

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 13/02/2019.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ZOOLOGIA

**Influência do estresse crônico e agudo na aprendizagem em diferentes
perfis comportamentais de tilápia do Nilo**

Nina Pacheco Capelini Alves

Botucatu, SP - 2018

Nina Pacheco Capelini Alves

**Influência do estresse crônico e agudo na aprendizagem em diferentes perfis
comportamentais de tilápia do Nilo**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual paulista – UNESP, Campus de Botucatu SP, como parte dos
requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas
– Área de concentração: Zoologia

Orientadora: Profa. Adj. Percília Cardoso Giaquinto

Coorientador: Prof. Dr. Assaf Barki

Botucatu – SP

2018

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

Alves, Nina Pacheco Capelini.

Influência do estresse crônico e agudo na aprendizagem em diferentes perfis comportamentais de tilápia do Nilo / Nina Pacheco Capelini Alves. - Botucatu, 2018

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Percília Cardoso Giaquinto

Coorientador: Assaf Barki

Capes: 20404000

1. Stress (Fisiologia). 2. Aprendizagem. 3. Personalidade. 4. Tilápia-do-Nilo. 5. Peixe - Comportamento.

Palavras-chave: Aprendizagem; Estresse; Personalidade.

Dedicatória

Dedico este trabalho de dissertação de mestrado aos meus pais: Juliana e Marcos, que sempre estiveram comigo me apoiando, me aconselhando, me ouvindo e me dando a oportunidade de estudar, de conhecer outras culturas, lugares, realidades e assim me ajudando a amadurecer e me tornar a pessoa que sou hoje. Dedico a minha irmã Natália, por todo companheirismo, conselhos, risadas e todo o amor. Aos meus avós Manoel, Jandira, Dirley e Oswaldo, por toda a inspiração que são pra mim. Sem todos vocês a realização desse trabalho de dissertação não seria possível.

Agradecimentos

Agradeço à professora Percília, que aceitou me orientar e desde o meu TCC até meu mestrado me apoiou, teve paciência, confiou em mim, me deu conselhos, ensinamentos e reflexões. Muito obrigada por contribuir tanto com a minha formação e desenvolvimento, tanto profissional como pessoal.

À minha família, que sempre me apoiou em todos os momentos, me motivaram para que eu me tornasse o que sou hoje e por sempre acreditarem em mim.

Aos meus amigos de faculdade Andrei, Juliana, Eliza, Ana Liz e Karina, que sempre estiveram comigo desde o primeiro ano, nos momentos de risadas e choro, de desabafos, de partilha de emoções, de luta, que sempre me motivaram e continuam fazendo parte da minha vida ativamente. Em especial ao Ruan, que me deu todos os sorrisos, carinho e companheirismo.

Aos meus colegas de laboratório, Isabela M., Carol, Vanessa, João, Marina, Isabela G., Bruno, Renata, Raul, Juliana, pelo companheirismo, conversas, paciência, discussões, reflexões e partilha de angustias e alegrias. Em especial a Adriana que me acompanha desde o meu TCC e se tornou uma amiga muito querida.

Ao Instituto de Biociências, Unesp – Botucatu, que tem sido minha casa desde o primeiro ano de faculdade. Ao programa de pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) por me permitir fazer parte do programa e pelos colegas de pós-graduação pelo companheirismo, em especial a Laís e Ana Maria.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Aos funcionários da Seção Técnica de Pós-Graduação, por toda a paciência e auxílio prestado.

A todos que participaram deste trabalho, cada qual da sua forma, em momentos distintos, de forma direta ou indireta e que permitiram a conclusão desta pesquisa de mestrado.

Sumário

TESE	1
HIPÓTESES	1
ESTRUTURA GERAL	1
COMITÊ DE ÉTICA	2
CAPÍTULO I	4
INTRODUÇÃO GERAL.....	4
CAPÍTULO II	10
OBJETIVO.....	10
MATERIAIS E MÉTODOS	10
<i>a) Condições de manutenção</i>	10
<i>b) Delineamento Experimental</i>	10
<i>c) Procedimentos Específicos</i>	11
RESULTADOS	15
DISCUSSÃO	18
CAPÍTULO III	21
OBJETIVO.....	21
MATERIAIS E MÉTODOS	21
<i>a) Condições de manutenção</i>	21
<i>b) Delineamento Experimental</i>	21
<i>c) Procedimentos Específicos</i>	22
RESULTADOS	26
<i>a) Peso e comprimento</i>	26
<i>b) Condicionamento com água (condicionamento clássico)</i>	27
<i>c) Condicionamento em Labirinto (condicionamento espacial)</i>	29
DISCUSSÃO	34
CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS	41

Tese

A personalidade afeta o processo de aprendizagem e esse efeito pode ser modulado pelo estresse.

