






ARTIGO DE REVISÃO

Bases neuroendócrinas do estresse e bem-estar em peixes teleósteos

Neuroendocrine bases of stress and welfare in Teleosteal fish

Beatriz Gneiding ^{1*}, Daniela Romani Bonotto ², José Eduardo Gneiding ^{1,3}, Joelma Lucioli ³, Humberto Maciel França Madeira ⁴, Ana Paula Baldan⁵

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba, PR, Brasil

² Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil

³ Universidade Regional de Blumenau (FURB), Blumenau, SC, Brasil

⁴ Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba, PR, Brasil

⁵ Zootecnista, Doutorado em Aquicultura, Curitiba, PR, Brasil

Resumo

No Brasil, aproximadamente 4 milhões de pessoas estão envolvidas direta ou indiretamente com a aquicultura, a qual contribui como fonte de renda e produção de alimento. Na última década, o consumo de pescado no mundo elevou-se exponencialmente, ressaltando a preocupação quanto ao bem-estar e redução do estresse desses animais por parte de consumidores de proteína animal, pesquisadores, desenvolvedores de tecnologias e produtores. Sabe-se que o estresse nos peixes desencadeia respostas neuroendócrinas, liberando catecolaminas e cortisol. A discussão acerca do tema se dá por razões éticas e pela qualidade de vida desses seres, o que pode agregar vantagens tanto para os animais como para a produtividade em si, melhorando a reprodução, crescimento e qualidade da carne, dentre outros benefícios. O estudo da senciência em conjunto com estudos neuroanatômicos,

comportamentais e fisiológicos é ferramenta importante para o conhecimento e redução da ocorrência de estresse nos diferentes manejos produtivos. Este trabalho apresenta estruturas neuroanatômicas e endócrinas de peixes como ferramenta auxiliar na caracterização do bem-estar e estresse nesses animais. A analogia entre estruturas neuronais de peixes e mamíferos, e a observação comportamental frente a diferentes estressores, suporta a ideia de que esses animais possuem graus de senciência. Desta forma, novas pesquisas objetivando a diminuição do estresse e sofrimento e visando boas práticas de manejo destes animais são essenciais para que se possa definir técnicas adequadas e humanitárias de abate.

Palavras-chave: Neurobiologia do estresse. Senciência. Estresse em peixes. Abate em peixes. Bem-estar animal.

* Autor correspondente: gneiding@msn.com

Recebido: 10 abr 2019 | Aprovado: 29 mai 2019

Abstract

In Brazil, approximately four million people are directly or indirectly involved in aquaculture, which contributes as a source of income and food production. In the last decade, fish consumption in the world increased exponentially, highlighting the concern about the welfare and reduction of stress of these animals by the animal protein consumer, researchers, developers of technologies or producers. It is known that stress in fish triggers neuroendocrine responses, releasing catecholamines and cortisol. The discussion on the subject is due to ethical reasons and the quality of life of these animals, which can add advantages for both fish and productivity, improving reproduction, growth and meat quality, among other benefits. The study of sentience in conjunction with neuroanatomic, behavioral and physiological studies are important tools for the knowledge and reduction of stress occurrence in different productive managements. This paper presents neuroanatomic and endocrine structures of fish as an auxiliary tool in the characterization of welfare and stress in these animals. The analogy between fish and mammalian neuronal structures and behavioral observation in different stressors supports the idea that these animals have degrees of sentience. In this way, new research aimed at reducing stress and suffering and good management practices of these animals is essential to define appropriate and humane slaughter techniques.

Keywords: *Neurobiology of stress. Sentience. Stress in fish. Fish slaughter. Animal welfare.*

Introdução

A demanda por pescado vem crescendo mundialmente, e o aumento no consumo per capita no mundo ultrapassou o índice de 100% entre 1961 (9 kg) e 2015 (20,2 kg) (FAO, 2018). Atualmente, a aquicultura e a pesca são importantes fontes de alimentação, nutrição, renda e meio de subsistência humana para milhões de pessoas ao redor do mundo, estimando-se que seja responsável pelo sustento de 10% a 12% da população no globo (FAO, 2016).

