



Infecção das brânquias de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por *Myxosporea*¹

Ricardo José Teixeira², Jorge C. Eiras³, Diva D. Spadacci-Morena⁴,
José Guilherme Xavier² e Maria Anete Lallo^{2*}

ABSTRACT.- Teixeira R.J., Eiras J.C., Spadacci-Morena D.D., Xavier J.G. & Lallo M.A. 2018. [Infection of the gills of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by *Myxosporea*.] Infecção das brânquias de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por *Myxosporea*. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 38(6):1085-1090. Programa de Patologia Ambiental e Experimental, Universidade Paulista, Rua Dr. Bacelar 1212, 4º andar, São Paulo, SP 04026002, Brazil. E-mail: anetelallo@hotmail.com

In this study, 85 Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) were collected in recreational fishing lake (n=35) and Lake Ibirapuera Park (n=50), both located in the city of São Paulo. After euthanasia, the fish gills were examined fresh and after histological techniques for the presence of myxosporea. Myxosporeans were observed only in recreational fishing lake with a prevalence of 45.7% (16/35). *Henneguya* sp. (11.4%, 4/35) and *Myxobolus* sp. (34.3%, 12/35) were myxosporeans observed in this study. Spores of *Henneguya* sp. were found in smears fresh gills. The plasmodium of *Myxobolus* found was of the types epithelial (75%, 9/12), vascular (16.2%, 2/12), and muscle, muscle located in the gills (0.8%; 1/12). The presence of myxosporea was related to epithelial hyperplasia, fusion of lamellae, hyperplasia of mucous cells, inflammation and other pathological changes. Thus it is concluded that prevalence of *Myxobolus* sp. and *Henneguya* sp. in gills of *O. niloticus* was high and was associated with significant histopathological lesions, which highlights the importance of these protozoa to fish cultures.

INDEX TERMS: Gills, Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Myxosporea*, fish, *Henneguya* sp., myxosporidia, *Myxobolus* sp., parasitoses.

RESUMO.- Neste estudo, 85 tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) foram coletadas em um lago de pesca recreativa (n = 35) e no lago do parque do Ibirapuera (n = 50), ambos localizados na cidade de São Paulo. Após a eutanásia, as brânquias dos peixes foram examinadas a fresco e por técnicas histológicas para identificar mixosporídeos. Foram observados mixosporídeos somente nos peixes capturados no lago de pesca recreativa com prevalência de 45,7% (16/35). Os esporos de *Henneguya* sp. foram encontrados em esfregaços a fresco (11,4%, 4/35). A prevalência de *Myxobolus* sp. foi de 34,3% (12/35), sendo os plasmódios deste gênero

identificados de acordo com a localização nas brânquias, no epitélio (75%, 9/12), nos vasos sanguíneos (16,2%, 2/12), e na musculatura branquial (0,8%, 1/12). A presença de mixosporídeos estava relacionada com hiperplasia epitelial, fusão das lamelas, hiperplasia de células mucosas, reação inflamatória e outras alterações patológicas. Assim conclui-se que as prevalências de *Myxobolus* sp. e *Henneguya* sp. nas brânquias de *O. niloticus* foram altas e estavam associadas à lesões histopatológicas significantes, o que evidencia a importância desses cnidários patogênicos para as culturas peixes.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: Brânquias, tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, *Myxosporea*, *Henneguya*, mixosporídeos, *Myxobolus* sp., peixe, parasitoses.

INTRODUÇÃO

Oreochromis niloticus (Linnaeus 1758), popularmente conhecida como tilápia do Nilo é uma importante espécie de peixe de água doce que naturalmente ocorre nos rios

¹ Recebido em 15 de setembro de 2016.

Aceito para publicação em 30 de maio de 2017.

² Programa de Patologia Ambiental e Experimental, Universidade Paulista (Unip), Rua Dr. Bacelar 1212, 4º andar, São Paulo, SP 04026-002, Brasil.

*Autor para correspondência: anetelallo@hotmail.com

³ Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre s/n, Edifício FC4, 4169-007 Porto, Portugal.

⁴ Laboratório de Fisiopatologia, Instituto Butantã, Av. Vital Brasil 1500, São Paulo, SP 05503-900, Brasil.

da costa de Israel e da África (El Sayed 2006). Este peixe foi introduzido em muitos países para a piscicultura comercial, chegando ao Brasil na década de 1970 (Watanabe et al. 2002). A importância da criação de tilápias na piscicultura brasileira está relacionada com as características fisiológicas dessa espécie que incluem a tolerância a variações climáticas, adaptabilidade a diferentes salinidades, oxigenação da água, superpopulação, e ainda a resistência às doenças e infecções (El Sayed 2006), ainda se destaca a adesão dos consumidores brasileiros ao sabor de sua carne.

