



A importância das vitaminas E, C e A na reprodução de peixes: revisão de literatura

The importance of the vitamin E, C and A in the reproduction of fishes: literature review

Rodrigo Diana Navarro^{1,4}, Oswaldo Pinto Ribeiro Filho², Walter Motta Ferreira¹,
Fernanda Keley Silva Pereira³

¹Dep. Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte MG, 30123-970, Brasil.

²Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa, Brasil

³Bióloga

⁴Correspondência: rddnavarro@yahoo.com.br

Resumo

O papel das vitaminas A, E e C, na reprodução de peixes, tem sua importância retratada principalmente no desenvolvimento reprodutivo. Este trabalho aborda a importância das vitaminas E, C e A na reprodução, bem como descreve os principais parâmetros de avaliação do desenvolvimento reprodutivo. Também é abordado o efeito da suplementação de vitaminas E, C e A, com objetivo de melhorar e aumentar o número de gametas férteis.

Palavras-chave: vitaminas A, vitaminas E e C, desenvolvimento gonadal, reprodução de peixes.

Abstract

The role of the vitamins A, E and C is mainly the reproductive development. This work describes the importance of the vitamins E, C and A in the reproduction of fishes. Parameters of evaluation of the reproductive development are approached and the effects of supplementation of vitamin E, C and A on improvement and increase in the number of fertile gametes are discussed.

Keywords: Vitamin A, Vitamin E and C, gonadal development, reproduction of fishes.

Introdução

A aquicultura mundial está crescendo mais rapidamente do que qualquer outra atividade do setor primário. Esse crescimento deve-se à percepção de que o ambiente aquático é o último grande sistema de produção subutilizado na Terra. Seu uso tem por estímulo o aumento da população e a crescente demanda por alimento (Igarashi e Magalhães Neto, 2001).

O cultivo de animais aquáticos tem o potencial de suprir a carência de alimentos, com qualidade superior, particularmente no que tange à proteína animal (Lovell, 1991, Igarashi e Magalhães Neto, 2001). No Brasil, existem diversos organismos aquáticos que podem ser criados para serem comercializados, como os moluscos bivalves, os crustáceos e os peixes. A piscicultura continental, em particular, é praticada em todo o território brasileiro, adaptada às características de cada região. Em 2005, a produção da aquicultura continental brasileira foi de 179.746 toneladas. Desse total, 99% referem-se à piscicultura. Oitenta e sete por cento da produção de peixes correspondem à criação de tilápia, carpas e peixes redondos (Aquicultura ..., 2006, Corrêa *et al.*, 2008).

Devido ao aumento da demanda de alimento, é importante que se encontrem formas de melhorar a nutrição de reprodutores de peixes para conseguir larvas, ovos e maiores índices reprodutivos e, com isso, aumentar a produção e disponibilização de alevinos.

A aquicultura economicamente viável depende, em grande parte, de um fornecimento confiável de ovos férteis e de alevinos. Ambos podem ser produzidos com banco de reprodutores mantidos em condição de regimes nutricionais adequados (Alvarez-Lajonchere, 2006).

Os estudos de nutrição dos reprodutores são ainda limitados e relativamente caros devido à necessidade de instalações de grandes dimensões, a manutenção de grandes grupos de peixes adultos e aos elevados custos de produção para conduzir experimentos de alimentação prolongada (Alvarez- Lajonchere, 2006, Navarro *et al.*, 2006a).

Os primeiros estudos foram realizados no Japão, utilizando a espécie *Pagrus auratus* (Watanabe *et al.*, 1984). Esses estudos demonstraram que a preparação de dietas artificiais adequadas, durante o período de pré desova, tem grande efeito na qualidade de ovos e larvas.

O desenvolvimento eficiente e saudável dos animais passa obrigatoriamente pelo fornecimento de uma dieta capaz de satisfazer as necessidades básicas de crescimento. Ela deve conter as concentrações próximas do ideal de seus diversos componentes e utilizar uma tecnologia adequada na preparação (Navarro *et al.*, 2007). A estocagem, a concentração de vitaminas e minerais, a biodisponibilidade dos nutrientes são exemplos de

parâmetros que interferem no desenvolvimento do animal.