Hipóteses

1. A aprendizagem em indivíduos ousados ocorre de forma mais rápida do que em indivíduos tímidos.
2. A aprendizagem nas diferentes personalidades ocorre de forma distinta dependendo da complexidade do processo de aprendizagem.
3. O estresse crônico é mais prejudicial fisiologicamente e cognitivamente do que o estresse agudo.
4. O estresse crônico é mais prejudicial, fisiologicamente e cognitivamente para indivíduos tímidos do que para os indivíduos ousados.

Estrutura Geral

Esta dissertação é composta por três capítulos, o primeiro sendo composto por uma introdução geral, expondo os constructos teóricos que subsidiam a tese e as respectivas hipóteses desta dissertação; no segundo capítulo demonstramos se o perfil de personalidade afeta o processo de aprendizagem; e no terceiro capítulo discutimos como o estresse, agudo e crônico, pode afetar o processo de aprendizagem em cada perfil de personalidade. Cada um dos capítulos avalia parte das hipóteses propostas a partir da tese.

Comitê de Ética

Os procedimentos experimentais desta dissertação realizados com a espécie de peixe tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) vão de acordo com a legislação vigente (Lei 11.794/2008 e Decreto 6.899/2009), com as resoluções normativas aplicáveis à luz dos Princípios Éticos na Experimentação Animal criados pela Sociedade Brasileira de Ciências em Animais de Laboratório (SBCAL/COBEA), e foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso De Animais (CEUA), do Instituto de Biociências de Botucatu, São Paulo, Unesp, Brasil (Protocolo nº 936 –CEUA).

Resumo

Entendemos estresse com um estado de perda da homeostase do organismo, quando ela não é reestabelecida, o estresse pode desencadear diversas respostas e alterações no sistema fisiológico. As respostas dos organismos ao estresse podem ser influenciadas por diversos fatores, entre eles a personalidade do indivíduo. Sendo assim o estresse e a personalidade podem influenciar atividade vitais para os organismos, como o processo de aprendizagem, que os indivíduos utilizam para ajustar seus comportamentos aos ambiente ou situação na qual se encontram. Assim o objetivo deste estudo foi compreender como o estresse agudo e crônico, interfere no processo de aprendizagem de tilápia do Nilo em diferentes perfis de personalidade (tímidos e ousados). Para tanto, juvenis de tilápia foram divididas de acordo com o seu perfil comportamental (ousados e tímidos) e esses dois grupos foram subdivididos em mais três subgrupos cada: o grupo dos indivíduos tímidos sem estresse (G1); indivíduos tímidos que passaram por estresse agudo (G2); indivíduos tímidos estresse crônico (G3); indivíduos ousados sem estresse (G4); indivíduos ousados estresse agudo (G5); indivíduos ousados estresse crônico (G6). Todos os eles passaram pelos mesmo processos de condicionamento e tipos de estressores físicos. Como resultados obtivemos que não há diferença de aprendizado entre as personalidades e sim diferença na sua motivação, sendo os indivíduos ousados mais motivados que os tímidos. Já quando houve a presença do estresse observamos que as diferentes repostas dependiam do condicionamento utilizado, da duração do estresse aplicado e da personalidade dos animais, mas em geral o estresse beneficiou os processos dos indivíduos tímidos. Portanto nossos achados apontam que devemos levar em consideração diversos fatores que podem influenciar a ação do estresse no processo de aprendizagem e que não necessariamente a aprendizagem seja diferente entre as personalidades e sim que o estilo de enfrentamento a novas situações é diferente. Assim, este estudo ajudou na compreensão dos fatores que podem interferir no processo de aprendizagem e como estes operam em diferentes personalidades.

Palavras Chaves: Aprendizagem, Estresse e Personalidade.

Conclusões

De modo geral podemos perceber que a influência do estresse no processo de aprendizagem depende de diversos fatores tais como: a duração desse estresse (agudo ou crônico), sua intensidade, a fase no processo de aprendizado e aquisição da memória em que o estresse é aplicado, se o estresse é intrínseco (se devido a elementos relacionados à tarefa cognitiva) ou extrínseco (se devido a condições não relacionadas à tarefa cognitiva, ou seja, temporalmente dissociado da tarefa) e o sistema de aprendizado empregado (Sandi & Pinelo-Nava, 2007; Navarro-Francés & Arenas, 2014), gerando assim influências positivas ou negativas nesse processo.

Além disso, como observamos no capítulo II as diferentes personalidades possuem um padrão de aprendizagem distinto e que variações individuais podem influenciar em processos cognitivos importantes dos indivíduos e que provavelmente a diferença entre os indivíduos *shy* e *bold* esteja ligada a tomada de decisão desses indivíduos e não na aprendizagem propriamente dita. Além disso, a influência do estresse agudo em relação aos traços de personalidade pode beneficiar o processo de aprendizagem, tal como demonstramos aqui em indivíduos *shy*.

