., 2008; Tandler et al., 1982; Tuene and Nortvedt, 1995) o uso dessas substâncias se torna bem interessante ao proporcionar maiores taxas de crescimento. Mais estudos são necessários para melhor elucidar o potencial atrativo desses estimulantes, como a identificação e isolamento de possíveis aminoácidos e nucleotídeos (Carr et al., 1996; Carr and Derby, 1986) derivados do tatuí. Além disso, estudos com maior duração se mostram promissores na tentativa de determinar o período necessário para atingir a maior eficiência alimentar.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio técnico de G. Wenn e S. Urick. Este trabalho foi apoiado pela Fundação de Amparo para Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, Brasil (Processo: 2013/21692-8); e pelo Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior, CAPES, Brasil (Processo: BEX 3007/15-4).

Considerações finais

A presente tese descreve algumas variáveis zootécnicas relacionadas ao crescimento do pampo sob o efeito de diferentes estimulantes alimentares, mostrando um grande potencial aplicado na prática de aquicultura. Através da análise do comportamento alimentar dos peixes submetidos a estímulos visuais e químicos de presas naturais, demonstramos no capítulo 1 que os estímulos agem com mais eficiência quando combinados, evocando uma maior motivação alimentar (maior aproximação à fonte de estímulo, menor latência e maior quantidade de investidas na fonte do estímulo) e maior ingestão de ração. Como a maior motivação alimentar induz maior ingestão de ração e esta, se relaciona com o maior crescimento (Checkley, 1984; Fiksen and Folkvord, 1999; Heinsbroek et al., 2008; Tandler et al., 1982; Tuene and Nortvedt, 1995), inferimos que o uso dos estímulos aumenta o crescimento dos pampos. Partindo dessas premissas para elaborar o capítulo 2, avaliamos os efeitos do uso combinado de estimulantes visuais e químicos de presas naturais vivas no crescimento do pampo em condições de cultivo. Grupos de pampos submetidos a estímulos visuais/químicos de artêmia e tatuí, aumentaram a ingestão de ração e ganho de peso, o que proporcionou maior taxa de crescimento específico nesses indivíduos, corroborando nossas hipóteses. Portanto, podemos concluir que estímulos visuais/químicos de artêmia e tatuí agem como estimulantes alimentares, provocando maior ingestão de ração e consequentemente, aumentam o crescimento de juvenis de pampo *Trachinotus carolinus*. É de suma importância estudos que visam o desenvolvimento de estratégias para se obter bons índices de crescimento. A melhor utilização da ração se torna prática e econômica, pois cerca de 60% dos gastos de uma piscicultura está relacionada com a compra de ração (Anderson et al., 1997). Isso se mostra extremamente relevante, no caso do pampo, pois é uma espécie de grande potencial para a crescente piscicultura marinha brasileira.