As vitaminas são requeridas em pequenas quantidades para crescimento normal e para reprodução. Muitos sintomas de deficiência de vitaminas em peixes têm sido descritos, principalmente nos cultivos com alta densidade e em sistemas intensivos. Os peixes têm exigência vitamínica similar à dos demais animais terrestres, com exceção da vitamina C, cuja presença é essencial para o bom desempenho da criação e particularmente das taxas de sobrevivência de larvas e alevinos (Pezzato, 1999; Quintero *et al.*, 2000).

A exigência de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis depende ainda das condições do meio ambiente, da inter-relação com outros nutrientes presentes na dieta e das condições de saúde do peixe que pode afetar a digestão, a absorção e a utilização metabólica dessas vitaminas (Halver 1988, Miranda *et al.*, 2000).

É importante salientar que a nutrição de peixe pode influenciar a reprodução, o desenvolvimento gonadal, o número e a qualidade de ovócitos e espermatozoides (Navarro *et al.*, 2006a). Portanto, escolher os ingredientes utilizados na confecção das dietas, considerando a sua composição de vitaminas, poderá refletir no desenvolvimento reprodutivo do peixe, (Luquet e Watanabe, 1986, Navarro *et al.*, 2006a). Como critérios para avaliar os efeitos da nutrição na reprodução, são usados o índice gonadossomático o índice hepatossomático e o estágio de desenvolvimento gonadal. Este trabalho visa abordar a importância das vitaminas E, C e A na reprodução de peixe.

Vitaminas E, C e A como antioxidantes

Radicais livres são espécies de oxigênios reativos (ROS). Também conhecidos como oxidantes, são radicais de oxigênio diatômico gerado por sistemas biológicos aeróbicos (Guerra *et al.*, 2004). Os radicais livres podem ser gerados no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana, e seu alvo celular (proteínas, lipídeos, carboidratos e DNA) está relacionado com seu sítio de formação (Bianchi e Antunes, 1999).

A proteção contra a alta produção de espécies de oxigênios reativos e a prevenção de danos celulares aferida pela ação de antioxidantes encontrados nos espermatozoides ou no plasma seminal é de significativa importância para a reprodução. Por conseguinte, a importância da necessidade de níveis adequados das vitaminas C, E e A é facilmente entendida, pois estas são consideradas excelentes antioxidantes, capazes de sequestrar os radicais livres com grande eficiência (Guerra *et al.*, 2004).

A vitamina E (α -tocoferol e seus derivados), antioxidante lipossolúvel predominante nos animais, protege as células de radicais de oxigênio, *in vivo* e *in vitro*. Acredita-se ser ela o inibidor primário de radicais livres encontrados em pequenas quantidades nas membranas celulares de mamíferos e no plasma seminal (Sikka, 2004), protegendo as células de estresse oxidativo (Kagan *et al.*, 1992) e minimizando os danos à membrana e ao DNA (Sikka, 2004).

A vitamina C também atua sinergicamente com a vitamina E, ao gerar tocoferol com base em radicais tocoferoxil, produto da interação de tocoferol e radical livre de oxigênio (Guerra *et al.*, 2004). Dessa forma, as vitaminas C e E agem conjuntamente, reduzindo a peroxidação lipídica e a produção de radicais livres induzida pelo H_2O_2 , e protegendo, desta forma, os espermatozoides contra danos de DNA (Guerra *et al.*, 2004).

A redução dos danos oxidativos por estas duas vitaminas pode ser potencializada na presença de carotenoides, constituindo um dos principais mecanismos da defesa endógena do organismo (Guerra *et al.*, 2004). Passoto *et al.* (1998) observaram que a vitamina A e seus análogos, retinal, ácido retinoico, acetato e palmitato de retinol, mostraram efeitos antioxidantes expressivos, podendo ser usados como alternativa na inibição da peroxidação lipídica.

Vitaminas C, E e A na reprodução

O crescimento, a reprodução, a saúde e o metabolismo dos peixes requerem pequenas quantidades destas vitaminas (Pezzato, 1999). Existem consideráveis diferenças nas exigências vitamínicas entre as espécies de peixes. Essas diferenças devem-se a fatores específicos a cada espécie, à disponibilidade destas na ração, às características anatomofisiológicas do sistema gastrointestinal, ao estado fisiológico do animal e à idade. Esses fatores podem interferir na capacidade de absorver, transportar e metabolizar as vitaminas presentes no alimento.