Portanto, nossos achados apontam que devemos levar em consideração vários fatores que podem influenciar a ação do estresse no processo de aprendizagem, dentre estes, traço de personalidade, intensidade de estresse e período em que o estresse é infringido no processo de aprendizagem. E que, não necessariamente, o processo de aprendizagem seja diferente entre as personalidades e sim que o estilo de enfrentamento a novas situações é diferente entre indivíduos *shy* e *bold*.

Assim, embora existam muitos estudos em animais relacionando aprendizado, memória e o papel do estresse agindo sobre estes, os estudos em peixes ainda são incipientes e aqui reforçamos que estes podem ser excelentes modelos para o entendimento da aquisição do conhecimento e processos cognitivos em geral.

Referências

- Angelidis, P., Baudin-Laurencin, F., Youinou, P. (1987). Stress in rainbow trout, *Salmo gairdneri*: effects upon phagocyte chemiluminescence, circulating leucocytes and susceptibility to *Aeromonas salmonicida*. *Journal of Fish Biology*, 31(sa), pp.113-122.
- Barton, B. A. (2002) Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology*, v.42, pp. 517-525.
- Bauer, M., Vedhara, K., Perks, P., Wilcock, G., Lightman, S. and Shanks, N. (2000). Chronic stress in caregivers of dementia patients is associated with reduced lymphocyte sensitivity to glucocorticoids. *Journal of Neuroimmunology*, 103(1), pp.84-92.
- Bell, A. M. (2005). Behavioural differences between individuals and two populations of stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). *Journal of Evolutionary Biology*, v.18, pp.464–473. doi:10.1111/j.1420-9101.2004.00817.x
- Benus, R. F., Bohus, B., Koolhaas, J. M., Vanoortmerssen, G. A. (1991). Heritable variation for aggression as a reflection of individual coping strategies. *Experientia*, v.47, pp.1008–1019. (doi:10.1007/BF01923336)
- Beylin , A. V and Shors, T. J. Shors (1998). Stress enhances excitatory trace eyeblink conditioning and opposes acquisition of inhibitory conditioning. *Behavioral Neuroscience*, v.112, n.6, pp.1327–1338.
- Biro, P. A., Stamps, J. A. (2008). Are animal personality traits linked to life-history productivity?. *Trends in Ecology & Evolution*, v.23, pp. 361–368.
- Braithwaite, V. A. (1998). Spatial memory, landmark use and orientation in fish. In “Spatial Representation in Animals” (Healy, S. D., Ed.), pp. 86–102. Oxford University Press, Oxford.
- Braithwaite, V.A. (2006). Cognitive ability in fish. *Fish Physiology*, v.24, pp.1–37.

- Braithwaite, V.A., Salvanes, A.G.V. (2008). Cognition: learning and memory. In: Magnhagen, C., Braithwaite, V.A., Forsgren, E., Kapoor, B.G. (Eds.), *Fish Behaviour*. Science Publisher, Inc., USA, pp. 33–60.
- Brandão, M.L. (1995). *Psicofisiologia*. São Paulo, Editora Atheneu.
- Brick, O., Jakobsson, S. (2002). Individual variation in risk taking: the effect of a predatory threat on fighting behavior in *Nannacara anomala*. *Behavioral Ecology*, v.13, n.4, pp.439-442.
- Brown, C., Jones, F., Braithwaite, V. (2005). In situ examination of boldness–shyness traits in the tropical poeciliid, *Brachyrhaphis episcopa*. *Animal Behaviour*, v.70, pp.1003- 1009.
- Brown, C., Laland, K. (2003) Social learning in fishes: a review. *Fish and Fisheries*, v.4, pp.280 –288.
- Budaev, S. V. (1997). Personality" in the guppy (*Poecilia reticulata*): A correlational study of exploratory behavior and social tendency. *Journal of Comparative Psychology*, v.111, pp.399-411.
- Burt de Perera, T. (2004) Fish can encode order in their spatial map. *Proceedings of the Royal Society*, v.271, pp.2131—2134.
- Buwalda, B., Kole, M. H. P., Veenema, A. H., Huininga, M., de Boer, S. F., Korte, S. M., Koolhaas, J. M. (2005). Long- term effects of social stress on brain and behavior: a focus on hippocampal functioning. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v.29, pp.83–97.
- Calandreau, L., Bertin, A., Boissy, A., Arnould, C., Constantin, P., Desmedt, A., Guémené, D., Nowak, R., Leterrier, C. (2011). Effect of one week of stress on emotional reactivity and learning and memory performances in Japanese quail. *Behavioural Brain Research*, 217(1), pp.104-110.
- Cameron, H. A., McKay, R. D. (2001). Adult neurogenesis produces a large pool of new granule cells in the dentate gyrus. *Journal of Comparative Neurology*, v.435, pp.406–417.