Myxosporea compreende uma classe de cnidários que parasita invertebrados e vertebrados, particularmente os peixes, sendo frequentemente fatal para o hospedeiro (Molnár 2002). Vários mixosporídeos patogênicos são identificados nas pisciculturas, um exemplo é *Myxobolus koi*, que em infecções maciças de brânquias de carpas determina hipertrofia epitelial e fusão de lamelas, com congestão e inflamação após a ruptura de plasmódios (Rukyani 1990). Os danos causados nas brânquias resultam em problemas respiratórios, com comprometimento do desenvolvimento e sobrevivência dos animais infectados, causando aumento da morbidade e mortalidade de peixes em criações comerciais (Roberts 2012).

Existem vários mixosporídeos descritos em tilápias do Nilo, mas a identificação nas brânquias é menos frequente. O gênero *Myxobolus* foi identificado nas brânquias de tilápia e as espécies descritas incluem *M. branchiophilus* encontrado no Egito (Abdel-Ghaffar et al. 2008b), *M. fotoi* e *M. camerounensis* na República de Camarões (Fomena et al. 1993). No estudo de Nchoutpouen et al. (2011) sobre a infecção em *O. niloticus* de criações comerciais ou selvagens no oeste da República de Camarões, as espécies *M. kainjiae*, *M. sarigi*, *M. tilapiae*, *M. equarotialis*, *M. agolus*, *M. brachysporus*, *M. camerounensis*, *M. heterosporus* e *M. israelensis* foram encontradas em vários órgãos, incluindo as brânquias, fígado, gônadas, opérculo, pele, baço e olhos. No Egito (Mohammed et al. 2012) e na Nigéria (Bichi & Dawaki 2010) também foram encontradas espécies não identificadas de *Myxobolus* sp. nas brânquias.

Henneguya é outro gênero de mixosporídeos descrito em *O. niloticus*. Abdel-Ghaffar et al. (2008a) reportaram infecção por *H. suprabranchiae* nas brânquias de exemplares de tilápia capturados em afluente do rio Nilo e Ranzani-Paiva et al. (2005) observaram *Henneguya* sp. nas brânquias de *O. niloticus* criados no Brasil.

Levando-se em consideração que existem poucos relatos de mixosporídeos nas brânquias de tilápias do Nilo, tanto no Brasil e como no mundo, e que sua ação patogênica ainda é pobremente explorada, os objetivos deste estudo foram descrever as prevalências desses cnidários nas brânquias de tilápia do Nilo e caracterizar as lesões histológicas produzidas por estes parasitos. Também foram abordados aspectos da interação entre os plasmódios e as células das brânquias adjacentes aos mesmos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 85 espécimes de *Oreochromis niloticus*, capturadas em 2 diferentes reservatórios de água: do lago do Ibirapuera, localizado dentro do Parque do Ibirapuera na área central da cidade de São Paulo (23°35'18"S, 46°39'32"W), que é um efluente do rio Pinheiros (n=50), e de um lago de pesca recreativa, Pesque e Pague (n=35) na região leste da cidade de São Paulo (23°57'85"S, 46°47'73"W).

Todos os espécimes de peixes coletados tinham aparência saudável e foram transportados vivos até o Laboratório de Pesquisa da Universidade Paulista, em caixas de plástico com água do local de coleta e com sistema portátil de bomba para manutenção da aeração. A eutanásia dos animais foi realizada pela imersão em solução de triclaína metano sulfonada (MS222) a 150mg/L e tamponada com bicarbonato de sódio. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Paulista (número do protocolo 220/2014).

As brânquias foram examinadas diretamente em microscópio estereoscópio e por raspados coletados a fresco e analisados em microscopia de luz. No caso de identificação de parasitos, as lâminas foram fixadas em metanol e coradas pela técnica de Giemsa. Os mixosporídeos foram identificados usando parâmetros morfológicos descritos por Lom & Dyková (1992). Os esporos (30 exemplares de cada peixe parasitado) foram mensurados e as medidas expressas em µm (Lom & Arthur 1989).