Sabe-se que, para o desenvolvimento de embriões de peixes, é necessário que ocorra a transferência de nutrientes do organismo dos reprodutores para os gametas, transferência inclusive de vitamina E. Esta influencia a qualidade das gônadas, a fecundidade, a qualidade de ovos, o desenvolvimento embrionário, a porcentagem de fertilização, a eclosão e a sobrevivência de larvas (Fernandez-Palácio *et al.*, 1998). Vitamina E e a vitamina C juntas, como já foi mencionado, agem como agentes antioxidantes. Ambas têm papel protetor contra os radicais livres e protegem os ácidos graxos essenciais (Izquierdo *et al.*, 2001, Rotta, 2003). Watanabe *et al.*, 1991, citados por Alvarez-Lajonchere (2006), observaram que o aumento de vitamina E em até 200 mg/kg de ração melhorou a taxa de eclosão e a porcentagem de larvas normais, o mesmo efeito foi observado em dorada (Fernandez-Palacios *et al.*, 1995).

Alguns autores, como Gupta *et al.* (1987), observaram maior desenvolvimento do índice gonadossomático utilizando suplementação de 270 mg de vitamina E/kg de ração. Tan e He (2007) observaram

maior desenvolvimento das gônadas em *Monopterus albus* alimentados com 220 mg de vitamina E/kg de ração. Navarro (2008) observou em tilápia do nilo *Oreochromis niloticus* que, ao suplementar 150 mg/kg de vitamina E, houve maior maturação gonadal.

O efeito sinérgico da suplementação conjunta de vitaminas C e E na alimentação de peixes é visto principalmente sobre o sistema imunológico (Martins *et al.*, 2008). Foi demonstrado em peixes “milkfish” *Chanos chanos* (Emata *et al.*, 2000), que a eficácia da combinação das duas vitaminas se expressou na qualidade dos ovos. Lee e Dabrowski (2004) observaram em “Yellow perch” *Perca flavescens* que a combinação de 160 mg/kg de vitamina E e 250 mg/kg de vitamina C resultou em melhor qualidade de sêmen.

O ácido ascórbico atua no organismo como agente redutor no transporte de hidrogênio no interior das células. Ele está vinculado à desintoxicação de drogas aromáticas, à síntese de hormônios esteroides e participa de vários sistemas enzimáticos de hidroxilação, entre os quais a transformação de prolina em hidroxiprolina (um dos componentes do colágeno e da matriz extracelular), e está vinculado também à síntese de carnitina (metabolismo de lipídeos), à utilização do ácido fólico e ao metabolismo do ferro (Rotta, 2003, Navarro, 2008).

O ácido ascórbico é necessário na formação de ossos, cartilagens e dentes, assim como na recuperação de fraturas e na cicatrização de ferimentos. Interage com a vitamina E e com o selênio na manutenção da atividade das enzimas glutatona peroxidase e superóxido dismutase, importantes na eliminação de radicais oxidantes produzidos no metabolismo. No sangue, está envolvido na maturação de eritrócitos, na coagulação e na manutenção da hemoglobina em níveis normais (Nutrient..., 1993). Rotta (2003) em seu estudo, sugere que a ligação da vitamina C com a reprodução está na sua participação na vitelogênese e na embriogênese.

Alguns estudos demonstram que o desempenho reprodutivo das fêmeas diminui quando são fornecidas dietas sem ou com baixa quantidade de ácido ascórbico. Isso provoca uma diminuição de disponibilidade de vitamina C no ovário, reduzindo o número de ovos, restringindo a eclodibilidade e aumentando tanto o número de larvas com deformidade quanto a sua mortalidade (Soliman *et al.*, 1986b; Rotta 2003). Por outro lado, Mataveli *et al.* (2007) não encontraram diferenças significativas na mobilidade espermática em tilápia-do-nilo alimentadas com diferentes concentrações de vitamina C.

