

Modulação química da agressividade em juvenis de tilápia-do-nilo por fatores liberados por co-específicos

Sandra Aparecida BENITE-RIBEIRO

RESUMO

Avaliou-se a modulação química da agressividade entre co-específicos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus* L.) pelo teste do espelho. A agressividade foi inferida pela latência para o primeiro confronto, frequência e tempo de confrontos emitidos. Foi quantificado também o tempo despendido em locomoção. Procedeu-se ao teste de peixes isolados nas seguintes condições: a) água sem contato com co-específicos (n = 32); b) água provinda de aquário contendo grupo recém-formado (40 min) de co-específicos (n = 16); e c) água provinda de aquário contendo grupo formado há 3 dias (n = 16). Analisou-se também o perfil agonístico dos grupos provedores de água para o teste. Concluiu-se que há modulação química da agressividade nessa espécie e que esse efeito se reflete em alteração na motivação agressiva. Observou-se também que a modulação química da agressão pode ser causada pelo nível de estresse dos animais liberadores.

Palavras-chave: *Oreochromis niloticus*; Tilápia-do-nilo; Comunicação química; Comportamento agonístico; Estresse; Peixe.

ABSTRACT

Chemical modulation of aggressiveness in Nile tilapia juveniles by conspecifics released factors

Chemical modulation of aggressiveness among conspecifics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) was evaluated utilizing the mirror test. The measurement of aggressiveness was made taking into account latency for the first confront, frequency and time spent in the confronts, as well as time spent in locomotion. Isolated fishes were tested according to following conditions: a) water without contact with conspecifics (n = 32); b) water from an aquarium containing newly formed group (40 min) of conspecifics (n = 16); and c) water from an aquarium

1. Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Goiás/CAJ, Rod. BR 364, km 192, C. P. 03, CEP 75800-000, Jataí, GO. E-mail: sandrabenite@bol.com.br.

containing a group formed 3 days before the test. It was also analyzed the agonistic profile of the groups in the water supplying aquariums. It was concluded that there is chemical modulation of aggressiveness in the species studied, and this effect reflects changes in the aggressive motivation. Furthermore, chemical modulation of aggressiveness can be affected by the releaser animals stress level.

Key words: *Oreochromis niloticus*; Nile tilapia; Chemical communication; Agonistic behavior; Stress; Fish.

INTRODUÇÃO

A motivação agressiva permite ao indivíduo importante adaptação que favorece sua sobrevivência e reprodução, garantindo, por exemplo, alimento (Magnusson, 1962; Koeble, 1985), território (Noble & Borne, 1938; Collias, 1944), parceiro sexual (Verner, 1977), etc. Contudo, essa agressão impõe alto consumo de tempo e de energia, tanto para o agressor quanto para o agredido. Assim, apesar das vantagens da agressão individual para determinados indivíduos, esse alto consumo de tempo e energia pode acarretar perda de recursos, que, gradativamente, pode comprometer a sobrevivência do próprio agressor (Riechert, 1988; Slobodchikoff, 1988; Blanckenhorn, 1992). Durante a evolução, as vantagens e desvantagens da agressão possivelmente favoreceram o aparecimento de mecanismos que a modulam no indivíduo. O mecanismo mais conhecido é o estabelecimento de relações hierárquicas bem definidas, que reduzem a agressão intra-específica (Kaufmann, 1983; Karavanich & Atema, 1993).

Nas disputas hierárquicas, uma característica importante é o desenvolvimento de comunicações específicas que não apenas determinam, mas também mantêm as relações hierárquicas, diminuindo então a ocorrência de confrontos com contatos físicos (Nelissen, 1985; Kavaranich & Atema, 1991; Kavaranich & Atema, 1993), que comprometeriam a sobrevivência tanto dos dominantes quanto dos submissos (Huxley, 1996). Os sinais nessa comunicação podem ser percebidos por quimiorrecepção, eletrorrecepção, termorrecepção, fotorrecepção, mecanorrecepção e, talvez, magnetorrecepção, sendo que a importância de cada modalidade depende da espécie (Pandey, 1984).

A comunicação química tem sido descrita predominantemente para espécies de hábito noturno, como os bagres (Todd, 1983), ou para peixes cavernícolas (Baenninger & De Fraipont, 1968; De Fraipont & Thinès, 1986). Apesar disso, alguns estudos mostram que em espécies de hábito diurno, nas quais a fotorrecepção é predominante, a comunicação química também é importante; por exemplo, na reprodução (Chien, 1973; Liley, 1982), no reconhecimento individual (Sagleo & Le-Martret, 1982), no cuidado parental (Russock, 1990), no reconhecimento da espécie (Crapon de Caprona, 1980; Barnett, 1982), nas relações

hierárquicas (Malvushina et al., 1983; Todd, 1983), na redução da agressão de co-específicos (Baenninger, 1968; Colyer & Jenkins, 1976; Ingersoll et al., 1976; Pfeiffer, 1977, 1982; Todd, 1983), etc. Além disso, nos ciclídeos que incubam os ovos na boca, como a tilápia-do-nilo, a forma de reconhecimento mais importante da prole pelos pais, nos primeiros dias, parece ser a química (Solomon, 1977).