As brânquias foram removidas e fixadas em solução de Davidson por 8 horas e então transferidas para álcool a 70%. Aleatoriamente, foram coletados 4 fragmentos de brânquias de cada indivíduo da amostragem, os quais foram processadas rotineiramente para análise histológica, sendo incluídos em parafina e corados com as técnicas de Hematoxilina-Eosina e Giemsa, para a identificação de parasitos e de alterações estruturais e patológicas das brânquias. Os plasmódios de *Myxosporea* encontrados foram classificados quanto à sua localização de acordo com Molnár (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A prevalência de mixosporídeos em peixes do lago de pesca recreativa foi de 45,7% (16/35), por outro lado, nenhum caso positivo foi observado nos peixes do Lago do Ibirapuera (0/50). Os mixosporídeos são parasitos reconhecidamente responsáveis por várias formas de lesões, incluindo mioliquefação após a morte do hospedeiro (Pampoulie et al. 1999), comprometimento dos ovários (Mansour et al. 2013) e redução da capacidade respiratória (Molnár & Székely 1999). Em estudo realizado com *Abramis brama*, um peixe comum na Europa Central, observou-se a prevalência de 38% de *Myxobolus bramae* nas brânquias (Molnár & Székely 1999). Posteriormente, Molnár (2000) encontrou 11,5% de *M. margitae*, 14% de *M. alburni* e 15,5% de *M. obesus* nas brânquias de *Alburnus alburnus* capturados no rio Danúbio. No Brasil, Adriano et al. (2002, 2004, 2005) estudaram exemplares de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), curimatá (*Prochilodus lineatus*), piraputanga (*Brycon hilarii*) capturados em rios das regiões Sul, Central e Norte do Pantanal Matogrossense e relataram a ocorrência de várias espécies de *Henneguya* sp. e *Myxobolus* sp. em diferentes tecidos de peixes, incluindo brânquias. Em outro trabalho na mesma região do Pantanal Matogrossense, Adriano et al. (2012) observaram prevalências de 20 a 72% respectivamente de *Henneguya* sp. e *Myxobolus* sp. em jaú (*Zungaro jahu*). Assim, a prevalência de mixosporídeos encontrada no presente estudo é próxima ao que se observa nas diferentes espécies de peixes avaliadas até o momento. Entretanto, deve-se ressaltar que somente peixes da represa recreativa Pesque e Pague foram positivos, especula-se que as condições de superpopulação, a frequente introdução de peixes e o estresse presente neste ambiente, provocado pela captura dos animais, podem ser fatores predisponentes.

Os espécimes de mixosporídeos encontrados em tilápias do Nilo pertenciam aos gêneros *Henneguya* e *Myxobolus*,

respectivamente com prevalências de 11,4% (4/35) e 34,3% (12/35). Entre as mais de 2.000 espécies de Myxozoans conhecidas no mundo (Gómez et al. 2014), as espécies do gênero *Myxobolus* são marcadamente as mais encontradas em peixes, com cerca de 856 espécies identificadas (Eiras et al. 2014). Aproximadamente 12 espécies de *Myxobolus* são descritas em tilápias em ambientes naturais ou em pisciculturas, porém nas brânquias as espécies identificadas incluem *M. branchiophilus* (Abdel-Ghaffar et al. 2008b), *M. fotoi* e *M. camerounensis* (Fomena et al. 1993), *M. agolus*, *M. clarii*, *M. heterosporus* (Mohammed et al. 2012) e *M. agolus* (Obiekezie & Okaeme 1990, Fomena & Bouix 1997, Fall et al. 2000). *Henneguya* foi o outro gênero de mixosporídeo encontrado em *Oreochromis niloticus* nesse estudo. Abdel-Ghaffar et al. (2008a) descreveram a infecção por *H. suprabranchiae* de brânquias de *O. niloticus* em um afluente do rio Nilo e Ranzani-Paiva et al. (2005) observaram *Henneguya* sp. nas brânquias de tilápias de piscicultura no Brasil.

Na maioria das vezes foram identificados plasmódios pelos exames histopatológicos das brânquias e, em alguns casos, encontraram-se os esporos de mixosporídeos por meio de esfregaços. A presença de mixosporídeos estava relacionada com lesões histopatológicas branquiais, as quais foram classificadas de acordo com os parâmetros estabelecidos por Molnár (2002) nos seguintes tipos: epitelial, vascular, muscular e cartilaginoso.

Nesse estudo, o diagnóstico de *Henneguya* sp. foi feito pela presença de esporos desse cnidário identificados em esfregaços de brânquias (Fig.1A,B). Eles tinham em média $27,3 \pm 0,67 \mu\text{m}$ ($18,1-36,8 \mu\text{m}$) de comprimento e largura de $7,8 \pm 1,2 \mu\text{m}$ ($6,2-8,5 \mu\text{m}$); a cauda tinha comprimento de $20,5 \pm 2,56 \mu\text{m}$ ($11,9-28,3 \mu\text{m}$), a cápsula polar estava localizada anteriormente e tinha aspecto piriforme com $4,1 \pm 0,78 \mu\text{m}$ ($3,4-5,2 \mu\text{m}$) de largura e $2,9 \pm 0,47 \mu\text{m}$ ($1,9-3,4 \mu\text{m}$) de comprimento, e a distância da extremidade anterior do esporo e a cápsula polar foi de $0,9 \pm 0,25 \mu\text{m}$ ($0,1-1,3 \mu\text{m}$).