Soliman *et al.* (1986) observaram retardamento da maturação gonadal em tilápia mossâmbica alimentada com dieta isenta de ácido ascórbico. Sandnes *et al.* (1984) verificaram que a suplementação de 115 mg de ácido ascórbico /kg de ração provocou o aumento no número de ovos em truta arco-íris *Salmo gairdneri*. Blom e Dabrowski (1995) constataram que, ao suplementar 870 mg de ácido ascórbico monofosfato/kg de ração em fêmeas de truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, houve diferença significativa na quantidade de ovos. Dabrowski *et al.* (1994) observaram que o ácido ascórbico monofosfato não foi encontrado nos ovos de truta arco-íris. Concluíram que somente o ácido ascórbico puro é transportado e armazenado nestes tecidos. Segundo Masumoto *et al.* (1991), citados por Rotta (2003), a vitamina C participa da formação do colágeno logo depois da fertilização. Isso indica sua participação no desenvolvimento embrionário.

Waagbø *et al.* (1989) mostraram que houve decréscimo nos níveis de 17- β -estradiol e vitelogenina, em truta arco-íris alimentada durante o período em que o crescimento ovariano é rápido, com dieta isenta de ácido ascórbico. A síntese de vitelogenina no fígado é regulada pelos receptores do 17- β estradiol, e ambos são bons indicadores bioquímicos do processo de vitelogênese. Rotta (2003) afirma ocorrer relação entre a presença de ácido ascórbico e o desenvolvimento ovariano em peixes.

A vitamina A faz parte das vitaminas lipossolúveis. Tem como principal função ser componente da rodopsina, um pigmento que absorve luz e é encontrado na retina do olho. A concentração desse pigmento é responsável pela adaptação do espécime à quantidade de luz presente em diferentes habitats, e tem efeito sobre o crescimento e a reprodução dos peixes (Nutrient....., 1993; Bacconi, 2003)

O efeito sobre a reprodução de peixes tem sido observado principalmente quando são usados os carotenoides vermelhos, como a astaxantina. Seu papel antioxidante protege contra efeitos dos radicais livres (Miki *et al.*, 1994). Outro estudo, como o de Vassallo-Agius *et al.* (2001), observaram aumento na taxa de fecundidade com a espécie de peixe *Striped jack* com a inclusão de 10 mg de astaxantina.

Harris (1984), depois de adicionar 40 mg de canthaxantina/kg de ração na dieta de truta arco-íris *Salmo gairdneri*, observou aumento no tamanho dos ovos. Miki *et al.* (1994) utilizaram *krill* e camarão como fonte de carotenoides, ambos crustáceos muito utilizados na alimentação de peixes. Verificaram que os ovos de muitas espécies passaram a ter mais qualidade após o seu consumo. Em outro experimento, verificaram que dietas com deficiências em carotenoides diminuíram a taxa de sobrevivência de ovos e larvas de *Etheostoma lepidum* (Woodhead, 1960). Furuita *et al.* (2001) constataram que, em “Japanese flounder” *Paralichthys olivaceus*, altos níveis de vitamina A influem na composição dos ovos e não na sua qualidade. Tan e He (2007) observaram, em *Monopterus albus*, maior desenvolvimento gonadal com suplementação de 14.000 mg/kg de ração.

Parâmetros de avaliação da reprodução

Desenvolvimento gonadal e índice gonadossomático

O índice gonadossomático (IGS), que representa o percentual de massa da gônada em relação ao peso

corporal, tem sido utilizado como importante parâmetro de avaliação de atividade reprodutiva tanto em fêmeas como em machos. Em peixes machos, nem sempre esse índice indica a correta condição reprodutiva. Vários autores têm utilizado o índice gonadossomático como parâmetro de avaliação da biologia reprodutiva em espécies de peixes (*Leporinus Silvestri*, em Andrade, 1980; *Leporinus piau*, em Santos, 1986; *Schizodon Knerii*, em Ferreira, 1986; *Hoplias Malabaricus*, em Barbieri, 1989; *Schizodon Knerii*, em Ferreira e Godinho, 1990; *Leporinus Copelandii*, em Costa, 1999) ou para associá-lo à maturidade e fecundidade dos indivíduos (Jons e Miranda, 1997).