No Brasil, aproximadamente 4 milhões de pessoas estão envolvidas direta ou indiretamente com o setor pesqueiro. O país possui uma das

maiores bacias hidrográficas do mundo e uma costa marinha de 8400 km de extensão. Atualmente, o Brasil é o maior produtor da América do Sul, tendo grande potencial para produção de pescado que, aliado às melhorias nos sistemas de produção, poderá gerar um aumento exponencial até 2030 (FAO, 2018).

O aumento no consumo per capita de pescado gera preocupação quanto ao bem-estar e redução do estresse. No decorrer das últimas décadas, muitos temas acerca do bem-estar animal foram discutidos, gerando ações científicas, políticas e legais que beneficiaram muitos animais de produção neste quesito. Entretanto, os peixes de modo geral, não se enquadraram neste contexto. De acordo com os dados de produção e consumo crescentes, disponibilizados pela FAO (2018), é importante nos questionarmos quanto ao bem-estar destes animais e como estes são tratados e abatidos antes de chegarem às prateleiras dos pontos de venda.

No Brasil, a Instrução Normativa nº 3 (MAPA, 2000), que aprova o regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue, inclui mamíferos, aves domésticas e animais silvestres criados em cativeiro, não fazendo nenhuma menção aos peixes, e embora existam leis que definam o abate para animais de interesse zootécnico, os peixes não estão inseridos neste contexto.

Estudos neuroanatômicos, comportamentais e fisiológicos, associados à preocupação com o bem-estar animal, são ferramentas importantes que possibilitam a redução da ocorrência de estresse, gerando desta forma mais qualidade de vida e consequentemente otimizando a produção.

Bases neuroendócrinas do estresse e sentiência

A variação nas respostas ao estresse neuroendócrino em peixes é multifatorial e pode estar relacionada a fatores genéticos, ambientais e experiências prévias. Respostas divergentes são geralmente correlacionadas a perfis comportamentais específicos que formam diferentes estilos de enfrentamento de estresse (Winberg et al., 2016). As diversas maneiras de confrontar situações desfavoráveis está relacionada à variação na resposta

fisiológica ao agente estressor; correspondente a grande diversidade entre as espécies de peixes existentes (Gorissen e Flik., 2016).

Cotee (2012) relatou diversos padrões comportamentais de estados mentais avaliados de forma subjetiva em peixes como, por exemplo, memória de longo prazo, aprendizado social, de evitação, preferência ou aversão a determinado sabor, e comportamento nociceptivo, concluindo que esses animais podem vivenciar algo semelhante ao sentimento, sendo essa analogia muito explorada em estudos sobre vertebrados superiores, como os mamíferos.

Ao falarmos acerca da capacidade de determinada espécie animal ter sensações, perceber ou sentir algo através dos sentidos, estamos falando de consciência. Pedrazzani et al. (2007) a definem como a “capacidade de ter consciência de sensações, portanto, ter sentimentos subjetivos”, sendo uma condição difícil de se medir de forma objetiva (Proctor et al., 2013). O caráter subjetivo, associado ao comportamento e consciência, indica que talvez não sejamos capazes de compreender em sua plenitude esse fator, contudo, somos impelidos a aceitar sua existência, pois a consciência é o pilar de sustentação dos estudos que envolvem o bem-estar animal (Nagel, 1974; Proctor et al., 2013),

Estão envolvidos no processo de consciência os nociceptores (receptores sensoriais da dor) (Guyton e Hall, 2006), que permitem a experiência da dor de forma consciente, a interpretação cognitiva e posterior estresse psicogênico (Oliveira e Galhardo, 2007). As estruturas envolvidas no circuito da dor dos peixes também estão presentes nos vertebrados superiores (Pedrazzani et al., 2007). Quando comparados aos mamíferos, não possuem néocórtex - responsável pela atribuição das cognições superiores e, especialmente nos humanos, pela consciência (Lent, 2008) - entretanto, isso não os impede de possuir experiência mental, ainda que não seja vivenciada da mesma forma (Cotee, 2012). A declaração de Cambridge sobre consciência afirma que o fato de não ter neocórtex aparentemente não impede um animal de sentir emoção, pois existem evidências de que animais não humanos também possuem substratos neurológicos que geram consciência (Low, 2012).