Nesse estudo, nos peixes positivos para *Henneguya* sp., as lesões mais significativas observadas nas brânquias foram de hiperplasia do epitélio colunar e fusões de lamelas, degeneração tecidual determinada pela presença do parasito, tais lesões comprometeram a estrutura das lamelas, assim como foi observado em peixes da espécie *Chrysichthys nigrodigitatus* infectados por *Henneguya chrysichthysi* (Obiekezie & Enyenihi 1988). Também foi encontrada hiperplasia de células mucosas e presença de infiltrados inflamatórios mistos. Portanto, as observações feitas neste estudo são similares as referidas por Dykova & Lom (1978) nas brânquias de peixes infectados por *Henneguya* spp., nos quais foram encontradas hiperplasia do epitélio das brânquias e degeneração das lamelas. Os mixosporídeos como *Henneguya* sp. foram encontrados nas brânquias de bagres, causando alta mortalidade (McCraen et al. 1975), assim como foi indicado pelo proprietário do pescador

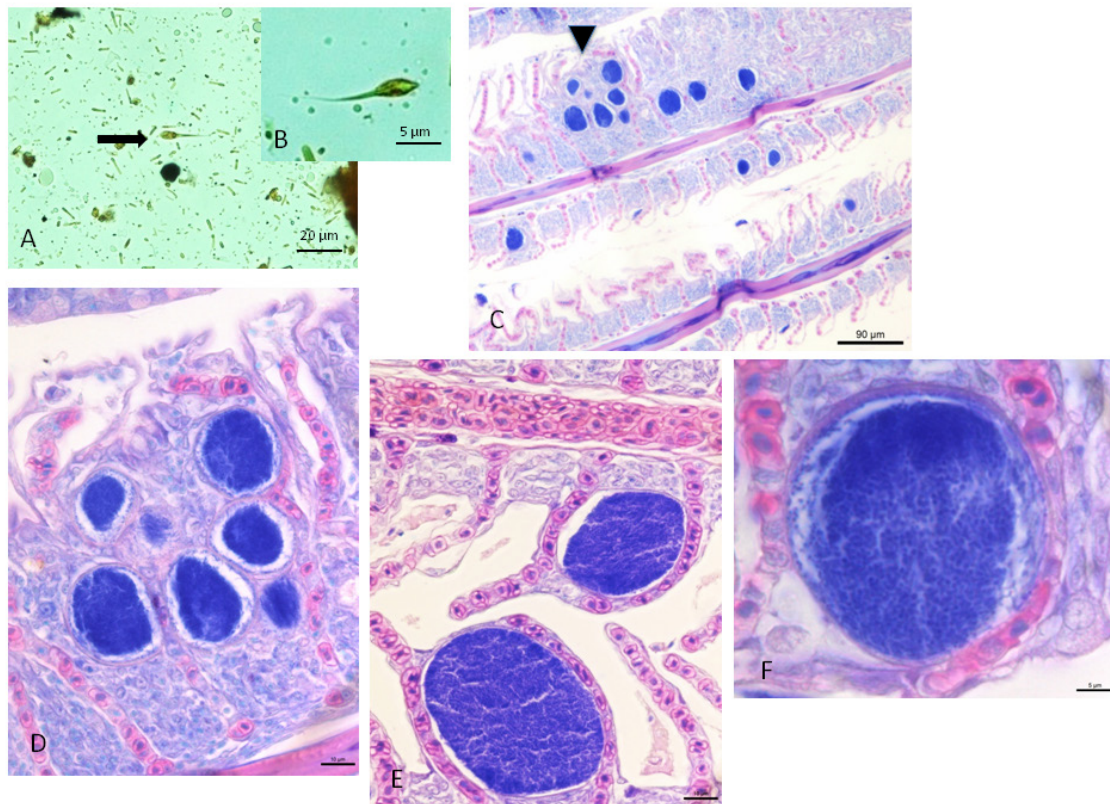


Fig.1. (A) Esporos de *Henneguya* sp. (seta) em esfregaços a fresco de brânquias de *Oreochromis niloticus*. Barra = 20 μm . (B) Detalhe de esporos de *Henneguya* sp. em esfregaços a fresco de brânquias. Barra = 5 μm . (C) Plasmódios pequenos e grandes de *Myxobolus* sp. do tipo interlamelar associado a hiperplasia das células colunares das lamelas e com fusão de lamelas. Barra = 90 μm . (D) Detalhe da fotomicrografia C. Barra = 10 μm . (E) Plasmódios grandes e pequenos de *Myxobolus* na posição intralamelar. Barra = 10 μm . (F) Plasmódio intralamelar grande de *Myxobolus*. Barra = 5 μm . Coloração de Giemsa em C, D, E e F.

recreativo que observou alta mortalidade de peixes, porém este dado não foi cientificamente comprovado neste estudo.