No processo de maturação gonadal, ocorre aumento gradativo dos valores de índice gonadossomático (IGS) cujo pico coincide com o estágio de maturação mais avançada das fêmeas. Os menores valores são atribuídos ao estágio de repouso. Esse comportamento foi observado em *Leporinus copelandii*, por Nomura (1976), *Colossoma mitrei*, por Lima *et al.* (1984), *Leporinus piau*, por Tavares e Godinho (1984), *Parodon tortuosus*, por Azevedo *et al.* (1988); *Shizodon knerii*, por Ferreira e Godinho (1990), *Leporinus friderici*, por Barbieri e Santos (1988), e *Leporinus copelandii*, por Costa *et al.* (2005). Estes demonstraram que as variações desse índice acompanham as modificações estruturais dos ovários nos diferentes estádios de maturação.

Outros autores, como Jons e Miranda (1997), concluíram que as oscilações sazonais do peso das gônadas podem ser utilizadas como indicadores grosseiros da época de reprodução da população. Para Tavares e Godinho (1984), os valores máximos de índice gonadossomático para *Leporinus piau* coincidiram, em ambos os sexos, com o estágio de maturação avançada e intermediária, e os valores mínimos, com o estágio de repouso. Bazzoli *et al.* (1997) utilizaram os valores de índice gonadossomático como recurso auxiliar associado às análises histológicas de gônadas, para determinar os estádios do ciclo reprodutivo, o tipo de desova e a época de reprodução de quatro espécies de peixes forrageiros. Alguns autores, como Gupta *et al.* (1987), observaram maior desenvolvimento do índice gonadossomático quando suplementaram a dieta com 270 mg de vitamina E por Kg de ração. Resultado semelhante aos encontrados no estudo anterior foi observado por Tan e He (2007), ao constatarem maior desenvolvimento do índice gonadossomático em *Monopterus albus* alimentados com 220 mg de vitamina E/kg de ração. Esses autores concluíram que a suplementação de vitamina E melhora o desenvolvimento de gônadas. Navarro (2008) observou maior índice gonadossomático em tilápia *Oreochromis niloticus* alimentada com 150 mg de vitamina E/kg de ração.

Índice hepatossomático

O índice hepatossomático (IHS) representa o percentual de massa do fígado em relação ao peso corporal. O índice hepatossomático é uma forma de quantificar o estoque de energia (glicogênio) (Cyrino *et al.*, 2000; Navarro *et al.*, 2006b). O glicogênio, uma das muitas formas de armazenamento da energia consumida pelo peixe, é encontrado, em grande quantidade, nos tecidos do fígado e no músculo dos peixes. Embora o tecido muscular de peixes carnívoros, como a truta arco-íris, possa concentrar cerca de 6% a mais de glicogênio que o fígado, as quantidades totais de glicogênio muscular ou hepático podem ser consideradas iguais (Heidinger e Crawford, 1977; Cyrino *et al.*, 2000).

Alguns estudos têm demonstrado efeito da vitamina E no índice hepatossomático, como nos trabalhos de Tocher *et al.* (2002), que suplementaram vitamina E não alterou significativamente o IHS de *Sparus aurata*. Pearce *et al.* (2003) suplementaram vitamina E e concluíram que o tratamento sem suplementação obteve maior IHS.

Conclusões

Tem sido demonstrada a necessidade de suplementação de vitaminas A, E e C, principalmente no início do desenvolvimento gonadal e no período da vitelogênese dos peixes em reprodução. Alguns sinais, como o retardamento no desenvolvimento gonadal, a baixa eclodibilidade, a diminuição na fertilização e a baixa motilidade espermática, associados à baixa disponibilidade destas vitaminas são fatos que evidenciam a importância destas na eficiência reprodutiva nesses animais.

Referências

- Alvarez- Lajonchere L.** Nutrición de reproductores de peces marinos. *In:* Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, 8, León, Monterrey, México. *Anales ...* León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2006.p 1-19.
- Andrade DR.** *Variación cíclica anual da espermatogênese em Leporinus Silvestri (Boulenger, 1902).* 1980. 87f. Dissertação (Mestrado em Morfologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1980.
- Aquicultura** e pesca: uma política sustentável para o Brasil. *In:* Conferência Nacional de Aquicultura e Pesca, 2, 2006, Brasília. Brasília: IBAMA/Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, 2006. 87p.
- Azevedo CO, Barbieri MC, Barbieri G.** Ciclo reprodutivo de *Parodon Tortuosus* (Eigenmann and Norris, 1900) do Rio Passa Cinco Ipeúma, SP. II. Estádio de maturação do ovário. Época de reprodução, *Rev Bras Biol*, v.48, p.571-575, 1988.