É proposto, também, que os teleósteos possuam em seu telencéfalo regiões homólogas ao isocórtex, hipocampo e amígdala (pálio medial em peixes), sendo essa relacionada a respostas ligadas ao medo e às emoções (Broglia et al., 2005). Demski (2013) relata que a porção dorsal e ventral da região dorso-lateral do pálio desses animais são interligadas e atuam nos comportamentos cognitivos e emocional, sugerindo que a divisão dorsal possa ser equiparada ao neocórtex sensorial e que a ventral seja homóloga ao hipocampo de tetrápodes.

Neste sentido, pesquisas com peixes mostram que estes são suscetíveis à dor, uma vez que possuem nociceptores e fazem a percepção dos estímulos nocivos, sejam estes sensoriais e/ou emocionais (Sneddon, 2006). O efeito antinociceptivo também foi observado como consequência do uso de opióides em animais não mamíferos, incluindo peixes (Stevens, 2009). No experimento realizado por Sneddon et al. (2003), com trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), foram classificados como nociceptores 22 dos 58 receptores encontrados na cabeça do animal. Além disso, mediante injeção de ácido acético na região dos lábios, as trutas arco-íris apresentaram comportamentos anômalos, como esfregar-se nas laterais do tanque e contra cascalhos, sugerindo que tais comportamentos seriam tentativas de minimizar dor e desconforto. A aplicação de morfina se mostrou um fármaco efetivo como analgésico, diminuindo significativamente os comportamentos relacionados à dor.

No intuito de estabelecer se peixes podem responder a estímulos nocivos ainda em sua fase larval, Lopez-Luna et al. (2017) avaliaram o comportamento natatório de larvas de zebrafish (*Danio rerio*) expostas aos ácidos acético e cítrico em diferentes concentrações, concluindo que a espécie apresenta nocicepção já nesta fase da vida. Além disso, os analgésicos ácido acetil salicílico, lidocaína e morfina, quando aplicados em doses significativas, reduziram a resposta comportamental como consequência do alívio da dor.

Tendo em vista as evidências quanto à nocicepção, é importante considerá-la quando voltamos o olhar aos métodos de abate e cultivo utilizados em peixes. Inseridos na temática do bem-estar, o abate humanitário de animais (processos que assegurem o bem-estar em todas as etapas antes e durante o

abate, causando o mínimo de sofrimento possível) vem se tornando objeto de crescente preocupação por parte do consumidor e de pesquisadores, desenvolvedores de tecnologias e produtores (Galhardo e Oliveira, 2006; Trecenti e Zappa, 2013; Rodrigues et al., 2015; Rucinke et al., 2017).

Um dos métodos mais utilizados para o abate comercial de peixes é a exposição do animal ao choque térmico com água e gelo por períodos entre 10 e 15 minutos, diminuindo lentamente o metabolismo, o que causa paralização fria. Entretanto, o tempo de exposição e a consciência do animal durante o processo faz desta técnica um método estressante para os animais e até mesmo ineficaz dependendo da espécie, já que muitas vezes que pode causar a paralização fria, mas não efetivamente a morte (Viegas et al., 2012). Métodos alternativos podem ser empregados como, por exemplo, choque elétrico, golpe letal na cabeça e secção medular, procedimentos físicos que geram menos sofrimento (Pedrazzani et al., 2009; Viegas et al., 2012).

Países como Austrália, Chile, Nova Zelândia, Coréia, Costa Rica e Honduras fazem uso de fármacos, em métodos considerados humanitários. Os peixes são previamente anestesiados com isoeugenol, um derivado do óleo de cravo. Esta técnica permite a perda da consciência com pouca perturbação, proporcionando um alto padrão de bem-estar. Esta substância, entretanto, ainda não tem aprovação para utilização comercial em muitos países, sendo importante encorajar pesquisas acerca do uso de anestésicos e segurança alimentar (Lines e Spence, 2014).

Entrevistas sobre bem-estar animal realizadas com produtores de peixes demonstraram comportamento humanitário no manejo dos animais, visando uma maior produtividade do pescado, pois, segundo os produtores, o manejo está diretamente relacionado ao ganho de peso, sanidade e sobrevivência dos peixes (Rodrigues et al., 2015).