O gênero *Myxobolus* foi identificado com o encontrado de plasmódios desse mixosporídeo em várias localizações nas brânquias. A maior parte das descrições deste estudo correspondiam a plasmódios interlamelares ou epiteliais (9/12, 75%), diferentemente do que foi observado por Molnár (2002), que descreveram ser mais comuns plasmódios intralamelares ou vasculares. Os plasmódios interlamelares tinham tamanhos variados e estavam localizados no centro da lamela rodeados por células epiteliais e hemácias (Fig.1C) ou em posição excêntrica (Fig.1C,D). Em alguns segmentos branquiais havia grande concentração de plasmódios de diferentes tamanhos em associação com intensa proliferação celular, resultando em fusão das lamelas branquiais (Fig.1C,D). A hiperplasia de células colunares e de células mucosas, áreas múltiplas de inflamação e hemorragia também estavam associadas à presença de parasitos (Fig.1C,D). Todas estas lesões potencialmente causam redução da capacidade respiratória de peixes e afetam negativamente seu desempenho, fato que já foi mencionado anteriormente. A hiperplasia branquial está associada ao espessamento das lamelas e à produção de muco exacerbada, estes fenômenos interferem na dinâmica de trocas gasosas, fato que reduz a capacidade respiratória (Roberts 2012).

Os plasmódios do tipo intralamelar ou vascular (Fig.1E e F) foram observados em 16,2% (2/12) dos peixes com *Myxobolus*. Estes plasmódios eram pequenos e assimétricos, e se desenvolviam dentro do espaço vascular das lamelas branquiais, com localização na base ou no meio do filamento. Algumas vezes os plasmódios estavam no centro da lamela dilatando simetricamente os 2 lados, e da mesma forma que os outros produziam fusão das lamelas. *M. bramae*, identificado nas brânquias de *Abramis brama*, constituem um exemplo de mixosporídeo que produz este tipo de plasmódio (Molnár & Székely 1999).

Em apenas um peixe foi observada presença de plasmódios nos músculos dos arcos branquiais (tipo muscular), com formato oval ou na forma de charuto e medindo cerca de 150 a 480µm no comprimento e 50 a 140µm de largura (Fig.1A,B). Uma forte reação inflamatória com a presença de pseudoeosinófilos e melanomacrófagos foi encontrada próxima aos plasmódios (Fig.2D), porém não diretamente associada aos mesmos. Os plasmódios estavam completamente preenchidos por grande quantidade de esporos maduros, estágios pré-esporogônicos e outras formas vegetativas (Fig.2C). Os esporos tinham formato piriforme, arredondado na porção anterior e mais afilado na parte posterior, tinham $11,3 \pm 0,5 \mu\text{m}$ (8,7-13,2µm) de comprimento e largura de $4,9 \pm 0,5 \mu\text{m}$ (4,1-6,7µm). A cápsula polar tinha formato de gota com tamanho excedendo a metade do comprimento do esporo.