Referências

- Anderson, J.S., Higgs, D.A., Beames, R.M., Rowshandeli, M., 1997. Fish meal quality assessment for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared in sea water. *Aquac. Nutr.* 3, 25–38. doi:10.1046/j.1365-2095.1997.00067.x
- Barata, E.N., Hubert, F., Conceição, L.E.C., Velez, Z., Rema, P., Hubbard, P.C., Canário, A.V.M., 2009. Prey odour enhances swimming activity and feed intake in the Senegalese sole. *Aquaculture* 293, 100–107. doi:10.1016/j.aquaculture.2009.04.004
- Barreiros, J.P., Figna, V., Hostim-silva, M., Santos, R.S., 2004. Seasonal changes in a sandy beach fish assemblage at Canto Grande , Santa Catarina , South Brazil. *J. Coast. Res.* 20, 862–870.
- Barreto, R.E., Júnior, A.B., Giassi, A.C.C., Hoffmann, A., 2010. The “club” cell and behavioural and physiological responses to chemical alarm cues in the Nile tilapia. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 43, 75–81. doi:10.1080/10236241003654139
- Barroso, F.G., Rodiles, A., Vizcaino, A.J., Martínez, T.F., Alarcón, F.J., 2013. Evaluation of feed attractants in juvenile Senegalese Sole, *Solea senegalensis*. *J. World Aquac. Soc.* 44, 682–693. doi:10.1111/jwas.12068
- Berry, F., Smith-Vaniz, W., 1978. FAO species identification sheets for fishery purposes. West Atlantic (Fishing Area 31)., in: Fischer, W. (Ed.), . Rome.
- Boeuf, G., Le Bail, P.Y., 1999. Does light have an influence on fish growth? *Aquaculture* 177, 129–152. doi:10.1016/S0044-8486(99)00074-5
- Boeuf, G., Payan, P., 2001. How should salinity influence fish growth? *Comp. Biochem. Physiol. C. Toxicol. Pharmacol.* 130, 411–23.
- Carr, W.E., Netherton, J.C., Derby, C.D., Augustine, S., 1996. Stimulants of feeding behavior in fish: analyses of tissues of diverse marine organisms. *Biol. Bull.* 149–160.
- Carr, W.E.S., Derby, C.D., 1986. Chemically stimulated feeding behavior in marine animals - Importance of chemical mixtures and involvement of mixture interactions. *J. Chem. Ecol.* 12, 989–1011. doi:10.1007/BF01638992
- Checkley, D., 1984. Relation of growth to ingestion for larvae of Atlantic herring *Clupea harengus* and other fish. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 18, 215–224.

doi:10.3354/meps018215

- Constantino, M. a, Salmon, M., 2003. Role of chemical and visual cues in food recognition by leatherback posthatchlings (*Dermochelys coriacea* L). *Zoology (Jena)*. 106, 173–181. doi:10.1078/0944-2006-00114
- De Silva, S., Anderson, T., 1995. *Fish nutrition in aquaculture*, First. ed. London.
- Díaz de Astarloa, J.M., Figueroa, D.E., Cousseau, M.B., Barragán, M., 2000. Occurrence of *Trachinotus carolinus* (Carangidae) in laguna costera Mar Chiquita, with comments on other occasionally recorded fishes in Argentinean waters. *Bull. Mar. Sci.* 66, 399–403.
- Døving, K., Knutsen, J., 1993. Feeding responses and chemotaxis in marine fish larvae, in: Kaushik, S., Luquet, P. (Eds.), *Fish Nutrition in Practice*. Chapman & Hall, New York, pp. 579–587.
- Efford, I., 1976. Distribution of the Sand Crabs in the Genus *Emerita* (Decapoda, Hippidae). *Crustaceana* 30, 169–183.
- El-Sayed, A.F.M, 2006. *Tilapia Culture*. CABI International, Willingford Oxfordshire.
- El-Sayed, A.F.M., El-Ghobashy, A.E., 2011. Effects of tank colour and feed colour on growth and feed utilization of thinlip mullet (*Liza ramada*) larvae. *Aquac. Res.* 42, 1163–1169. doi:10.1111/j.1365-2109.2010.02704.x
- El-Sayed, A.F.M., El-Ghobashy, A.E., El-Mezayen, M.M., 2013. Effect of feed colour on growth and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) larvae and fingerlings. *Aquac. Nutr.* 19, 870–876. doi:10.1111/anu.12031
- Elvidge, C.K., Brown, G.E., 2012. Visual and chemical prey cues as complementary predator attractants in a tropical stream fish assemblage. *Int. J. Zool.* 2012, 1–7. doi:10.1155/2012/510920
- Enberg, K., Jørgensen, C., Dunlop, E.S., Varpe, Ø., Boukal, D.S., Baulier, L., Eliassen, S., Heino, M., 2012. Fishing-induced evolution of growth: concepts, mechanisms and the empirical evidence. *Mar. Ecol.* 33, 1–25. doi:10.1111/j.1439-0485.2011.00460.x
- FAO, 2012. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2012*. Rome. doi:10.5860/CHOICE.50-5350