Manejos incorretos no arrasto de captura, assim como o tipo de anzol, tempo e profundidade de apreensão, podem provocar lesões na pele e ferimentos nas barbatanas. Alterações bruscas de temperatura e oxigenação também foram associadas a lesões e mortalidade no manejo de peixes cultivados em viveiros (Veldhuizen et al., 2018). Outro fator que possui impacto direto ao

bem-estar destes animais é a qualidade da água, que precisa manter níveis satisfatórios de oxigênio, quantidade reduzida de amônia, pH, e temperatura adequada a fim de diminuir a incidência de doenças e estresse. Uma densidade populacional elevada tanto no cultivo quanto no transporte dos animais pode gerar sofrimento e perdas subsequentes (Yildiz et al., 2017). Com base nesses estudos, é importante maior cautela por parte dos produtores ao cultivar, manejar e transportar o pescado, observando os fatores de qualidade da água e as técnicas de captura, e buscando alternativas que causem menos desconforto e lesões (Yildiz et al., 2017; Veldhuizen et al., 2018).

A maneira de se conduzir o manejo é de extrema importância, uma vez que a sobrevivência dos peixes teleósteos está intimamente ligada à manutenção do equilíbrio ou homeostase, a qual deve ser constantemente reestabelecida para garantir a adaptação do animal ao seu ambiente (Chrousos e Gold, 1992). Quando há uma alteração nesta condição de homeostase, pode-se considerar que o animal está sob uma situação de estresse (Barton e Iwama, 1991), o que desencadeia uma resposta endócrina (Farrell, 2011), e a percepção da circunstância de ameaça pelo peixe é o fator que gera esta resposta (Evans et al., 2014). Dada a condição de estresse, ocorre o estímulo no hipotálamo, que por sua vez incita o sistema neuroendócrino, desencadeando uma cascata fisio-metabólica (Martínez-Porchas et al., 2009; Rudneva, 2014).

O estresse em peixes é um processo multifatorial integrando percepção, memória e respostas, podendo ser consideradas questões psicológicas associadas às fisiológicas (Chandaroo et al., 2004). Animais com alto grau de cognição são suscetíveis à dor e, ao entrarem em contato com algum agente nocivo (estressor), aprendem a evitá-lo em situações futuras, como forma de sobrevivência da espécie. Os peixes apresentam essa mesma característica de evitação, além de parecerem alheios a estímulos externos quando estão em contato com a dor, apresentando déficit de atenção. Evidencia-se, desta forma, que a cognição demonstrada por esses animais é semelhante à apresentada pela maior parte dos vertebrados (Brown, 2015).

Quando comparados aos mamíferos, os peixes possuem um cérebro basal, contudo,

apresentam características conspícuas em seu sistema neuroendócrino, dentre elas longas células neurosecretoras, que vão do hipotálamo à adenoipófise e que são responsáveis pela liberação hormonal, não estando presente o sistema porta-hipotálamo-hipofisário, como nos mamíferos (Baldisserotto, 2013).

Com exceção de alguns grupos de teleósteos, geralmente não possuem glândula adrenal (Roberts, 2012), contudo esta função é desempenhada pelos mesmos grupos celulares, as células cromafins e as interrenais (Gallo e Civinini, 2003; Baldisserotto, 2013). As células cromafins geralmente estão em contato com o tecido interrenal, mas podem ser encontradas em outras regiões, como amontoados entre o rim e a coluna vertebral, por exemplo (Roberts, 2012), sendo responsáveis pela produção das catecolaminas (CAs) adrenalina e noradrenalina (Baldisserotto, 2013). As células interrenais são um grupo de células eosinofílicas com formato cuboide, localizadas no rim, geralmente associadas a vasos sanguíneos (Roberts, 2012) e responsáveis pela produção de cortisol (Baldisserotto, 2013).

A hipófise tem forma variável de acordo com a espécie e localiza-se na base do cérebro, ligada ao hipotálamo (Papoutsoglou, 2012). O sistema neurosecretor caudal está situado no final da medula espinhal (Craig et al., 2005), formado por células neurosecretoras que possuem uma estrutura de armazenamento denominada urófise, (correspondente à neuroipófise dos mamíferos). Esse sistema é responsável pela produção de urotensinas (UI e UII), vasocitocina e isocitocina (Baldisserotto, 2013).