Quanto à liberação dos sinais químicos, o estado fisiológico do peixe emissor influencia a proporção dos compostos desses sinais (Liley, 1982). Assim, como diferentes contextos sociais podem determinar diferenças no estado fisiológico (Ghoneum et al., 1988; Cooper et al., 1989; Haller, 1992; Alvarenga & Volpato, 1995), esses contextos podem, então, afetar os sinais químicos emitidos. Além disso, o tempo de agrupamento pode afetar tanto as interações agressivas (Haller & Wittenberg, 1988; Manning & Dawkins, 1992) quanto a concentração dessas substâncias no ambiente (particularmente em locais restritos).

O presente estudo foi delineado para testar a possibilidade de a comunicação química entre co-específicos modular a agressão individual numa espécie de hábito diurno, a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Considerou-se também a possibilidade de tais efeitos serem modulados pelo tempo de agrupamento e pelo perfil de interação agressiva do grupo emissor dos sinais químicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) foram aclimatados por 30 dias antes de serem submetidos às condições experimentais. Nesse período permaneceram em um tanque de cimento-amianto (1 peixe/2,5 litros), sob condições naturais de luz, fotoperíodo, oscilação térmica e com alimentação diária e ad libitum.

Todos os animais utilizados neste estudo foram inicialmente triados para a faixa de 2,9 cm a 3,1 cm de comprimento-padrão e, a partir daí, distribuídos ao acaso nas condições experimentais. Permaneceram em jejum por 3 dias antes dos testes e durante todo o período das observações. Na fase experimental, o fotoperíodo foi mantido em 12 L:12 E e a temperatura foi de 25°C a 27°C.

Cada grupo-fonte de fator químico (G1 e G2) foi composto de 8 juvenis colocados em aquário de vidro (25 cm x 30 cm x 12 cm, com 7 litros de água). O grupo recém-formado (G1) permaneceu agrupado por 3 dias para compor a condição G2. Após a primeira transferência de água para o teste da agressividade (condição G1 = 40 min após o agrupamento), o mesmo volume foi repostado com água sem contato prévio com outros peixes. A aeração da água era contínua, com filtro biológico cilíndrico ($\varnothing = 7,5$ cm e altura = 15 cm) introduzido no centro do aquário logo após a filmagem de G1. No caso da condição controle (C), a água provinha do mesmo reservatório que supriu água para as condições G1 e G2, sendo previamente aerada e sem contato com peixes.

As interações agonísticas dos grupos-fonte (G1 e G2) foram filmadas por 10 minutos. Em G1, 10 min após o agrupamento. Em G2, dez minutos antes das filmagens, o filtro biológico era removido para facilitar as observações. O perfil dessas interações foi posteriormente quantificado, obedecendo ao seguinte etograma (adaptado de Alvarenga & Volpato, 1995):

Mordidas: a) área anterior (Ma): as mordidas são dirigidas à cabeça do oponente; b) área caudal (Mc): as mordidas são dirigidas à cauda do oponente; c) área ventral (Mv): as mordidas são direcionadas à área média do corpo do oponente, geralmente próximo à nadadeira anal; e d) área mediana (Mm): as mordidas são direcionadas à área mediana-lateral do corpo, entre o opérculo e a cauda.

Confronto em Paralelo: a) mesma direção (Pm): os dois animais exibem movimentos ondulatórios com a região lateral do corpo, com as cabeças voltadas para o mesmo sentido; e b) direção oposta (Po): idem à descrição anterior, exceto que os peixes ficam dispostos em sentidos opostos um em relação ao outro.

Confronto Frontal (F): ambos se aproximam frontalmente com a boca aberta e mordem a boca do oponente, exibindo movimentos rápidos de natação em direção ao outro peixe.

Perseguição (Pe): o agressor persegue o oponente enquanto este foge, e não há contato físico entre eles.

Total de Confrontos (T): somatória de todos os confrontos descritos anteriormente.