- Faulkes, Z., Paul, D.H., 1997a. Digging in sand crabs (Decapoda, Anomura, Hippoidea): interleg coordination. *J. Exp. Biol.* 200, 793–805.
- Faulkes, Z., Paul, D.H., 1997b. Coordination between the legs and tail during digging and swimming in sand crabs 161–169. doi:10.1007/s003590050037
- Fiksen, O., Folkvord, A., 1999. Modelling growth and ingestion processes in herring *Clupea harengus* larvae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 184, 273–289.
- Finucane, J.H., 1970. Progress in pompano mariculture. *J. World Aquac. Soc.* 1, 69–72.
- Forbes, J.M., 2000. Physiological and metabolic aspects of feed intake control., in: D'Mello, J. (Ed.), *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. CABI, Wallingford, pp. 319–333. doi:10.1079/9780851993782.0319
- Godin, J.G.J., 1978. Behavior of juvenile pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum) toward novel prey: influence of ontogeny and experience. *Environ. Biol. Fishes* 3, 261–266. doi:10.1007/BF00001451
- Guthrie, D., Muntz, W., 1993. Role of vision in fish behaviour, in: Pitcher, T. (Ed.), *Behaviour of Teleost Fishes*. Chapman and Hall, London, pp. 89–121.
- Hara, T., 1994. The diversity of chemical stimulation in fish olfaction and gustation. *Rev. Fish Biol. Fish.* 35, 1–35.
- Heilman, M.J., Spieler, R.E., 1999. The daily feeding rhythm to demand feeders and the effects of timed meal-feeding on the growth of juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus*. *Aquaculture* 180, 53–64. doi:10.1016/S0044-8486(99)00140-4
- Heinsbroek, L.T., Goedegebuur, B.J., Bloemhof, G., Flach, R.B., de Jong, G.D., 2008. Gastrointestinal and metabolic effects of feeding schedule on voluntary feed intake and growth of European eel, *Anguilla anguilla*. *Aquac. Int.* 16, 93–108. doi:10.1007/s10499-007-9128-8
- Heinsbroek, L.T.N., Van Hooff, P.L. a., Swinkels, W., Tanck, M.W.T., Schrama, J.W., Verreth, J. a. J., 2007. Effects of feed composition on life history developments in feed intake, metabolism, growth and body composition of European eel, *Anguilla anguilla*. *Aquaculture* 267, 175–187. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.03.028
- Helfman, G., 1993. Fish behaviour by day, night and twilight, in: Pitcher, T. (Ed.),

Behaviour of Teleost Fishes. Chapman & Hall, London, pp. 366–387.

- Hirt-Chabbert, J. a., Skalli, a., Young, O. a., Gisbert, E., 2012. Effects of feeding stimulants on the feed consumption, growth and survival at glass eel and elver stages in the European eel (*Anguilla anguilla*). *Aquac. Nutr.* 18, 152–166. doi:10.1111/j.1365-2095.2011.00883.x
- Imslund, A.K., Sunde, L.M., Folkvord, A., Stefansson, S.O., 1996. The interaction of temperature and fish size on growth of juvenile turbot. *J. Fish Biol.* 49, 926–940. doi:10.1111/j.1095-8649.1996.tb00090.x
- Irwin, S., O'halloran, J., FitzGerald, R., 1999. Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus*(Rafinesque). *Aquaculture* 77–88.
- Jørgensen, E., Christiansen, J., Jobling, M., 1993. Effects of stocking density on food intake , growth performance and oxygen consumption in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* . *Aquaculture* 110, 191–204.
- Jory, D., Iversen, E., Lewis, R., 1985. Culture of fishes of the genus *Trachinotus* (Carangidae) in the western Atlantic: prospects and problems. *J. World Maric. Soc.* 94, 87–94.
- Kamstra, A., Heinsbroek, L., 1991. Effects of attractants on start of feeding of glass eel, "*Anguilla anguilla*" L. *Aquac. Fish. Manag.* 22, 47–56.
- Kikuchi, K., Ueda, A., Sugita, H., Takeda, S., 2002. Effect of dietary inclusion of blue mussel extract. *J. World Aquac. Soc.* 33, 41–47.
- Kim, J.W., Brown, G.E., Dolinsek, I.J., Brodeur, N.N., Leduc, A.O.H.C., Grant, J.W.A., 2009. Combined effects of chemical and visual information in eliciting antipredator behaviour in juvenile Atlantic salmon *Salmo salar*. *J. Fish Biol.* 74, 1280–1290. doi:10.1111/j.1095-8649.2009.02199.x
- Kolkovski, S., Arieli, A., Tandler, A., 1997a. Visual and chemical cues stimulate microdiet ingestion in sea bream larvae. *Aquac. Int.* 5, 527–536. doi:10.1023/A:1018305416501
- Kolkovski, S., Czesny, S., Dabrowski, K., 2000. Use of krill hydrolysate as a feed attractant for fish larvae and juveniles. *J. World Aquac. Soc.* 31, 81–88. doi:10.1111/j.1749-7345.2000.tb00701.x