- Campbell, P., Pottinger, T., Sumpter, J. (1994). Preliminary evidence that chronic confinement stress reduces the quality of gametes produced by brown and rainbow trout. *Aquaculture*, 120(1-2), pp.151-169.
- Carere, C., Drent, P. J., Privitera, L., Koolhaas, J. M., Groothuis, T. G. G. (2005). Personalities in great tits, *Parus major*: stability and consistency. *Animal Behaviour*, v.70, pp.795–805. (doi:10.1016/j.anbehav.2005.01.003)
- Carmichael, G., Tomasso, J., Simco, B. and Davis, K. (1984). Confinement and water quality-induced stress in largemouth bass. *Transactions of the American Fisheries Society*, 113(6), pp.767-777.
- Carpenter, R. E., Summers, C. H. (2009). Learning strategies during fear conditioning. *Neurobiology of Learning and Memory*, v.91, pp.415-4123.
- Castanheira, M., Herrera, M., Costas, B., Conceição, L., Martins, C. (2013). Can We Predict Personality in Fish? Searching for Consistency over Time and across Contexts. *PLoS ONE*, 8(4), p.e62037.
- Chakravarty, S., Reddy, B., Sudhakar, S., Saxena, S., Das, T., Meghah, V., Brahmendra Swamy, C., Kumar, A. and Idris, M. (2013). Chronic unpredictable stress (CUS)-induced anxiety and related mood disorders in a zebrafish model: altered brain proteome profile implicates mitochondrial dysfunction. *PLoS ONE*, 8(5), p.e63302.
- Chittka, L., Skorupski, P. and Raine, N. E. (2009). Speed–accuracy tradeoffs in animal decision making. *Trends in Ecology & Evolution*, v.24, pp.400-407.
- Clint, S. C., Zupanc, G. K. H. (2001) Neuronal regeneration in the cerebellum of adult teleost fish, *Apteronotus leptorhynchus*: guidance of migrating young cells by radial glia. *Developmental Brain Research*, v.130, pp.15–23.
- Croston, R., Kozlovsky, D. Y., Branch, C. L., Parchman, T. L., Bridge, E. S. and Pravosudov, V. V. (2016). Individual variation in spatial memory performance in wild mountain chickadees from different elevations. *Animal Behaviour*,

v.111, pp.225-234.

- DeGraaf, G., Galemoni, F. and Banzoussi, B. (1996). Recruitment control of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, by the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822), and the African snakehead, *Ophiocephalus obscuris*. I. A biological analysis. *Aquaculture*, 146(1-2), pp.85-100.
- De Kloet, E., Oitzl, M. and Joëls, M. (1999). Stress and cognition: are corticosteroids good or bad guys?. *Trends in Neurosciences*, 22(10), pp.422-426.
- Dugatkin, L. A., Alfieri, M. S. (2003). Boldness, behavioral inhibition and learning. *Ethology Ecology & Evolution*, v.15, pp.43–49.
- Dyer, J. R. G., Croft, D. P., Morrell, L. J. and Krause, J. (2009). Shoal composition determines foraging success in the guppy. *Behavioral Ecology*, v.20, pp.165-171.
- Dzieweczynski, T. L., Gill, C. E. and Walsh, M. M. (2010). The nest matters: reproductive state influences decision-making and behavioural consistency to conflicting stimuli in male Siamese fighting fish, *Betta splendens*. *Behaviour*, v.147, pp.805–823.
- Dzieweczynski, T. L., Crovo, J. A. (2011). Shyness and boldness differences across contexts in juvenile three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* from an anadromous population. *Journal of Fish Biology*, v.79, pp.776–788.
- Ebbesson, E. O. L., Braithwaite, A. V. (2012). Environmental effects on fish neural plasticity and cognition. *Journal of fish biology*, v.81, pp. 2151-2174.
- Fernandes, M. and Volpato, G. (1993). Heterogeneous growth in the Nile tilapia: Social stress and carbohydrate metabolism. *Physiology & Behavior*, 54(2), pp.319-323.
- Fitzpatrick, J.L., Desjardins, J.K., Stiver, K.A., Montgomerie, R. & Balshine, S. (2006) Male reproductive suppression in the cooperatively breeding fish *Neolamprologus pulcher*. *Behavioral Ecology*, v.17, pp.25–33.