O fator estressor, ao estimular o sistema nervoso central (SNC), faz com que este libere hormônios primários do estresse na corrente sanguínea (Iwama, 1998; Martínez-Porchas et al., 2009; Farrell, 2011). Essa liberação ocorre por meio de duas vias principais, o eixo cérebro simpático cromafins (CSC) e o eixo hipotálamo-pituitária interrenal (HPI) (Farrell, 2011; Evans et al., 2014) com o intuito de disponibilizar energia para os órgão e tecidos (Van Weerd e Komen, 1998).

Similar ao eixo simpático adrenal medular nos mamíferos, o eixo CSC é responsável pelo aumento imediato das catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) na corrente sanguínea e tem

como precursor a tirosina (Papoutsoglou, 2012). As catecolaminas são produzidas e liberadas pelas células cromafins do rim cranial (Evans et al., 2014), e os responsáveis pelo controle desta liberação são basicamente fibras colinérgicas pré-ganglionares de nervos simpáticos (Farrell, 2011; Pankhurst, 2011). Alguns segundos após o estímulo estressor, as células cromafins liberam catecolaminas na corrente sanguínea. O armazenamento desses hormônios em vesículas dentro das células permite que essa liberação ocorra de forma rápida. O nível plasmático basal pode aumentar em até 50 vezes em situações de estresse, no entanto, sua vida plasmática é curta, de aproximadamente 10 minutos. No caso de estresse crônico, os níveis plasmáticos podem permanecer aumentados por longos períodos (Evans et al., 2014).

Correspondente ao eixo hipotálamo-hipófise-adrenal nos mamíferos, o eixo HPI nos peixes é responsável pela liberação do cortisol. Após a síntese e liberação do hormônio liberador de corticotrofina (CRH) e urotensina I (IU) pelo hipotálamo, ocorre o estímulo da pituitária para a liberação de hormônio adrenocorticotrópico (ACTH), que irá incitar as células interrenais na produção e liberação do cortisol, sendo este o principal corticosteroide em peixes teleósteos (Evans et al., 2014; Jeffrey, 2014). Por ser hidrofóbico, o cortisol é incapaz de ser armazenado em vesículas, sendo sintetizado sob demanda (Evans et al., 2014). Posteriormente ao estímulo estressor, a elevação dos níveis plasmáticos de cortisol se inicia, aproximadamente após 5 minutos (Farrell, 2011), e pode ser mensurada na corrente sanguínea após 10 minutos (Baldisserotto, 2013). Por esta razão, esse processo é o parâmetro mais utilizado para a avaliação de estresse em peixes (Evans et al., 2014).

Após liberados, os hormônios estimulam vias metabólicas, resultando em alterações bioquímicas e fisiológicas (Iwama, 1998; Martínez-Porchas et al., 2009; Papoutsoglou, 2012). Isso ocorre de maneira a proporcionar ao animal energia suficiente para responder às condições de luta ou fuga geradas pelo sinal de perigo (Van Weerd e Komen, 1998), que são acionadas pelo estressor (Rottmann et al., 1992).

A catecolamina adrenalina é a primeira a atuar, com ação fundamental e imediata, sendo responsável pelo estímulo da glicogenólise (Farrell,

2011). O aumento da disponibilidade de glicose é importante, pois servirá como fonte de energia para músculos e tecidos (Iwama et al., 1999; Rudneva, 2014). A elevação da frequência cardíaca aumenta o fluxo sanguíneo, principalmente para o cérebro, músculos e brânquias. Ocorre, assim, o aumento das trocas gasosas e a oxigenação é otimizada pela ação da noradrenalina, a qual potencializa a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio (Farrell, 2011; Pankhurst, 2011; Jeffrey, 2014).

Todos os mecanismos descritos que podem ser disparados durante o manejo, pré-abate e/ou abate poderão acometer a qualidade das escamas, pele, carne e principalmente a qualidade de vida (bem-estar) destes animais, gerando perdas para todas as partes envolvidas (Gregory, 1998).