O efeito das condições químicas foi avaliado, em animais isolados, pelo teste do espelho adaptado de Wirtz & Davenport (1976) e Francis (1990). Inicialmente, os animais-teste eram isolados química e socialmente por 3 dias em aquários de vidro (10 cm x 10 cm x 25 cm) com revestimento opaco nas paredes. Posteriormente, eram transferidos para o aquário-teste (30 cm x 10 cm x 25 cm) que já continha água com as condições testadas. Esse aquário possuía aeração e um espelho numa das paredes laterais. Um anteparo opaco e removível separava o aquário em dois compartimentos. O peixe permanecia 15 minutos no compartimento sem espelho e, em seguida, o anteparo era removido por um sistema de roldanas expondo-se o espelho ao peixe por 5 minutos. O comportamento do animal era filmado nos 10 minutos finais das observações, 5 min antes e 5 min após a retirada do anteparo. Posteriormente, quantificaram-se o tempo e a frequência de confrontos deflagrados em direção ao espelho, bem como o tempo despendido em locomoção sem envolvimento agonístico (Loc1 = locomoção antes da apresentação do espelho, Loc2 = locomoção durante a apresentação do espelho). Os tipos agonísticos avaliados foram:

Mordidas (M): o peixe deflagra mordidas contra o espelho; Confronto em Paralelo (CP): o peixe exhibe movimentos ondulatórios contra o espelho; Total de Confrontos (T): somatória dos confrontos descritos anteriormente.

Para cada teste, filmava-se uma condição-controle, uma de G1 e uma de G2, exceto na primeira (sem G2) e na última filmagem (sem G1).

Durante a análise exploratória dos dados, alguns valores de outlier (valores da amostra que se encontram fora dos limites estabelecidos pela média ± 2 dp) foram excluídos das análises (conforme descrito em Tukey, 1977). Todavia, esses dados são apresentados nos resultados. Os testes estatísticos utilizados foram: a) Kruskal-Wallis, complementado pelo Dunn; b) correlação linear de Pearson; c) teste de proporção de Goodman; e d) teste t de Student. A significância estatística estabelecida foi $P < 0,05$.

RESULTADOS

Dentre as variáveis avaliadas, houve correlação negativa significativa entre latência e locomoção antes da apresentação do espelho (Loc1) em C (controle) e latência e locomoção durante a apresentação do espelho (Loc2) em G2 (3 dias de agrupamento) (Tabela I). Porém, nas correlações entre latência e confrontos (Tabela I) e nas análises das latências médias (Fig. 1), nenhum resultado significativo foi detectado.

TABELA I Correlação linear de Pearson (r) entre as variáveis no teste da agressividade diante do espelho.

Correlação	C	G1	G2
	r/P	r/P	r/P
Lat x Mf	0,54/0,26	0,43/0,29	-0,01/0,98
Lat x Tf	0,52/0,3	-0,62/0,1	-0,03/0,88
Lat x Tt	0,35/0,5	-0,48 /0,22	0,20/0,34
Lat x Loc1	-0,5/0,01	0,29/0,57	0,4/0,33
Lat x Loc2	-0,09/0,66	-0,53/0,28	-0,88/0,04
Loc1 x Loc2	0,5/0,01	0,4/0,43	0,18/0,66
Loc1 x Mf	0,11/0,6	0,44/0,39	-0,91/0,001
Loc1 x Tf	0,13/0,53	0,45/0,37	-0,89/0,003
Loc2 x Mf	0,14/0,5	0,95/0,003	0,41/0,32
Loc2 x Tf	0,25/0,23	0,86/0,003	0,55/0,15

Lat = latência para o primeiro confronto; Mf = frequência de mordidas; Tf = total de confrontos; Tt = tempo despendido em confrontos; Loc1 e Loc2 = locomoção antes e durante a apresentação do espelho, respectivamente; C = controle, água sem contato com co-específicos (n = 24); G1 = teste com água de co-específicos agrupados há 40 min (n = 6); G2 = teste em água proveniente de co-específicos agrupados há 3 dias (n = 8); p = significância estatística.