- Kolkovski, S., Koven, W., Tandler, A., 1997b. The mode of action of *Artemia* in enhancing utilization of microdiet by gilthead seabream *Sparus aurata* larvae. *Aquaculture* 155, 193–205. doi:10.1016/S0044-8486(97)00117-8
- Koven, W., Kolkovski, S., Hadas, E., Gamsiz, K., Tandler, A., 2001. Advances in the development of microdiets for gilthead seabream, *Sparus aurata*: a review. *Aquaculture* 194, 107–121. doi:10.1016/S0044-8486(00)00501-9
- Kubitza, F., Lovshin, L.L., Lovell, R.T., 1997. Identification of feed enhancers for juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides*. *Aquaculture* 148, 191–200. doi:10.1016/S0044-8486(96)01417-2
- Lazo, J., Davis, D., Arnold, C., 1998. The effects of dietary protein level on growth, feed efficiency and survival of juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus*. *Aquaculture* 225–232.
- Lee, P.G., Meyers, S.P., 1996. Chemoattraction and feeding stimulation in crustaceans. *Aquac. Nutr.* 2, 157–164. doi:10.1111/j.1365-2095.1996.tb00055.x
- Lemarié, G., Dosdat, a, Covès, D., Dutto, G., Gasset, E., Person-Le Ruyet, J., 2004. Effect of chronic ammonia exposure on growth of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture* 229, 479–491. doi:10.1016/S0044-8486(03)00392-2
- Li, M.H., Manning, B.B., Robinson, E.H., 2004. Effect of daily feed intake on feed efficiency of juvenile channel catfish. *N. Am. J. Aquac.* 66, 100–104. doi:http://dx.doi.org/10.1577/A03-024.1
- Lovell, R., 1991. Nutrition of aquaculture species. *J. Anim. Sci.* 4193–4200.
- Luczkovich, J.J., 1988. The role of prey detection in the selection of prey by pinfish *Lagodon rhomboides* (Linnaeus). *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 123, 15–30. doi:10.1016/0022-0981(88)90106-2
- Mackie, A., Mitchell, A., 1985. Identification of gustatory feeding stimulants for fish - Applications in aquaculture, in: Cowey, C., Mackie, A., Bell, J. (Eds.), *Nutrition and Feeding in Fish*. Academic Press, London, pp. 177–189.
- Mackie, A.M., Adron, J.W., Grant, P.T., 1980. Chemical nature of feeding stimulants for the juvenile Dover sole, *Solea solea* (L.). *J. Fish Biol.* 16, 701–708. doi:10.1111/j.1095-8649.1980.tb03749.x