- Bacconi DF.** *Exigência nutricional de vitamina A para alevinos de tilápia do nilo Oreochromis niloticus.* 2003. 31f. Dissertação (Mestrado em Ciência animal e Pastagem.) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba 2003.
- Barbieri G.** Dinâmica da reprodução e crescimento de *Hoplias Malabaricus* (Bloch, 1794; Osteichthyes, Erythrinidae) da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. *Rev Bras Zool*, v.6, p.225-233, 1989.
- Barbieri G, Santos EP.** Análise comparativa do crescimento e de aspecto reprodutivo da piava *Leporinus Friderici* (BLOCH, 1974) (Osteichthyes, Anostomidae) da Represa do Lobo e do Rio Moji Guaçu, SP. *Ciênc Cult*, v.40, p.693-697, 1988.
- Bazzoli NS, Sato Y, Santos JE, Cruz AMG, Cangussu LCV, Pimenta RS, Ribeiro VMA.** Biologia reprodutiva de quatro espécies de peixes forrageiros da Represa de Três Marias, Minas Gerais: Estudo histológico e histoquímico. *Bios*, v.4, p.5-10, 1997.
- Bianchi MLP, Antunes LMG.** Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Rev Nutr*, v.12, p.123-130, 1999.
- Blom JH, Dabrowski K.** Reproductive success of female rainbow-trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to graded dietary ascorbyl monophosphate levels. *Biol Reprod*, v.52, p.1073-1080, 1995.
- Borghetti JR.** Estimativas da produção pesqueira brasileira. *Panor Aquicult*, v.6, n.35, p.25-27, 1996.
- Corrêa CF, Scorvo Filho JD, Tachibana L, Leonardo AFG.** Caracterização e situação atual da cadeia de produção da piscicultura no vale do ribeira. *Inf Econ SP*, v.38, n.5, p.30-36, 2008.
- Costa APR.** *Aspectos da biologia reprodutiva de fêmeas do Piau vermelho Leporinus Copelandii Steindachner, 1875 (Pisces, Anostomidae), Na Bacia do Baixo Rio Paraíba do Sul, RJ.* 1999. 113f. Dissertação (Mestrado em Produção animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Campos dos Goytacazes, 1999.
- Costa APR, Andrade DR, Vidal Junior MV, Souza G.** Indicadores quantitativos da biologia reprodutiva de fêmeas de piau-vermelho no Rio Paraíba do Sul. *Pesq Agropec Bras*, v.40, p.789-795, 2005.
- Cyrino JEP, Pórtz L, Martino RCI.** Retenção de proteína e energia em juvenis de “Black Bass” *Micropterus Salmoides*. *Sci Agric*, v.57, p.609-616, 2000.
- Dabrowski K, Matusiewicz M, Blom JH.** Hydrolysis, absorption and bioavailability of ascorbic acid esters in fish. *Aquaculture*, v.124, p.169-192, 1994.
- Emata A, Borlongan I, Damaso J.** Dietary vitamin C and E supplementation and reproduction of milkfish (*Chanos chanos*). *Aquacult Res*, v.31, p.557-564, 2000.
- Fernandez-Palacios H, Izquierdo MS, Gonzalez M, Robaina L, Valencia A.** Combined effect of dietary α -tocopherol and n3 HUFA on egg quality of gilthead seabream broodstock *Sparus aurata*. *Aquaculture*, v.161, p.475-476, 1998.