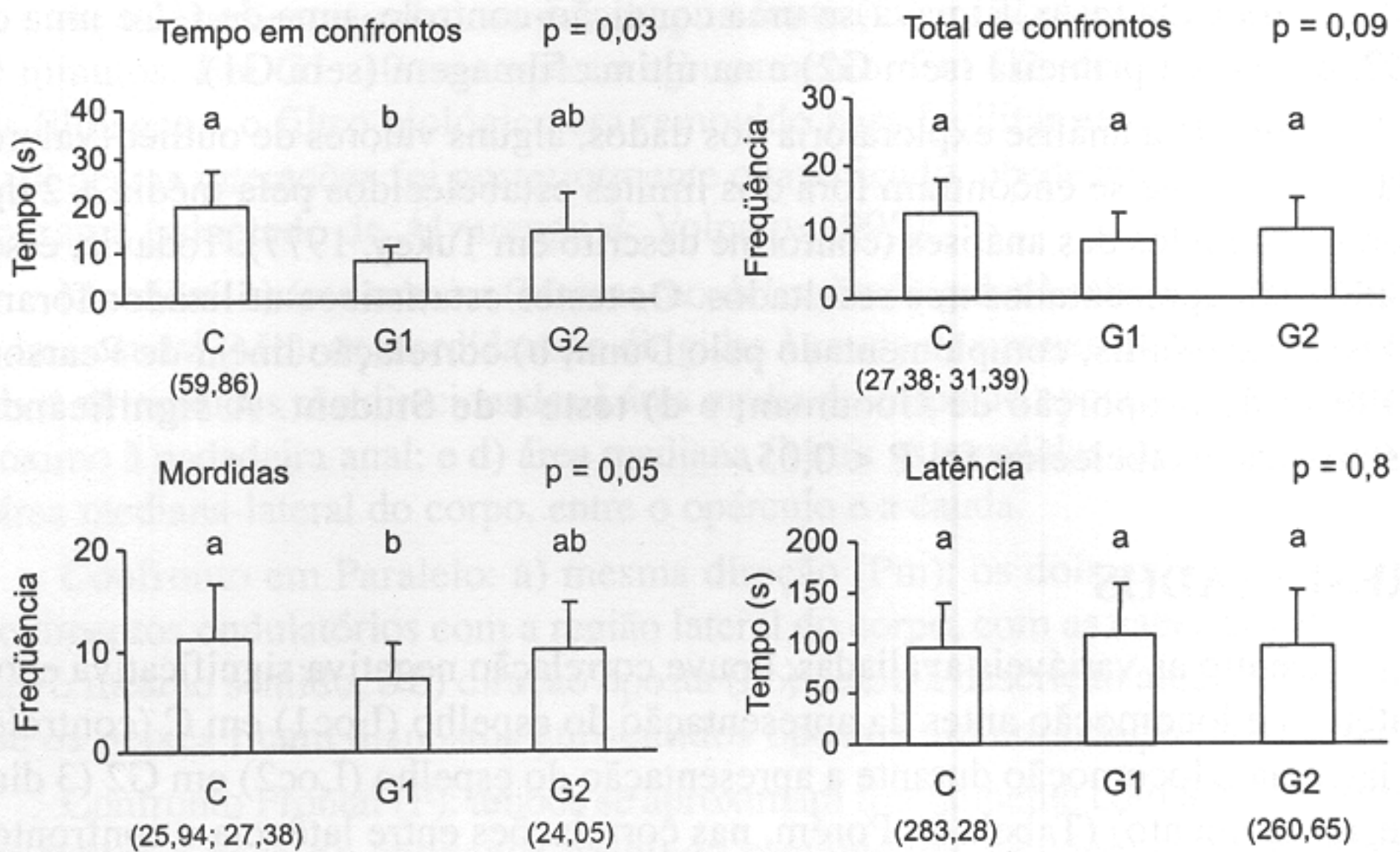


Fig. 1 – Padrão agonístico (média \pm dp) no teste de agressividade diante do espelho. Médias com ao menos uma letra igual entre si são estatisticamente iguais no nível de significância indicado (p) (Kruskal-Wallis, complementado pelo Dunn). Os valores entre parênteses são valores de outliers. C = controle, água sem fatores químicos de co-específicos (n = 30), G1 e G2 = teste com água recebida de co-específicos agrupados há 40 min (n = 11) e 3 dias (n = 12), respectivamente.

Nas análises dos indicadores da agressão no teste do espelho, os confrontos em paralelo apresentaram baixa frequência e, portanto, não foram utilizados para as análises estatísticas. Entretanto, foram contemplados na análise dos confrontos totais. A proporção de animais-teste que não exibiram confronto durante o tempo de apresentação do espelho não diferiu entre as condições: C = 0,06; G1 = 0,25; e G2 = 0,25 (teste de proporção de Goodman, $p > 0,05$). Dessa forma, aqueles que não se confrontaram no teste do espelho foram excluídos das análises.

Na Fig. 1 observa-se que, na condição G1, houve redução no tempo despendido em confrontos e na frequência de mordidas, o que sugere inibição química da agressão. Essa sugestão é reforçada pela correlação negativa entre as interações sociais no grupo-fonte formado há 3 dias (G2) e os confrontos do animal-teste (Tabela II).

TABELA II Correlação linear de Pearson (r) entre frequência de confrontos de G2 (3 dias de agrupamento): perseguição (Pe), total de confrontos (T) e mordidas na área caudal (Mc); e frequência de confrontos do teste de agressividade em animais isolados diante do espelho: mordidas (M), total de confrontos (T), n = 8 e p = significância estatística.