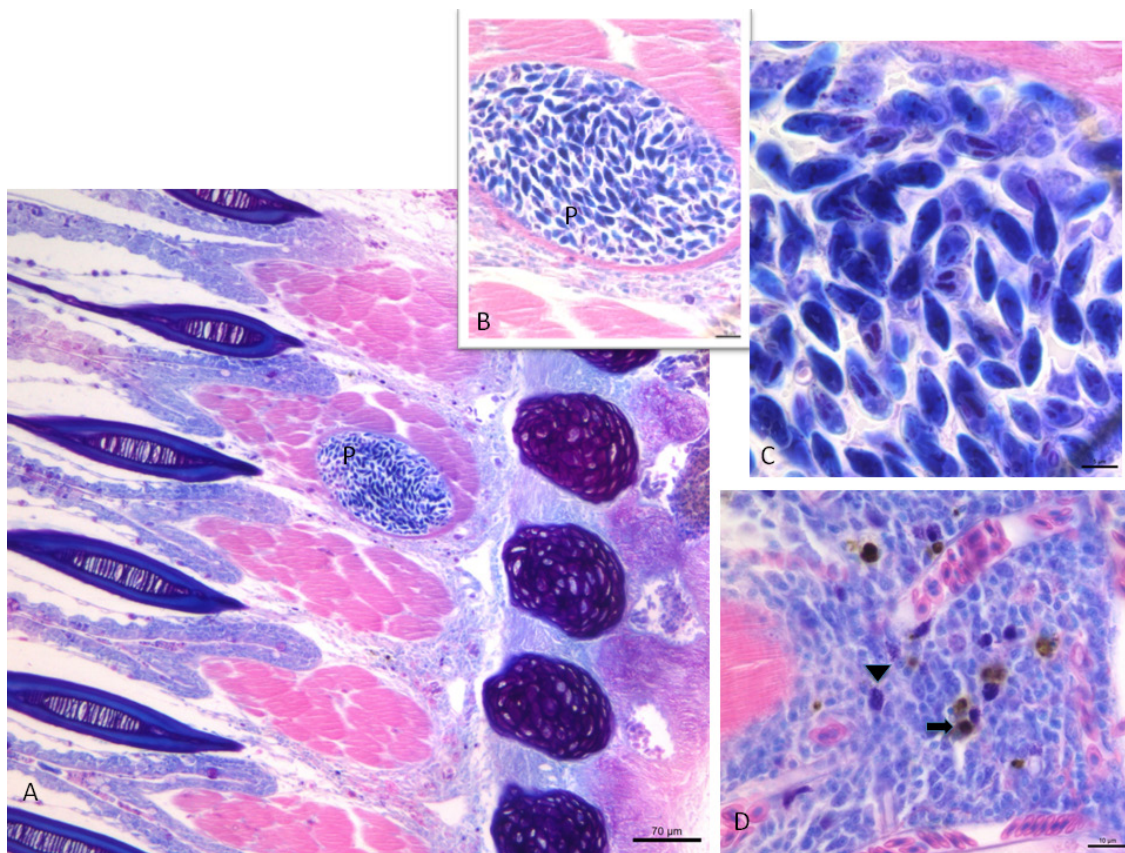


Fig.2. (A-C) Plasmódios de *Myxobolus* sp. (P) em músculo do arco das brânquias. (A) Barra = 70µm, (B) barra = 10µm, (C) barra = 5µm. (D) Forte reação inflamatória com a presença de pseudoeosinófilos (cabeça de seta) e melanomacrófagos (seta) no arco das brânquias. Barra = 10µm. Coloração de Giemsa.

Poucos mixosporídeos infectam o arco das brânquias, ficando geralmente localizados na cartilagem, epitélio e vasos sanguíneos (Sakiti et al. 1991), como exemplo *Myxobolus intrachondrealis*. Embora mixosporídeos possam ser descritos em músculos esqueléticos com alta frequência, a presença de *Myxobolus* sp. nos músculos dos arcos branquiais não foi observada na literatura, portanto, trata-se de um achado raro. Da mesma forma como descrito aqui, a infecção por *Kudoa* sp. de músculos esqueléticos não está diretamente associada à resposta inflamatória (Alarcón et al. 2016).

Os tecidos do hospedeiro ao redor de plasmódio de *Myxobolus* sp. em geral apresentam-se em processo degenerativo e necrótico, o que leva à hemorragia e maior sensibilidade à ruptura espontânea ou durante a necropsia (Dykova & Lom 1978, Molnár 1998). Este processo tem sido ligado à intensa reação inflamatória (Dykova & Lom 1978), a qual determina a dispersão do protozoário para o meio ambiente (Molnár 1994). De acordo com as observações desse estudo, as lesões patológicas associadas às brânquias parasitadas por mixosporídeos foi caracterizada por intensa hiperplasia e perda da capacidade respiratória, o que afeta a criação de tilápias.

No Brasil, em decorrência da grande importância econômica que a tilápia adquiriu para a piscicultura, a presença de parasitos, tais como os mixosporídeos, com o comprometimento da saúde dos peixes é preocupante, portanto, a pesquisa por meio de esfregaços e exames histopatológicos é recomendada para a verificação da saúde das populações de peixes (Saraiva et al. 2015a, 2015b, Saraiva et al. 2016).

CONCLUSÕES

A alta prevalência de mixosporídeos dos gêneros *Myxobolus* sp. e *Henneguya* sp. em brânquias de *Oreochromis niloticus* descrita neste estudo evidencia a importância desses cnidários para as culturas de peixes para atividade de recreação.

Foi evidenciado que os plasmódios de *Myxobolus* sp. foram facilmente observados nas brânquias e eram preferencialmente do tipo interlamelar, estando associados a importante comprometimento da estrutura histológica das brânquias.

Agradecimentos. - Nós agradecemos aos proprietários do pescador recreativo e a Secretaria do Verde e Meio Ambiente da cidade São Paulo. À Magna Aparecida Maltauro Soares (Instituto Butantã) pelo processamento histológico das amostras. A participação de J.C. Eiras nessa pesquisa foi parcialmente financiada por European Regional Development Fund (ERDF) através do Operational Competitiveness Programme 9 COMPETE), e pela Foundation for Science and Technology (FCT), do projeto número "PEst-C/MAR/LA0015/2013".

REFERÊNCIAS

Abdel-Ghaffar F, Abdel-Baki A.A., Bayoumy E.M., Bashtar A.R., Al Qurieshy S., Morse K.S., Alghamdy A. & Mehlhorn H. 2008a. Light and electron microscopic study on *Henneguya suprabranchiae* Landsberg, 1987 (Myxozoa: Myxosporea) infecting *Oreochromis niloticus*, a new host record. Parasitol. Res. 103(3):609-617. <http://dx.doi.org/10.1007/s00436-008-1019-z>. PMID:18516619.

Abdel-Ghaffar F, El-Toukhy A., Al-Quraishy S., Al-Rasheid K., Abdel-Baki A.S., Hegazy A. & Bashtar A.R. 2008b. Five new myxosporean species (Myxozoa: Myxosporea) infecting the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in Bahr Shebin, Nile Tributary, Nile Delta, Egypt. Parasitol. Res. 103(5):1197-1205. <http://dx.doi.org/10.1007/s00436-008-1116-z>. PMID:18688646.