- Frost, A., Winrow-Giffen, A., Ashley, P. and Sneddon, L. (2007). Plasticity in animal personality traits: does prior experience alter the degree of boldness?. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), pp.333-339.
- FSBI Fish Welfare (Briefing Paper 2). Fisheries Society of the British Isles. Cambridge: Grant Information Systems, 2002. <http://www.le.ac.uk/biology/fsbi/briefing.html>
- Gaikwad, S., Stewart, A., Hart, P., Wong, K., Piet, V., Cachat, J. and Kalueff, A. (2011). Acute stress disrupts performance of zebrafish in the cued and spatial memory tests: The utility of fish models to study stress–memory interplay. *Behavioural Processes*, 87(2), pp.224-230.
- Godin, J. G., Dugatkin, L. A. (1996). Female mating preference for bold males in the guppy *Poecilia reticulata*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v.93, pp.10262–10267.
- Grandel, H., Kaslin, J., Ganz, J., Wenzel, I., Brand, M. (2006). Neural stem cells and neurogenesis in the adult zebrafish brain: origin, proliferation dynamics, migration and cell fate. *Developmental Biology*, v.295, pp.263–277.
- Gregory, T. R. and Wood, C. M. (1999). The effects of chronic plasma cortisol elevation on the feeding behaviour, growth, competitive ability, and swimming performance of juvenile rainbow trout. *Physiological and Biochemical Zoology*, v.72, pp.286–295.
- Griffin, A.S., Guez, D., 2014. Innovation and problem solving: a review of common mechanisms. *Behavioural Processes*, v.109, pp.121–134, <http://dx.doi.org/10.1016/j.beproc.2014.08.027> (Pt B).
- Griffin, A. S., Guillette, L. M. and Healy, S. D. (2015). Cognition and personality: an analysis of an emerging field. *Trends in Ecology & Evolution*, v.30, pp.207-214.
- Griffiths, S.W. (2003) Learned recognition of conspecifics by fishes. *Fish and Fisheries*, v.4, pp.256 –268.

- Guillette, L. M., Naguib, M. and Griffin, A. S. (2016). Individual differences in cognition and personality. *Behavioural Processes*, v.134, pp.1-3.
- Henckens, M.J., Hermans, E.J., Pu, Z., Joels, M., Fernandez, G. (2009). Stressed memories: how acute stress affects memory formation in humans. *J. Neuroscience*, v.29, pp.10111–10119, 10.1523/JNEUROSCI. 1184-09.2009.
- Herculano-Houzel, S., Lent, R. (2005). Isotropic fractionator: a simple, rapid method for the quantification of total cell and neuron numbers in the brain, *J. Neuroscience*, v.25, pp.2518–2521.
- Hinsch, K., Zupanc, G. K. H. (2007). Generation and long-term persistence of new neurons in the adult zebrafish brain: a quantitative analysis, *Neuroscience*, v.146, pp.679–696.
- Huntingford, F.A., Lazarus, J., Barrie, B.D. & Webb, S. (1994) A dynamic analysis of cooperative predator inspection in sticklebacks. *Animal Behaviour*, v.47, pp.413–423.
- Joëls, M., Pu, Z., Wiegert, O., Oitzl, M. and Krugers, H. (2006). Learning under stress: how does it work?. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(4), pp.152- 158.
- Johnstone, R.A. & Bshary, R. (2004) Evolution of spite through indirect reciprocity. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B – Biological Sciences*, v.271, pp.1917–1922.
- Kandel, E.R., Schwartz, J.H. (1995). Principles of Neural Science. *Elsevier*, New York.
- Kareklas, K., Elwood, R. W., Holland, R. A. (2018). Fish learn collectively, but groups with differing personalities are slower to decide and more likely to split. *Biology Open*. doi:10.1242/bio.033613
- Kieffer, J. D., & Colgan, P. W. (1992). The role of learning in fish behaviour. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2(2), pp.125–143.
- Kim, J. J., Koo, J. W., Lee, H. J., Han, J. (2005). Amygdalar inactivation blocks stress-induced impairments in hippocampal longterm potentiation and spatial

memory. *Journal of Neuroscience*, v.25, pp.1532–39.

Koolhaas, J. M., Korte, S. M., De Boer, S. F., Van Der Vegt, B. J., Van Reenen, C. G., Hopster, H., De Jong, I. C., Ruis, M. A. W. & Blokhuis, H. J. (1999). Coping styles in animals: current status in behavior and stress-physiology. *Neuroscience Biobehavioral Reviews*, v.23, pp.925–935. (doi:10.1016/S0149-7634(99)00026-3)

Koolhaas, J. M., De Boer, S. F., Coppens, C. M., Buwalda, B. (2010). Neuroendocrinology of coping styles: Towards understanding the biology of individual variation. *Frontiers in Neuroendocrinology*, v.31, pp.307–321.