Pe x M r/P	Pe x T r/P	T x T r/P	Mc x M r/P
-0,73/0,04	-0,67/0,07	-0,65/0,08	-0,63/0,09

Os resultados das análises de correlação dos padrões de locomoção são apresentados na Tabela I. Foram encontradas correlações positivas significativas entre: a) locomoção antes (Loc1) e durante a apresentação do espelho (Loc2) no grupo controle; e b) Loc2 e agressão em animais recebendo fatores químicos de G1 (40 min). Houve correlação negativa entre Loc1 e agressão em G2 (3 dias). Os fatores químicos de co-específicos também reduziram a locomoção dos animais em Loc2 na condição G1 (Fig. 2).

Os padrões agonísticos, quantificados nos grupos-fonte de fatores químicos, que foram afetados pelo tempo de agrupamento (G2 em relação a G1) são apresentados na Fig. 3. As mordidas tipo Ma e Mm foram mais frequentes em G2 e os confrontos do tipo Po reduziram-se com o tempo de agrupamento. Além disso, a frequência total de confrontos em G2 foi maior que em G1.

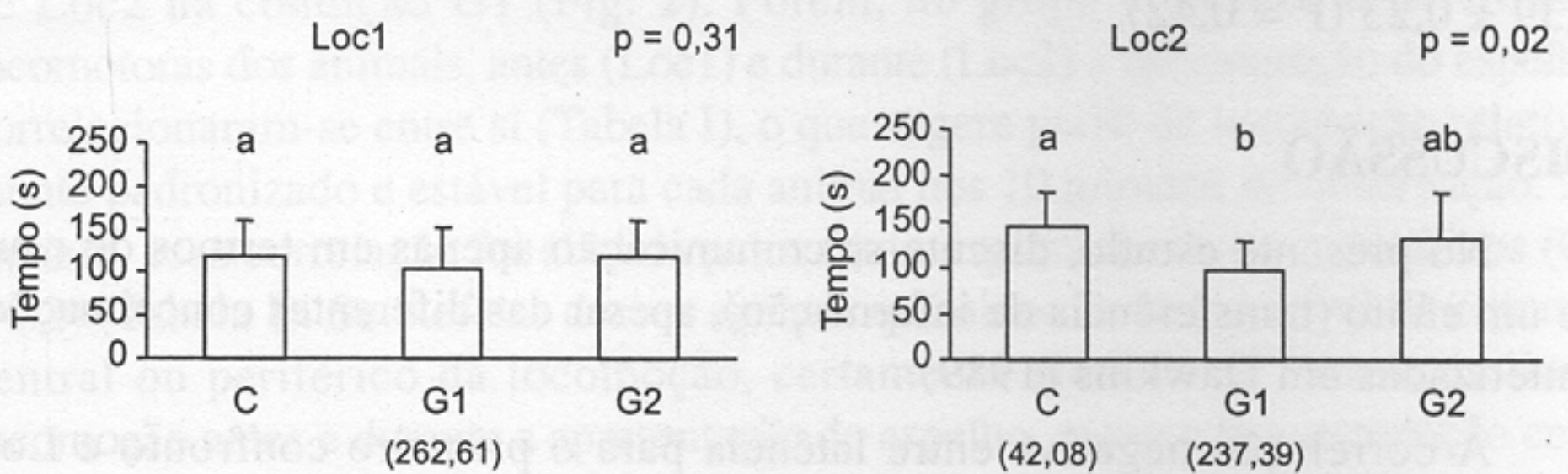


Fig. 2 – Tempo médio (\pm dp) da locomoção antes (Loc1) e durante a apresentação do espelho (Loc2) no teste de agressividade diante do espelho. Médias com ao menos uma letra igual entre si são estatisticamente iguais no nível de significância indicado (p) (Kruskal-Wallis, complementado pelo Dunn). Os valores apresentados entre parênteses são valores de outliers. C = controle, água sem fatores químicos de co-específicos (n = 30), G1 e G2 = teste com água recebida de co-específicos agrupados há 40 min (n = 11) e 3 dias (n = 12), respectivamente.