- Main, K.L., Rhody, N., Nystrom, M., Resley, M., 2007. Species profile: Florida Pompano. South. Reg. Aquac. Cent. 7206, 1–6.
- Manning, L.M., Peterson, C.H., Fegley, S.R., 2013. Degradation of surf-fish foraging habitat driven by persistent sedimentological modifications caused by beach nourishment. Bull. Mar. Sci. 89, 83–106.
- Martín-Robichaud, D., Peterson, R.H., 1998. Effects of light intensity, tank colour and photoperiod on swimbladder inflation success in larval striped bass, *Morone saxatilis* (Walbaum). Aquac. Res. 29, 539–547. doi:10.1046/j.1365-2109.1998.00234.x
- McMaster, M., 1987. Pompano mariculture: Past Success and Present Opportunities.
- McMaster, M., Kloth, T., Coburn, J., 2003. Prospects for commercial pompano mariculture. Aquac. Am. Conf. 1–15.
- McMaster, M., Kloth, T., Coburn, J., Stolpe, N., 2006. Florida pompano, *Trachinotus carolinus*, is an alternative species for low salinity shrimp pond farming. Aquac. Am. Conf. 1–17.
- Niang, T.M.S., Pessanha, A.L.M., Araújo, F.G., 2010. Dieta de juvenis de *Trachinotus carolinus* (Actinopterygii, Carangidae) em praias arenosas na costa do Rio de Janeiro. Iheringia. Série Zool. 100, 35–42. doi:10.1590/S0073-47212010000100005
- Nunes, A.J.P., Sá, M.V.C., Andriola-Neto, F.F., Lemos, D., 2006. Behavioral response to selected feed attractants and stimulants in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 260, 244–254. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.06.027
- O'Connell, C.P., 1972. The interrelation of biting and filtering in the feeding activity of the northern anchovy (*Engraulis mordax*). J. Fish. Res. Board Canada 29, 285–293.
- Palmeira, L., Monteiro-Neto, C., 2010. food habits of teleost fishes *Trachinotus carolinus* (Teleostei: Carangidae) and *Menticirrhus littoralis* (Teleostei: Sciaenidae), inhabiting the surf zone off Niterói. Brazilian J. Oceanogr. 58, 1–9.
- Papatryphon, E., Soares Jr., J., 2000. The effect of dietary feeding stimulants on growth performance of striped bass, *Morone saxatilis*, fed-a-plant feedstuff-based diet. Aquaculture 329–338.

- Papatryphon, E., Soares Jr, J., 2002. A Qualitative and quantitative approach to determine the optimum combination of feeding stimulants for striped bass *Morone saxatilis* Using an Agar Gel Carrier. J. World Aquac. Soc. 33, 23–31. doi:10.1111/j.1749-7345.2002.tb00474.x
- Papatryphon, E., Soares Jr, J., 2000. Identification of feeding stimulants for striped bass, *Morone saxatilis*. Aquaculture 339–352.
- Papoutsoglou, S., Mylonakis, G., Miliou, H., Karakatsouli, N., Chadio, S., 2000. Effects of background color on growth performances and physiological responses of scaled carp (*Cyprinus carpio* L.) reared in a closed circulated system. Aquac. Eng. 22, 309–318. doi:10.1016/S0144-8609(00)00056-X
- Peterson, B., Small, B., 2006. Effect of Feeding Frequency on Feed Consumption, Growth, and Feed Efficiency in Aquarium-reared Norris and NWAC103 Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). J. world Aquac. ... 37, 490–495.
- Pfeiffer, T.J., Riche, M. a., 2011. Evaluation of a low-head recirculating aquaculture system used for rearing florida pompano to market size. J. World Aquac. Soc. 42, 198–208. doi:10.1111/j.1749-7345.2011.00456.x
- Planas, M., Cunha, I., 1999. Larviculture of marine fish: Problems and perspectives. Aquaculture 177, 171–190. doi:10.1016/S0044-8486(99)00079-4
- Pörtner, H., Berdal, B., Blust, R., Brix, O., Colosimo, A., De Wachter, B., Giuliani, A., Johansen, T., Fischer, T., Knust, R., Lannig, G., Naevdal, G., Nedenes, A., Nyhammer, G., Sartoris, F., Serendero, I., Sirabella, P., Thorkildsen, S., Zakhartsev, M., 2001. Climate induced temperature effects on growth performance, fecundity and recruitment in marine fish: developing a hypothesis for cause and effect relationships in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common eelpout (*Zoarces viviparus*). Cont. Shelf Res. 21, 1975–1997. doi:10.1016/S0278-4343(01)00038-3
- Rasmussen, R.S., Ostefeld, T.H., 2000. Effect of growth rate on quality traits and feed utilisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Aquaculture 184, 327–337. doi:10.1016/S0044-8486(99)00324-5
- Reiriz, L., Nicieza, A.G., Branta, F., 1998. Prey selection by experienced and naive juvenile Atlantic salmon. J. Fish Biol. 53, 100–114. doi:10.1111/j.1095-8649.1998.tb00113.x