Adriano E.A., Ceccarelli P.S. & Cordeiro N.S. 2002. Prevalência de parasitos do filo Myxozoa em pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (Osteichthyes: Characidae) em rios do Pantanal Mato-grossense, Brasil. Bolm Téc. Cepta 15:31-38.

Adriano E.A., Rêgo R.F. & Ceccarelli P.S. 2004. Parasitos do filo Myxozoa em curimatã, (*Prochilodus lineatus*) (Osteichthyes: Prochilodontidae) do Pantanal Mato-grossense, Brasil. Bolm Téc. Cepta 17:23-30.

Adriano E.A., Rêgo R.F., Santos S.M.C. & Ceccarelli P.S. 2005. Distribuição e prevalência de parasitos protozoa e metazoa infectando piraputanga (*Brycon hilarii*) no Pantanal Mato-grossense, Brasil. Bolm Téc. Cepta 18:29-38.

Adriano E.A., Ceccarelli P.S., Silva M.R.M. & Maia A.A.M. 2012. Prevalência, distribuição geográfica e sazonal de protozoários e mixozoários parasitos de jaú (*Zungaro jahu*) no Pantanal Matogrossense. Pesq. Vet. Bras. 32(12):1341-1344. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2012001200020>.

Alarcón M., Thoen E., Poppe T.T., Bornø G., Mohammad S.N. & Hansen H. 2016. Co-infection of *Nucleospora cyclopteri* (Microsporidia) and *Kudoa islandica* (Myxozoa) in farmed lumpfish, *Cyclopterus lumpus* L., in Norway: a case report. J. Fish Dis. 39(4):411-418. <http://dx.doi.org/10.1111/jfd.12372>. PMID:25865243.

Bichi A.H. & Dawaki S.S. 2010. A survey of ectoparasites on the gills, skin and fins of *Oreochromis niloticus* at Bagauda fish farm, Kano, Nigeria. Bayero J. Pure Appl. Sci. 3:83-86.

Dykova I. & Lom J. 1978. Histopathological changes in fish gills infected with myxosporidian parasites of the genus *Henneguya*. J. Fish Biol. 12(3):197-202. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1978.tb04165.x>.

Eiras J.C., Lima J.T., Cruz C.F. & Saraiva A. 2014. A note on the infection of *Scomberomorus brasiliensis* (Osteichthyes, Scombridae) by *Kudoa* sp. (Myxozoa: Multivalvulida). Braz. J. Biol. 74(3, Suppl.1):S164-S166. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.23712>. PMID:25627380.

El Sayed A.-F.M. 2006. Tilapia culture. CABI Publishing, London. <http://dx.doi.org/10.1079/9780851990149.0000>.

Fall M., Fomena A., Kostoingue B., Diebakate C., Faye N. & Toguebaye B.S. 2000. Myxosporidian (Myxozoa, Myxosporea) parasites of Cichlid fishes from Cameroun, Senegal and Chad with a description of two new species. Ann. Sci. Nat. Zool. 21(3):81-92.

Fomena A. & Bouix G. 1997. Myxosporea (Protozoa: Myxozoa) of freshwater fishes in Africa: keys to genera and species. Syst. Parasitol. 37(3):161-178. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1005839220014>.

Fomena A., Marques A. & Bouix G. 1993. Myxosporidea (Myxozoa) of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1757) (Teleost, Cichlidae) in fish-farming pools at Melen (Yaoundé, Cameroun, Central Africa). J. Afr. Zool. 197:45-56.

Gómez D., Bartholomew J. & Sunyer J.O. 2014. Biology and mucosal immunity to myxozoans. Develop. Comp. Immunol. 43(2):243-256. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dci.2013.08.014>. PMID:23994774.

Lom J. & Arthur J.R. 1989. A guideline for the preparation of species description in Myxosporea. J. Fish Dis. 12(2):151-156. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2761.1989.tb00287.x>.

Lom J. & Dyková I. 1992. Protozoan Parasites of Fishes. Elsevier, Amsterdam.

Mansour L., Thabet A., Chourabi K., Harrath A.H., Gtari M., Al Omar S.Y. & Ben Hassine O.K. 2013. *Kudoa azevedoi* n. sp. (Myxozoa, Multivalvulida) from the oocytes of the Atlantic horse mackerel *Trachurus trachurus* (Perciformes, Carangidae) in Tunisiancoasts. Parasitol. Res. 112(4):1737-1747. <http://dx.doi.org/10.1007/s00436-013-3332-4>. PMID:23435961.