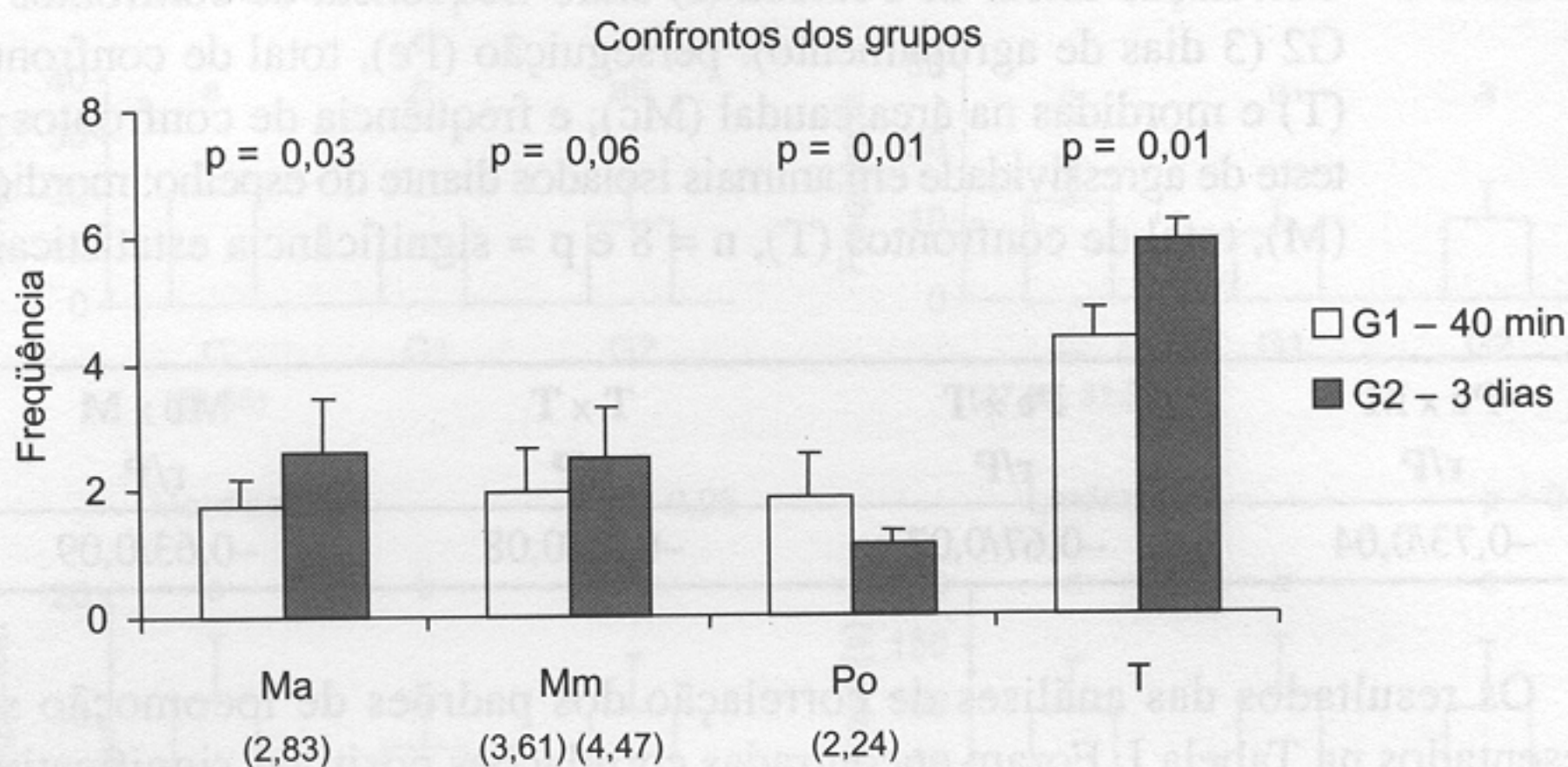


Fig. 3 – Frequência média (\pm dp) dos tipos agonísticos dos grupos-fonte de fatores químicos que sofreram efeito do tempo de agrupamento (teste t de Student). Ma = mordidas na área anterior; Mm = mordidas na área mediana; Po = confronto em paralelo na direção oposta; T = total de confrontos. Os valores entre parênteses são valores de outliers, $n = 24$.

Os demais tipos agonísticos foram estatisticamente similares entre G1 e G2, com as seguintes frequências médias (\pm dp): Pe = $2,20 \pm 1,15$ e $3,07 \pm 1,16$ ($p = 0,10$); Mc = $2,37 \pm 1,03$ e $2,77 \pm 1,04$ ($p = 0,12$); Mv = $1,37 \pm 0,34$ e $1,39 \pm 0,23$ ($p = 0,23$); F = $1,83 \pm 0,90$ e $1,46 \pm 0,42$ ($p = 0,24$) e Pm = $1,43 \pm 0,40$ e $1,39 \pm 0,23$ ($P = 0,42$).

DISCUSSÃO

No presente estudo, discute-se comunicação apenas em termos de causa de um efeito (transferência de informação), apesar das diferentes conceituações, sintetizadas em Dawkins (1989).