Conclusão

Os teleósteos possuem regiões neurológicas homólogas ao hipocampo e ao neocórtex de animais superiores e nociceptores, que permitem a essas espécies perceberem estímulos. Diante disso, e do conhecimento de que alterações fisiológicas ocasionadas pelo estresse geram perdas tanto para o animal quanto para o produtor, novas pesquisas objetivando a diminuição do estresse e do sofrimento e visando boas práticas de manejo destes animais são essenciais para definir técnicas adequadas e humanitárias de abate. Deve-se, ainda, considerar a grande diversidade de espécies de peixes e a maneira como cada uma responde a determinado agente estressor para que a melhor técnica de abate seja empregada. Desta forma, as ações poderão refletir no segmento de pescado como um todo, seja pela indulgência para com os animais, pela produção de carne de maior qualidade ou ainda pelo apelo e aceitação por parte dos consumidores que estão cada vez mais atentos às práticas de bem-estar animal.

Referências

- Baldisserotto B. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. 3 ed. Santa Maria: Editora UFSM; 2013. 350 p.
- Barton BA, Iwama GK. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annu Rev Fish Dis.* 1991;1:3-26.
- Broglio C, Gómez A, Durán E, Ocaña FM, Jiménez-Moya F, Rodríguez F, et al. Hallmarks of a common forebrain vertebrate plan: Specialized pallial areas for spatial, temporal and emotional memory in actinopterygian fish. *Brain Res Bull.* 2005;66(4-6):277-81.
- Brown C. Fish intelligence, sentience and ethics. *Anim Cogn.* 2015;18(1):1-17.
- Chandroo KP, Duncan IJH, Moccia RD. Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress. *Appl Anim Behav Sci.* 2004;86(3-4):225-50.
- Chrousos GP, Gold PW. The concepts of stress and stress system disorders. Overview of physical and behavioral homeostasis. *JAMA.* 1992;267(9):1244-52.
- Cottee SY. Are fish the victims of 'speciesism'? A discussion about fear, pain and animal consciousness. *Fish Physiol Biochem.* 2012;38(1):5-15.
- Craig PM, Al-Timimi H, Bernier NJ. Differential increase in forebrain and caudal neurosecretory system corticotropin-releasing factor and urotensin I gene expression associated with seawater transfer in rainbow trout. *Endocrinology.* 2005;146(9):3851-60.
- Demski LS. The pallium and mind/behavior relationships in teleost fishes. *Brain Behav Evol.* 2013;82(1):31-44.
- Evans DH, Claiborne JB, Currie S. *The Physiology of fishes.* Boca Raton: CRC Press; 2014. 491 p.
- FAO. *The state of world fisheries and aquaculture - Contributing to food security and nutrition for all.* Roma: FAO; 2016.
- FAO. *The state of world fisheries and aquaculture - Meeting the sustainable development goals.* Roma: FAO, 2018.
- Farrell AP. *Encyclopedia of fish physiology: from genome to environment.* Amsterdam: Elsevier; 2011. 2272 p.

