

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste trabalho será disponibilizado somente a partir de 09/11/2017.

**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

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 Egidio 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.



*“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. À 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 aquícultura, 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 conseqüentemente 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 conseqüentemente 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 conseqüentemente 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* (Acanthopterygii; 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 Massachusetts 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 aqüicultura. 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 Estado 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.

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 aqüicultura. 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 conseqüentemente, 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 (GnRH_a). *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.