A correlação negativa entre latência para o primeiro confronto e Loc1 (Tabela I) no grupo controle pode sugerir que os animais mais ativos seriam os mais agressivos, se latência for considerada indicador de agressividade. Porém, neste caso, essa correlação parece decorrer diretamente da agitação inicial do animal. O estado de maior agitação do peixe antes da apresentação do espelho pode significar que ele se ajustou mais rapidamente à manipulação experimental. Assim, o ajuste aumentou a possibilidade de o peixe aproximar-se do espelho, reduzindo a latência para o primeiro confronto. No caso da latência dos animais-teste que receberam fatores químicos de G2 (Tabela I), a mesma explicação parece

válida. Nas condições desta pesquisa, a latência, aparentemente, não foi um bom indicador de agressão, pois parece refletir principalmente o estado geral de ajuste do animal a um novo ambiente. Além disso, como a latência não se correlacionou com os confrontos em nenhuma das condições (Tabela I), é razoável assumir que a menor latência dos animais mais agitados não signifique necessariamente maior motivação agressiva. Furlan (1996) também constatou que a latência não é um indicador fidedigno da motivação agressiva.

Vale ressaltar que os dados individuais de confrontos foram ponderados em função do tempo total disponível para confrontação após o primeiro ataque. Assim, na análise, esses valores foram calculados por minuto de observação após a latência. Excluídos os valores de outlier (Tukey, 1977), a maior latência registrada foi de 3,4 min e a menor, de 0,52 min. Apesar disso, a latência média não diferiu entre as condições (Fig. 1), indicando que o tempo médio de amostragem foi similar nas condições experimentais adotadas.

Nas análises da agressividade diante do espelho, a inibição química da agressão é sugerida: a) pela redução do tempo despendido em confrontos em G1 (Fig. 1); b) pela redução na frequência de mordidas na condição G1 (Fig. 1); e c) pela correlação negativa entre as interações sociais (Pe) no grupo-fonte formado há 3 dias (G2) e os confrontos (M) do animal-teste (Tabela II). Fatores químicos que reduzem a agressão nesta (Giaquinto & Volpato, 1997) e em outras espécies de peixes (Baenninger, 1968; Bronstein, 1976) têm sido relatados, embora os mecanismos envolvidos ainda não sejam bem conhecidos.

A modulação química nos confrontos poderia ter atuado diretamente na locomoção e, secundariamente, na motivação agressiva, como sugerida pela redução de Loc2 na condição G1 (Fig. 2). Porém, no grupo controle, as atividades locomotoras dos animais, antes (Loc1) e durante (Loc2) a apresentação do espelho, correlacionaram-se entre si (Tabela I), o que sugere perfil de locomoção relativamente padronizado e estável para cada animal nos 10 minutos de observação. No entanto, essa correlação foi abolida pelos fatores químicos de co-específicos (G1 e G2) (Tabela I). Se o efeito desses agentes químicos fosse em nível de controle central ou periférico da locomoção, certamente afetaria de forma similar a locomoção antes e durante a apresentação do espelho, mantendo a correlação entre elas. Como essa correlação foi abolida, conclui-se que os fatores químicos de co-específicos (G1 ou G2) afetaram diferentemente a locomoção nesses períodos, desfazendo a correlação revelada pelo grupo controle.

O único elemento diferente entre Loc1 e Loc2 é a presença do espelho no segundo momento, sendo, porém, insuficiente para explicar o fenômeno, pois também havia esse estímulo no grupo controle. Assim, é necessário supor que a diferença entre Loc1 e Loc2 decorra de um efeito interativo entre a presença

do espelho e os fatores químicos. Portanto, pode-se concluir que os fatores químicos afetaram a agressão diante do espelho e esta afetou secundariamente Loc2, e não o inverso. Dada a explicação anterior, fica clara a existência de correlação positiva entre Loc2 e agressão (Mf e Tf) em animais que receberam fatores químicos de G1 (Tabela I).

A explicação sobre a correlação negativa entre Loc1 e agressão (Mf e Tf) em G2 parece ser outra (Tabela I). Na tilápia-do-nylo, propõe-se que há reconhecimento hierárquico por comunicação química (Giaquinto & Volpato, 1997). Assim, o animal-teste, ao perceber quimicamente co-específicos com hierarquia de dominância estabelecida (condição G2) e estando fora de seu próprio território, pode assumir posição de intruso, pois a posse prévia de território garante dominância hierárquica nesta (Delício, 1985) e em outras espécies de peixes (Zayan, 1975). Essa percepção química pode ter promovido diferentes respostas, aumentando ou reduzindo a locomoção dependendo da predisposição do peixe em confrontar-se ou não com o dominante do território (percebido quimicamente). Essa diferença de resposta (fuga ou luta) pode decorrer da condição hierárquica prévia do animal-teste nos aquários de manutenção: dominantes prévios tendem a se comportar como dominantes, e submissos, como submissos, (Wilson & Roys, 1993). Assim, os que optaram pela estratégia de fuga (maior locomoção antes da apresentação do espelho), confrontaram-se menos. Outros podem ter optado pelo enfrentamento do suposto dominante do território (imagem no espelho), locomovendo-se menos, justificando, assim, o resultado obtido.