- Fernandez-Palacios H, Izquierdo MS, Robaina L, Valencia A, Salhi M, Vergara J.** Effect of n3 HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture*, v.32, p.325-337, 1995.
- Ferreira RMA.** *Biologia reprodutiva de piau branco (PISCES, ANOSTOMIDAE) da Represa de Três Marias, Rio São Francisco, MG.* 1986. 175f. Dissertação (Mestrado em Morfologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1986.
- Ferreira RMA, Godinho HP.** Reproductive biology of the white-piau, *Schizodon Knerii* (Steindachner, 1875) (Anostomidae) from a reservoir in Southeast Brasil. *Eur Arch Biol*, v.101, p.331-344, 1990.
- Furuita HH, Tanaka T, Yamamoto M, Shiraishi T.** Effects of high dose of vitamin A on reproduction and egg quality of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish Sci*, v.67, p.606-613, 2001.
- Guerra MMP, Evans G, Maxwell WMC.** Papel de oxidantes e antioxidantes na andrologia: Revisão de literatura. *Rev Bras Reprod Anim*, v.28, p.187-195, 2004.
- Gupta SD, Khan HA, Bhowmick RM.** Observations on the effect of vitamin E and growth hormone on the gonadal maturity of carps. *J Inst Fish Soc India*, v.19, p.26-31, 1987.
- Halver JE.** *Fish nutrition.* San Diego, CA: Academic Press, 1988. 798p.
- Harris LE.** Effects of a broodfish diet fortified with canthaxanthin on female fecundity and egg color. *Aquaculture*, v.43 p.179-183, 1984
- Heidinger RC, Crawford SD.** Effect of temperature and feeding rate on the liver-somatic index of the largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *J Fish Res Board Canada*, v.34, p.633-638. 1977.
- Igarashi MA, Magalhães Neto EO.** Estratégias para o desenvolvimento da aquicultura no Nordeste brasileiro. *Rev Econ Nordeste*, v.32, p.148-165, 2001.
- Izquierdo MS, Fernández-Palácio H, Tacon AGJ.** Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, v.197, p.25-42, 2001.
- Jons GD, Miranda LE.** Ovarian weight as an index of fecundity, maturity, and spawning periodiction. *J Fish Biol*, v.50, p.150-156, 1997.
- Kagan VE, Serbinova EA, Forte T, Scita G, Packer L.** Recycling of vitamin E in low density lipoproteins. *J Lipid Res*, v.33, p.385-397, 1992.
- Lee K.J, Dabrowski K.** Long-term effects and interactions of dietary vitamins C and E on growth and reproduction of yellow perch, *Perca flavescens*. *Aquaculture*, v.230, p.377-389, 2004.
- Lima JAF, Barbieri G, Verani JR.** Período de reprodução, tamanho da primeira maturação gonadal do pacu, *Colossoma mitrei*, em ambiente natural. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 3, 1984, São Carlos, SP. *Anais ...*