Kozorovitskiy, E., Gould, J. J. (2004). Dominance hierarchy influences adult neurogenesis in the dentate gyrus. *Neuroscience*, v. 24, pp.6755- 6759.

Krause, J., Hart, P. J. B., Thomas, P., Ward, A. J. W. (2004). Correlates of boldness in tree-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *Behavioral Ecology Sociobiology*, v.55, pp.561- 568.

Lankford, S. E., Adams, T. E., Miller, R. A., Cech Jr, J. J. (2005) The Cost of Chronic Stress: Impacts of a Nonhabituating Stress Response on Metabolic Variables and Swimming Performance in Sturgeon. *Physiological and Biochemical Zoology*, 78(4), pp.599-609.

Lindqvist, C. and Jensen, P. (2009). Domestication and stress effects on contrafreeloading and spatial learning performance in red jungle fowl (*Gallus gallus*) and White Leghorn layers. *Behavioural Processes*, 81(1), pp.80-84.

Lopez, P., Hawlena, D., Polo, V., Amo, L. & Martin, J. (2005). Sources of individual shy–bold variations in antipredator behaviour of male Iberian rock lizards. *Animal Behaviour*, v.69, pp.1–9. doi:10.1016/j.anbehav.2004.05.010.

Luksys, G., Sandi, C. (2011). Neural mechanisms and computations underlying stress effects on learning and memory. *Current Opinion Neurobiology*, v.21, pp.502–508, <http://dx.doi.org/10.1016/j.conb.2011.03.003>.

Manuel, R., Gorissen, M., Piza Roca, C., Zethof, J., Vis, H., Flik, G. and Bos, R. (2014).

- Inhibitory avoidance learning in zebrafish (*Danio rerio*): Effects of shock intensity and unraveling differences in task performance. *Zebrafish*, 11(4), pp.341-352.
- Margarinos, A. M., McEwen, S.B., Flugge, G., Fuchs, E. (1996). Chronic psychosocial stress causes apical dendritic atrophy of hippocampal CA3 pyramidal neurons in subordinate tree shrews. *The Journal of Neuroscience*, v.16, pp.3534- 3540.
- Maruska, K. P., Carpenter, R. E., Fernald, R. D. (2012). Characterization of cell proliferation throughout the brain of the African cichlid fish *Astatotilapia burtoni* and its regulation by social status. *Journal of Comparative Neurology*, v.520, pp.3471– 3491.
- McEwen, S. B., Sapolsky, M.R. (1995). Stress and cognitive function. *Current Opinion in Neurobiology*, v.5, pp.205-216.
- McGregor, P.K. (1993). Signaling in territorial systems – a context for individual identification, ranging and eavesdropping. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences*, v.340, pp.237–244.
- Moberg, G. (1985). *Animal stress*. Baltimore: Waverly Press.
- Moretz, J., Martins, E. and Robison, B. (2007). Behavioral syndromes and the evolution of correlated behavior in zebrafish. *Behavioral Ecology*, 18(3), pp.556-562.
- Navarro-Francés, C. I., Arenas, M. C. (2014). Influence of trait anxiety on the effects of acute stress on learning and retention of the passive avoidance task in male and female mice. *Behavioural Processes*, v.105, pp. 6-14.
- Odling-Smee, L. and Braithwaite, V. (2003). The influence of habitat stability on landmark use during spatial learning in the three-spined stickleback. *Animal Behaviour*, 65(4), pp.701-707.
- Piato, A., Rosemberg, D., Capiotti, K., Siebel, A., Herrmann, A., Ghisleni, G., Vianna, M., Bogo, M., Lara, D. and Bonan, C. (2011a). Acute restraint stress in zebrafish: Behavioral parameters and purinergic signaling. *Neurochemical*

Research, 36(10), pp.1876-1886.

- Piato, A., Capiotti, K., Tamborski, A., Oses, J., Barcellos, L., Bogó, M., Lara, D., Vianna, M. and Bonan, C. (2011b). Unpredictable chronic stress model in zebrafish (*Danio rerio*): Behavioral and physiological responses. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 35(2), pp.561- 567.
- Pickering, A. and Pottinger, T. (1987). Lymphocytopenia and interrenal activity during sexual maturation in the brown trout, *Salmo trutta* L. *Journal of Fish Biology*, 30(1), pp.41-50.
- Pellegrini, A. A., Wisenden, B., Sorensen, P. (2010). Bold minnows consistently approach danger in the field and lab in response to either chemical or visual indicators of predation risk. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v.64, pp.381–387.
- Quervain, F. J. D., Roozendaal, B., McGaugh, L. J. (1998). Stress and glucocorticoids impair retrieval of long-term spatial memory. *Nature*, v. 394.
- Reale, D., Reader, S. M., Sol, D., McDougall, P. T., Dingemanse, N. J. (2007). Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biological Reviews*, v.82, pp.291–318.
- Rehage, J. S., Sih, A. (2004). Dispersal behavior, boldness, and the link to invasiveness: A comparison of four *Gambusia* species. *Biological Invasions*, v.6, pp.379–391.
- Reid, S. D., and Perry, S. F. (1991). The effects and physiological consequences of raised levels of cortisol on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) erythrocyte beta-adrenoreceptors. *Journal of Experimental Biology*, v.158: pp.217-240.
- Rodríguez, F., Durán, E., Vargas, J. P., Torres, B., and Salas, C. (1994). Performance of goldfish trained in allocentric and egocentric maze procedures suggest the presence of a cognitive mapping system in fishes. *Animal & Learning Behavior*, v.22, pp.409–420.