- Galhardo L, Oliveira R. Bem-estar animal: um conceito legítimo para peixes? *Rev Etol.* 2006;8(1):51-61.
- Gallo VP, Civinini A. Survey of adrenal homolog in teleosts. *Int Rev Cytol.* 2003;230:89-187.
- Gorissen M, Flik G. The endocrinology of the stress response in fish: an adaptation-physiological view. In: Schreck CB, Tort L, Farrell A, Brauner C (EE.). *Biology of Stress in Fish.* Londres: Academic Press; 2016. p. 75-111.
- Guyton AC, Hall JE. *Tratado de fisiologia médica.* Rio de Janeiro: Elsevier; 2006.1264 p.
- Iwama GK. Stress in fish. *Ann N Y Acad Sci.* 1998;851(1):304-10.
- Iwama GK, Vijayan MM, Fortsyth RB, Ackerman PA. Heat shock proteins and physiological stress in fish. *Integr Comp Biol.* 1999;39(6):901-9.
- Jeffrey JD. *The roles of social status, maternal stress, and parental investment in modulation of hypothalamic-pituitary-interrenal axis function in teleost fish [tese].* Ottawa: University of Ottawa; 2014. 245 p.
- Lent R. *Neurociência da mente e do comportamento.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008. 372 p.
- Lines JA, Spence J. Humane harvesting and slaughter of farmed fish. *Rev Sci Tech.* 2014;33(1):255-64.
- Lopez-Luna J, Al-Jubouri Q, Al-Nuaimy W, Sneddon LU. Reduction in activity by noxious chemical stimulation is ameliorated by immersion in analgesic drugs in zebrafish. *J Exp Biol.* 2017;220(Pt 8):1451-8.
- Low P. *The Cambridge declaration on consciousness.* Cambridge, UK; 2012 [acesso 29 nov 2018]. Disponível em: <https://tinyurl.com/dx2xqwx>
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. MAPA; 2000.
- Martínez-Porchas M, Martínez CLR, Ramos ER. Cortisol and glucose: reliable indicators of fish stress? *Panam J Aquat Sci.* 2009;4(2):158-78.
- Nagel T. What is it like to be a bat? *Philos Ver.* 1974;83(4):435-50.
- Oliveira RF, Galhardo L. Sobre a aplicação do conceito de bem-estar a peixes teleósteos e implicações para a piscicultura. *R Bras Zootec.* 2007;36(Supl Esp):77-86.
- Pankhurst NW. The endocrinology of stress in fish: an environmental perspective. *Gen Comp Endocrinol.* 2011;170(2):265-75.
- Papoutsoglou SE. *Textbook of fish endocrinology.* New York: Nova Science Publishers; 2012. 413 p.
- Pedrazzani AS, Molento CFM, Carneiro PCF, Fernandes-de-Castilho M. Senciência e bem-estar de peixes: uma visão de futuro do mercado consumidor. *Pan Aquicult.* 2007;102:24-9.
- Pedrazzani AS, Carneiro PCF, Kirschnik PG, Molento CFM. Impacto negativo de secção de medula e termonarrose no bem-estar e na qualidade da carne da tilápia-do-Nilo. *Rev Bras Saude Prod An.* 2009;10(1):188-97.
- Proctor HS, Carder G, Cornish AR. Searching for animal sentience: a systematic review of the scientific literature. *Animals (Basel).* 2013;3(3):882-906.
- Roberts RJ. *Fish pathology.* 4 ed. London: Blackwell Publishing; 2012. 590 p.
- Rodrigues DA, Carleti Jr AG, Balista WC, Freitas RR. Animal welfare concerns at a fish farming operation in southeastern Brazil. *Rev Gest Cost Int.* 2015;15(3):417-24.
- Rottmann RW, Francis-Floyd R, Durborow R. *The role of stress in fish disease.* SRAC Publication, No. 474. Ames: NCRAC, Iowa State University; 1992.
- Rucinke DS, Souza APO, Molento CFM. Perception of fish sentience, welfare and humane slaughter by highly educated citizens of Bogotá, Colombia and Curitiba, Brazil. *PLoS One.* 2017;12(1):e0168197.

- Rudneva I. Biomarkers for stress in fish embryos and larvae. Boca Raton: CRC Press; 2014. 220 p.
- Sneddon LU. Ethics and welfare: pain perception in fish. *Bull Eur Ass Fish Pathol.* 2006;26(1):6-10.
- Sneddon LU, Braithwaite VA, Gentle MJ. Novel object test: examining nociception and fear in the rainbow trout. *J Pain.* 2003;4(8):431-40.
- Stevens CW. The evolution of vertebrate opioid receptors. *Front Biosci (Landmark Ed).* 2009;14:1247-69.
- Trecenti AS, Zappa V. Abate humanitário: revisão de literatura. *Rev Cient Eletr Med Vet.* 2013;11(21).
- Veldhuizen LJJ, Berentsen PBM, de Boer IJM, van de Vis JW, Bokkers EAM. Fish welfare in capture fisheries: A review of injuries and mortality. *Fish Res.* 2018;204:41-8.
- Viegas EMM, Pimenta FA, Previero TC, Gonçalves LU, Durães JP, Ribeiro MAR, et al. Métodos de abate e qualidade da carne de peixe. *Arch Zootec.* 2012;61(R):41-50.
- Van Weerd JH, Komen J. The effects of chronic stress on growth in fish: a critical appraisal. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 1998;120(1):107-12.
- Winberg S, Höglund E, Øverli Ø. (2016) Variation in the neuroendocrine stress response. In: Schreck CB, Tort L, Farrell A, Brauner C (EE.). *Biology of Stress in Fish.* London: Academic Press; 2016. p. 35-74.
- Yildiz HY, Robaina L, Pirhonen J, Mente E, Domínguez D, Parisi G. Fish welfare in aquaponic systems: its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces - A review. *Water.* 2017;9(1):13.