- Resley, M.J., Webb, K. a., Holt, G.J., 2006. Growth and survival of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at different salinities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 253, 398–407. doi:10.1016/j.aquaculture.2005.08.023
- Riche, M., 2009. Evaluation of digestible energy and protein for growth and nitrogen retention in juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus*. *J. World Aquac. Soc.* 40, 45–57.
- Rittschof, D., Shepherd, R., 1984. Concentration and preliminary characterization of chemical attractant of the oyster drill , *Urosalpinx cinerea*. *J. Chem. Ecol.* 10, 63–79.
- Rottiers, D. V, Lemm, C.A., 1985. Movement of underyearling walleyes in response to odor and visual cues. *Progress. Fish-Culturist* 47, 34–41. doi:10.1577/1548-8640(1985)47
- Schmidt-Nielsen, K., 1996. *Animal Physiology: Adaptation and Environment*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Scorvo Filho, J.D., Horikana, M.T., Barros, H., Bastos, A., 1987. Identificação e ocorrência de alevinos de *Trachinotus* na região de Ubatuba (23°32' S e 45°04' S e 45°04'W), Estado de São Paulo, Brasil. *Bol. Inst. Pesca, SP* 14, 35–43.
- Seymour, E., 1989. Devising optimum feeding regimes and temperatures for the warmwater culture of eel , *Anguilla anguilla* L . *Aquac. Fish. Manag.* 20, 129–142.
- Smith, C., 1997. *National Audubon Society field guide to tropical marine fishes: Caribbean, Gulf of Mexico, Florida, Bahamas, Bermuda*. Alfred A. Knopf, New York.
- Sorensen, P., Caprio, J., 1998. Chemoreception, in: Evans, D. (Ed.), *Physiology of Fishes*. CRC Press, Boca Raton, pp. 375–405.
- Strand, Å., Alanärä, a., Staffan, F., Magnhagen, C., 2007. Effects of tank colour and light intensity on feed intake, growth rate and energy expenditure of juvenile Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L. *Aquaculture* 272, 312–318. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.08.052
- Tandler, A., Berg, B.A., Kissil, G. wm, Mackie, A.M., 1982. Effect of food attractants on appetite and growth rate of gilthead bream, *Sparus aurata* L. *J. Fish Biol.* 20, 673–681. doi:10.1111/j.1095-8649.1982.tb03977.x

- Tesser, M.B., Portella, M.C., 2006. Diet ingestion rate and pacu larvae behavior in response to chemical and visual stimuli. *Rev. Bras. Zootec. J. Anim. Sci.* 35, 1887–1892.
- Thetmeyer, H., Waller, U., Black, K., 1999. Growth of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) under hypoxic and oscillating oxygen conditions. *Aquaculture* 355–367.
- Thorarensen, H., Gústavsson, A., Mallya, Y., Gunnarsson, S., Árnason, J., Arnarson, I., Jónsson, A.F., Smáradóttir, H., Zoega, G.T., Imsland, A.K., 2010. The effect of oxygen saturation on the growth and feed conversion of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture* 309, 96–102. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.08.019
- Tomida, L., Lee, J.T., Barreto, R.E., 2012. Stomach fullness modulates prey size choice in the frillfin goby, *Bathygobius soporator*. *Zoology* 115, 283–288. doi:10.1016/j.zool.2012.04.004
- Tuene, S., Nortvedt, R., 1995. Feed intake, growth and feed conversion efficiency of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.). *Aquac. Nutr.* 1, 27–35. doi:10.1111/j.1365-2095.1995.tb00032.x
- Utne-Palm, a. C., 2002. Visual feeding of fish in a turbid environment: Physical and behavioural aspects. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 35, 111–128. doi:10.1080/10236240290025644
- Vahl, O., 1979. An hypothesis on the control of food intake in fish. *Aquaculture* 17, 221–229.
- Valente, L.M.P., Saglio, P., Cunha, L.M., Fauconneau, B., 2001. Feeding behaviour of fast- and slow-growing strains of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), during first feeding. *Aquac. Res.* 32, 471–480. doi:10.1046/j.1365-2109.2001.00584.x
- Valentinčič, T., Caprio, J., 1997. Visual and Chemical Release of Feeding Behavior in Adult Rainbow Trout. *Chem. Senses* 22, 375–382. doi:10.1093/chemse/22.4.375
- Valentinčič, T.B., Caprio, J., 1994. Chemical and visual control of feeding and escape behaviors in the channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Physiol. Behav.* 55, 845–855. doi:10.1016/0031-9384(94)90070-1