- Roozendaal, B. (2002). Stress and memory: opposing effects of glucocorticoids on memory consolidation and memory retrieval. *Neurobiology of Learning and Memory*, v.78, pp.578-595.
- Roozendaal, B. (2003). Systems mediating acute glucocorticoid effects on memory consolidation and retrieval. *Progress in Neuro-Psychopharmacol & Biological Psychiatry*, 27 (8), pp.1213–1223.
- Salehi, B., Cordero, M.I., Sandi, C. (2010). Learning under stress: the inverted-U-shape function revisited. *Learning & Memory*, v.17, pp.522–530, <http://dx.doi.org/10.1101/lm.1914110>.
- Salvanes, A. G. V., Moberg, O., Ebbesson, L. O. E., Nilsen, T. O., Jensen, K. H., Braithwaite, V. A. (2013). Environmental enrichment promotes neural plasticity and cognitive ability in fish. *Proceeding of the Royal Society*, <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.1331>
- Sandi, C., & Pinelo-Nava, M. T. (2007). Stress and memory: Behavioral effects and neurobiological mechanisms. *Neural Plasticity*.
- Schwabe, L; Joëls, M; Roozendaal, B; Wolf, T. O; Oitzl, S. M. (2012). Stress effects on memory: An update and integration. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, v. 36, pp. 1740-1749.
- Selye, H. (1950). Stress and the general adaptation syndrome. *British Medical Journal*, v.1, pp.1383-1392.
- Selye, H. (1965) *Stress: a tensão da vida*. 2.ed. Trad. Frederico Branco. São Paulo: Ibrasa.
- Servatius, R. J. and Shors, T. J. (1994). Exposure to inescapable stress persistently facilitates associative and nonassociative learning in rats. *Behavioral Neuroscience*, v.108, pp.1101–1106.
- Shields, G., Sazma, M. and Yonelinas, A. (2016). The effects of acute stress on core executive functions: A meta-analysis and comparison with cortisol. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v.68, pp.651-668.

- Shors, T. J., Weiss, C., Thompson, R. F. (1992). Stress- induced facilitation of classical conditioning. *Science*, v.39, pp.257-537.
- Shors, T. J. and Servatius, R. J. (1995). Stress-induced sensitization and facilitated learning require NMDA receptor activation. *Neuroreport*.
- Shors, T. J., Servatius, R. J. (1997). The contribution of stressor intensity, duration, and context to the stress-induced facilitation of associative learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, v.67, pp.92– 96.
- Shors, T. J. (2001). Acute stress rapidly and persistently enhances memory formation in the male rat. *Neurobiology of Learning and Memory*, v.75, pp.10– 29.
- Shors, T. (2006). Stressful experience and learning across the Lifespan. *Annual Review of Psychology*, 57(1), pp.55-85.
- Sih, A., Bell, A., Chadwich, J. (2004). Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview. *Trends in Ecology & Evolution*, v.19, pp.372–378.
- Sih, A., Bell, A. M. (2008). Insights for behavioral ecology from behavioral syndromes. *Advances in the Study of Behavior*, v.38, pp.227–281.
- Smith, B. R., Blumstein, D. T., (2008). Fitness consequences of personality: A meta-analysis. *Behavioral Ecology*, v.19, pp.448–455.
- Sneddon, L. U. (2003). The bold and the shy: individual differences in rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, v.62, pp.971–975. (doi:10.1046/j.1095-8649.2003.00084.x)
- Snieszko, S. (1974). The effects of environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fishes. *Journal of Fish Biology*, 6(2), pp.197-208.
- Sørensen, C., Johansen, I. B., Øverli, Ø (2013). Neural plasticity and stress coping in teleost fishes, v.181, pp.25-34.
- Stamps, J. A. (2007). Growth-mortality tradeoffs and 'personality traits' in animals. *Ecology Letters*, v.10, pp.355–363.