- São Carlos, SP: Universidade de São Carlos, 1984. p.477-485.
- Lovell RT. Foods from aquaculture. *Food Technol*, n.9, p.87-92, 1991.
- Luquet P, Watanabe T. Interaction Nutrition-Reproduction. *Fish Physiol Biochem*, v.2, p.121-129, 1986.
- Martins ML, Miyazaki DM, Yamaguchi MF. Ração suplementada com vitaminas C e E influencia a resposta inflamatória aguda em tilápia do Nilo. *Cienc Rural*, v.38, p.213-218, 2008.
- Mataveli M, De Moraes GV, Streit Jr DP, Mendez LDIV, Sakaguti ES, Toninato JC, Barbosa RC, Merlini L. Avaliação da qualidade do sêmen de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem chitralada, suplementada com diferentes concentrações de Vitamina C. *Bol Inst Pesca*, v.33, p.1-7, 2007.
- Miki W, Otaki N, Shimidzu N, Yokoyama A. Carotenoids as free radical scavengers in marine animals. *J Mar Biotechnol*, v.2, p.35-37, 1994.
- Miranda EC, Pinto LGQ, Pezzato LE, Barros MM, Pezzato AC, Furuya WM. Avaliação de vitaminas hidro e lipossolúveis em pós-larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 9, 2000, Florianópolis, SC. *Anais ... Florianópolis*: SBA, 2000. CD-ROM.
- Navarro RD, Lanna EAT, Donzele JL, Matta SLP, Souza MA. Níveis de energia digestível da dieta sobre o desempenho de piauçu (*Leporinus Macrocephalus*) em fase pós-larval. *Acta Scient Zootech*, v.29, p.109-114, 2007.
- Navarro RD. *Suplementação de vitaminas E e C para tilápias do Nilo (Oreochromis niloticus)*. 2008. 50f. Tese (Doutorado em Nutrição Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- Navarro RD, Matta SLP, Lanna EAT, Donzele JL, Rodrigues SS, Silva RF, Calado LL, Ribeiro Filho OP. Níveis de energia digestível na dieta de piauçu no desenvolvimento testicular em estágio pós-larval. *Zootec Trop*, v.24, p.153-163, 2006a.
- Navarro RD, Silva RF, Ribeiro Filho OP, Calado LL, Rezende FP, Silva CS, Santos LC. Comparação morfológica e índices somáticos de machos e fêmeas do lambari prata (*Astyanax scabripinnis* Jerenyns, 1842) em diferente sistema de cultivo. *Zootec Trop*, v.24, p.22-33, 2006b.
- Nomura H. 1976, Fecundidade e hábitos alimentares da piava *Leporinus Copelandii* Stendachthner, 1975 do Rio Mogi Guaçu, SP (Osterechthyes, Anostomidae). *Rev Bras Biol*, v.36, p.69-273, 1976.
- Nutrient requirements of fish. Washington, DC: National Academy of Sciences Press, 1993. 114p.
- Passotto JA, Penteado MVC, Mancini-Filho J. Atividade antioxidante do b-caroteno e da vitamina A. estudo comparativo com antioxidante sintético. *Cienc Tecnol Aliment*, v.18, p.68-72, 1998.
- Pearce J, Harris JE, Davies SJ. The effect of vitamin E on the serum complement activity of the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquacult Nutr*, v.9, p.337-340, 2003.
- Pezzato LE. Alimentação de peixes-relação custo e benefício. In: Reunião Anual Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36, 1999, Porto Alegre, RS. *Anais ... Porto Alegre*: SBZ, 1999. p.109-118.
- Rotta MA. *Utilização do ácido ascórbico (vitamina C) pelos peixes*. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. p.54.
- Sandnes K, Ulgens Y, Braekkan OR, Utne F. The effect of ascorbic acid supplementation in broodstock feed on reproduction of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, v.43, p.167-177, 1984.
- Santos GB. *Aspecto da biologia de Leporinus piau Fowler, 1941 na Represa Três Marias (MG) (PISCES, Ostariophysi, Anostomidae)*. 1986. 148f. (Dissertação Mestrado) - Universidade de São Carlos (UFSC), 1986.
- Sikka SC. Role of oxidative stress and antioxidants in andrology and assisted reproductive technology. *J Androl*, v.25, p.5-18, 2004.
- Soliman AK, Jauncey K, Roberts RJ. The effect of dietary ascorbic acid supplementation on hatchability, survival rate and fry performance in *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Aquaculture*, v.59, p.197-208, 1986.
- Tan QR, He SX. 2007. Effect of dietary supplementation of Vitamins A, D₃, E, and C on yearling rice field Eel, *Monopterus albus*: serum indices, gonad development, and metabolism of calcium and phosphorus. *J World Aquacult Soc*, v.29, p.432-440, 2007.
- Tavares, E. F., Godinho, H. P. Ciclo reprodutivo do peixe Piau gordura (*Leporinus Piau*, Fowler, 1941) da Represa de Três Marias Rio São Francisco. *Rev Ceres*, v.41, n.233, p.28-33, 1984.
- Tocher DG, Mourente A, Van Dereecken J, Evjemo E, Diaz J, Bell G, Geurden I, Lavens P, Olsen Y. Effects of dietary vitamin E on antioxidant defence mechanisms of juvenile turbot *Scophthalmus maximus* L., halibut *Hippoglossus hippoglossus* L. and sea bream *Sparus aurata* L. *Aquacult Nutr*, v.8, p.195-207, 2002.
- Vassallo-Agius, R, Imazumi H, Watanabe T, Yamazaki T, Satoh S, Kiron V. The Influence of astaxanthin supplemented dry pellets on spawning of striped jack. *Fish Sci*, v.67, p.260-270, 2001.
- Waagbø R, Thorsen, T, Sandnes K. Role of dietary ascorbic acid in vitellogenesis in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, v.80, p.301-314, 1989.
- Watanabe T, Arakawa T, Kitajima C, Fujita C. Effect of nutritional quality of broodstock diets on reproduction of sea bream. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, v.50, p.495-501, 1984.
- Woodhead AD. Nutrition and reproductive capacity. *Proc Nutr Soc*, v.19, p.23-27, 1960.