- Van Ham, E.H., Berntssen, M.H.G., Imsland, A.K., Parpoura, A.C., Wendelaar Bonga, S.E., Stefansson, S.O., 2003. The influence of temperature and ration on growth, feed conversion, body composition and nutrient retention of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture* 217, 547–558. doi:10.1016/S0044-8486(02)00411-8
- Vickers, N.J., Vickers, N.J., 2017. Mechanisms of animal navigation in odor plumes. *Biol. Bull.* 198, 203–212.
- Volpato, G.L., Bovi, T.S., de Freitas, R.H. a, da Silva, D.F., Delicio, H.C., Giaquinto, P.C., Barreto, R.E., 2013. Red light stimulates feeding motivation in fish but does not improve growth. *PLoS One* 8, e59134. doi:10.1371/journal.pone.0059134
- Watanabe, W., 1994. Aquaculture of the Florida pompano and other jacks (Family Carangidae) in the western Atlantic, Gulf of Mexico and Caribbean Basin: status and potential., in: Main, K., Rosenfield, C. (Eds.), *Culture of High Value Marine Fishes*. The Oceanic Institute, Honolulu, Hawaii, pp. 185–205.
- Watanabe, W.O., Ellis, S.C., Chaves, J., 2001. Effects of dietary lipid and energy to protein ratio on growth and feed utilization of juvenile mutton snapper *Lutjanus analis* fed isonitrogenous diets at two temperatures. *J. World Aquac. Soc.* 32, 30–40. doi:10.1111/j.1749-7345.2001.tb00919.x
- Weatherley, A., Gill, H., 1987. *The Biology of Fish Growth*. Academic Press, London.
- Weirich, C.R., Groat, D.R., Reigh, R.C., Chesney, J., Malone, R.F., 2006. Effect of feeding strategies on production characteristics and body composition of Florida pompano reared in marine recirculating systems. *N. Am. J. Aquac.* 68, 330–338. doi:10.1577/a05-082.1
- Weirich, C.R., Riche, M., 2006. Acute tolerance of juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus* L., to ammonia and nitrite at various salinities. *Aquac. Res.* 37, 855–861. doi:10.1111/j.1365-2109.2006.01502.x
- Weirich, C.R., Riley, K.L., 2007. Volitional spawning of Florida pompano, *Trachinotus carolinus*, induced via administration of gonadotropin releasing hormone analogue (GnRHa). *J. Appl. Aquac.* 19, 47–60. doi:10.1300/J028v19n03_03
- Wheeler, K.N., Stark, C.C., Heard, R.W., 2002. A preliminary study of the summer feeding habits of juvenile Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) from open and protected beaches of the Northeastern Gulf of Mexico. *Gulf Caribb. Fish. Inst.* 53,

659–673.

Williams, S., Lovell, R., Hawke, J., 1985. Value of menhaden oil in diets of Florida pompano. *Progress. Fish-Culturist* 47, 159–165. doi:10.1577/1548-8640(1985)47

Zahorcsak, P., Silvano, R. a, Sazima, I., 2000. Feeding biology of a guild of benthivorous fishes in a sandy shore on south-eastern Brazilian coast. *Rev. Bras. Biol.* 60, 511–518.