- Sundström, L. F., Petersson, E, Höjesjö, J., Johnsson, J. I., Järvi, T. (2004). Hatchery selection promotes boldness in newly hatched brown trout *Salmo trutta*: Implications for dominance. *Behavioral Ecology*, v.15, pp.192–198.
- Teles, M. C., Sirbulescu, R. F., Wellbrock, U. M., Oliveira, R. F., Zupanc, G. K. H. (2012). Adult neurogenesis in the brain of the Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Comparative Physiology A*, v.198, pp.427–449.
- Trompf, L. and Brown, C. (2014). Personality affects learning and trade-offs between private and social information in guppies, *Poecilia reticulata*. *Animal Behaviour*, v.88, pp.99-106.
- Tulley, J. J., Huntingford, F. A. (1988). Additional information on the relationship between intraspecific aggression and antipredator behaviour in the three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus*. *Ethology*, v.78, pp.219–222.
- Van Horik, J. O., Langley, E. J. G., Whiteside, M. A., Madden, J. R. (2017). Differential participation in cognitive tests is driven by personality, sex, body condition and experience. *Behavioural Processes*, v. 134, pp.22-30.
- Vargas, J. P., López, J. C., Salas, C., and Thinus-Blanc, C. (2004). Encoding of geometric and featural spatial information by goldfish (*Carassius auratus*). *Journal of Comparative Psychology*, v.118, pp.206–216.
- Vindas, M., Johansen, I., Folkedal, O., Höglund, E., Gorissen, M., Flik, G., Kristiansen, T. and Overli, O. (2016). Brain serotonergic activation in growth-stunted farmed salmon: adaption versus pathology. *Royal Society Open Science*, 3(5), pp.160030.
- Yoshida, M., Nagamine, M. & Uematsu, K. (2005). Comparison of behavioral responses to a novel environment between three teleosts, bluegill *Lepomis macrochirus*, crucian carp *Carassius langsdorfii*, and goldfish *Carassius auratus*. *Fisheries Science*, v.71, pp.314–319. doi: 10.1111/j.1444-2906.2005.00966.x

- Warburton, K. (2003) Learning of foraging skills by fishes. *Fish and Fisheries*, v.4, pp.203-215.
- Wedemeyer, G. (1970). The role of stress in the disease resistance of fishes. *American Fisheries Society*, v.5, pp.30-35.
- Wendelaar-Bonga S. (1997). The stress response in fish. *Physiological Reviews*, 77(3), pp.591-625.
- White, S. L., Wagner, T., Gowan, C., Braithwaite, V. A. (2016). Can personality predict individual differences in brook trout spatial learning ability ?. *Behavioural Processes*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.beproc.2016.08.009>
- Wilson, D. S., Coleman, K., Clark, A. B. & Biederman, L. (1993). Shy-bold continuum in pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*): an ecological study of a psychological trait. *Journal of Comparative Psychology*, v.107, pp.250–260.
- Wilson, D. S., Clark, A. B., Coleman, K. & Dearstyne, T. (1994) Shyness and boldness in humans and other animals. *Trends in Ecology & Evolution*, v.9, pp.442–446. (doi:10.1016/0169- 5347(94)90134-1)
- Wilson, D. S. (1998) Adaptive individual differences within single populations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v.353, pp.199–205. (doi:10.1098/rstb.1998.0202)
- Wilson, A. and Godin, J. (2009). Boldness and behavioral syndromes in the bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus*. *Behavioral Ecology*, 20(2), pp.231-237.
- Wolf, M., Van Doorn, G. S., Leimar, O., Weissing, F. J. (2007). Life-history trade-offs favour the evolution of animal personalities. *Nature*, v.447, pp.581–584.
- Zupanc, G. K. H. Adult neurogenesis in teleost fish, in: F.H. Gage, G. Kempermann, H. Song (Eds.), *Adult Neurogenesis*, Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York, 2008, pp. 571–592.
- Zupanc, G. K. H., Hinsch, K., Gage, F. H. (2005). Proliferation, migration, neuronal differentiation, and long-term survival of new cells in the adult zebrafish brain, *Journal of Comparative Neurology*, v.488, pp.290–319.

Zupanc, G. K. H., Ott, R. (1999). Cell proliferation after lesions in the cerebellum of adult teleost fish: time course, origin, and type of new cells produced. *Experimental Neurology*, v.160, pp.78–87.

Zupanc, G.K.H., Horschke, I., (1995). Proliferation zones in the brain of adult gymnotiformfish — a quantitative mapping study. *Journal of Comparative Neurology*, v.353, pp.213–233.

Zupanc, G.K.H., (2006). Neurogenesis and neuronal regeneration in the adult fish brain. *Journal of Comparative Physiology*, v.192, pp.649–670.