McCraen J.P., Landolt M.L., Hoffman G.L. & Meyer F.P. 1975. Variation in response of channel catfish to *Henneguya* sp. infections (Protozoa: Myxosporidea). J. Wildl. Dis. 11(1):3-7. <http://dx.doi.org/10.7589/0090-3558-11.1.2>. PMID:803577.

Mohammed N.I., Rabie S.A., Hussein A.-N.A. & Hussein N.M. 2012. Infestation of *Oreochromis niloticus* and *Tilapia zilli* fresh-water fishes with myxosporean parasites, Qena Province, Egypt. Egypt. Acad. J. Biol. Sci. 4(1):235-246.

- Molnár K. 1994. Comments on the host, organ and tissue specificity of fish myxosporeans and on the types of their intrapiscine development. *Parasit. Hung.* 27:5-20.
- Molnár K. 1998. Taxonomic problems, seasonality and histopathology of *Henneguya creplini* (Myxosporea) infection of the pikeperch *Stizostedion lucioperca* in Lake Balaton. *Folia Parasitol.* 45(4):261-269. PMID:9868790.
- Molnár K. 2000. Survey on *Myxobolus* infection of the bleak (*Alburnus alburnus* L.) in the River Danube and in Lake Balaton. *Acta Vet Hung.* 48(4):421-432. <http://dx.doi.org/10.1556/004.48.2000.4.5>. PMID:11402659.
- Molnár K. 2002. Site preference of fish myxosporeans in gills. *Dis. Aqua. Organ.* 48(3):197-207. <http://dx.doi.org/10.3354/dao048197>. PMID:12033706.
- Molnár K. & Székely C. 1999. *Myxobolus* infection of the gills of common bream (*Abramis brama* L.) in Lake Balaton and in Kis-Balaton reservoir, Hungary. *Acta Vet. Hung.* 47(4):419-432. <http://dx.doi.org/10.1556/AVet.47.1999.4.3>. PMID:10641333.
- Nchoutpouen E., Folefack G.B.L. & Fomena A. 2011. Structure and population dynamics of *Myxobolus* infections in wild and cultured *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 in the Noun division (West-Cameroon). *J. Cell Anim. Biol.* 5(12):254-264.
- Obiekezie A.I. & Okaeme A.N. 1990. Myxosporea (Protozoa) infection of cultured tilapias in Nigeria. *J. Afr. Zool.* 104:77-91.
- Obiekezie A.I. & Enyenihi U.K. 1988. *Henneguya chrysichthyi* sp. nov. (Protozoa: Myxozoa) from the gills of estuarine catfish *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède) (Pisces: Bagridae) in Nigeria. *J. Afr. Zool.* 102:33-42.
- Pampoulie C., Marques A., Rosecchi E., Crivelli A.J. & Bouchereau J.L. 1999. A new Myxosporean parasite, *Kudoa camarguensis* n. sp. recorded on two goby species (Teleostei: Pisces) in the Rhône Delta (Mediterranean Sea, France). *J. Eukaryot. Microbiol.* 46(3):304-310. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1550-7408.1999.tb05129.x>.
- Ranzani-Paiva M.J.T., Felizardo N.N. & Luque J.L. 2005. Parasitological and hematological analysis of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757 from Guarapiranga reservoir, São Paulo State, Brazil. *Acta Scient. Biol. Sci.* 27(3):231-237. <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiolsci.v27i3.1334>.
- Roberts R.J. 2012. *Fish Pathology*. 4th ed. Wiley-Blackwell, London. 597p. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118222942>.
- Rukyani A. 1990. Histopathological changes in the gills of common carp (*Cyprinus carpio*) infected with the myxosporean parasite *Myxobolus koi* Kudo, 1920. *Asian Fish Sci.* 3:337-341.
- Sakiti N., Blanc É., Marques A. & Bouix G. 1991. Myxosporidies (Myxozoa, Myxosporea) du genre *Myxobolus* Bütschli, 1882 parasites de poissons Cichlidae du lac Nokoué au Bénin (Afrique de l'Ouest). *J. Afr. Zool.* 1:173-186.
- Saraiva A., Costa J., Serrão J., Cruz C. & Eiras J.C. 2015a. A histology-based fish health assessment of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture* 448:375-381. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.06.028>.
- Saraiva A., Costa J., Serrão J., Eiras J.C. & Cruz C. 2015b. Study of the gill health status of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) using different tools. *Aquaculture* 441:16-20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.02.004>.
- Saraiva A., Costa J., Eiras J.C. & Cruz C.F. 2016. Histological study as indicator of juveniles farmed turbot, *Scophthalmus maximus* L. health status. *Aquaculture* 459:210-215. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.03.048>.
- Watanabe W.O., Losordo T.M., Fitzsimmons K. & Hanley F. 2002. Tilapia production systems in the americas: technological advances, trends, and challenges. *Rev. Fish Sci. Aquacult.* 10(3/4):465-498. <http://dx.doi.org/10.1080/20026491051758>.