Para discutir o que provoca a liberação dos fatores químicos, deve-se, inicialmente, caracterizar as situações estimuladoras (G1 e G2) para liberação dos fatores químicos.

Nos grupos recém-formados (G1), os estressores foram mais intensos comparativamente aos mesmos indivíduos em G2 em razão de: a) maior manipulação nos animais pela transferência de aquário; b) ambiente novo; e c) ausência de reconhecimento prévio entre os co-específicos. No conjunto, essas situações deixam clara a situação de maior estresse, não só o social, presente em G1, o que poderia reduzir as interações agonísticas. Por outro lado, após 3 dias de agrupamento (G2), não houve manipulações drásticas dos animais e a frequência de interações agonísticas foi maior (Fig. 3), indicando predominância de estresse social nessa condição. Assim, a maior confrontação agonística em G2 pode decorrer, na realidade, do baixo índice de confrontos em G1, não significando propriamente aumento dos confrontos em função do tempo de agrupamento. De fato, na literatura o que se relata é uma relação inversa entre frequência de confrontos e tempo de agrupamento (Haller & Wittenberg, 1988; Manning & Dawkins, 1992). Por outro lado, durante as filmagens, a remoção do filtro biológico situado no centro do aquário que o separava em duas regiões colocava

os animais em confrontação mais direta, podendo, assim, ter aumentado as interações agonísticas.

Numa análise geral, em G2 predominou estresse social, enquanto em G1 predominaram outros estressores. Apesar disso, o elemento básico é a condição de estresse. Dessa forma, a liberação dos fatores químicos deve ter sido causada pelo estresse. De fato, Colyer & Jenkins (1976) referem-se a substâncias de estresse que reduzem a agressividade em outras espécies. No entanto, a sinalização dessa situação estressante por meio químico pode significar alarme para os demais co-específicos (Malvushina et al., 1991).

Os fatores químicos de G1 e G2 produziram efeitos distintos, sugerindo que houve influência de um ou mais fatores químicos ou de um único fator presente em concentrações diferentes. Esse suposto efeito de diferentes concentrações de uma única substância não pode ser explicado pelo efeito cumulativo do tempo de agrupamento, pois em G2 a supressão da agressividade foi menos evidente (Fig. 1). Assim, as quantidades liberadas devem ter sido diferentes ($G1 > G2$), em concentrações proporcionais à taxa de estresse dos peixes emissores. Os resultados obtidos no presente estudo concordam com a explicação mais simples: somente uma substância deve estar envolvida nos efeitos detectados em G1 e G2, em diferentes concentrações, podendo ser uma substância de estresse, como apontado em outros estudos (Baenninger, 1968; Bronstein, 1976; Colyer & Jenkins, 1976). O último comentário relaciona-se ao significado biológico do fenômeno detectado. Sob estresse, peixes podem comunicar quimicamente aos co-específicos sobre perigos ambientais iminentes. Nessas situações, a atenção é desviada para a nova situação (perigo) e a agressão intra-específica é adiada.

CONCLUSÕES

Concluiu-se que, apesar de a tilápia-do-nilo ser uma espécie diurna, com participação expressiva da visão nas atividades, há modulação química da agressividade por fatores químicos liberados por co-específicos, sendo que esse efeito reflete alteração na motivação agressiva dos indivíduos. Verificou-se também que a intensidade da modulação química varia em função do nível de estresse dos animais liberadores.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Gilson Luiz Volpato, Departamento de Fisiologia, Unesp, Botucatu, SP, pela orientação do trabalho; ao CEPTA/IBAMA, Pirassununga, SP, especialmente ao Dr. Paulo Sérgio Cecarelli e ao Dr. José Augusto Ferraz de Lima, pela doação de animais para a pesquisa; ao Antonio Carlos de Barros Tardivo,

pela assistência técnica; ao Dr. Carlos Roberto Padovani, pela assistência estatística; à Dra. Annete Hoffmann e ao Dr. Gilberto Fernando Xavier, pelas sugestões apresentadas na dissertação.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, C.M.D.; VOLPATO, G.L. Agonistic profile and metabolism in alevins of the Nile tilapia. *Physiol. Behav.*, v. 57, n. 1, p. 75-80, 1995.
- BAENNINGER, R. Fighting by *Betta splendens*: effects on aggressive displaying by conspecifics. *Psychon. Sci.*, v. 10, n. 5, p. 185-186, 1968.
- BAENNINGER, R.; DE FRAIPONT, M. Problèmes fondamentaux de la biologie du comportement de poissons cavernicoles *Anoptichys jordani* (Characidae) et *Caecobartbus geertsi* (Cyprinidae). *Ann. Spéléol.*, v. 28, n. 2, p. 291-297, 1968.
- BARNETT, C. The chemosensory responses of young Cichlid fish to parents and predators. *Anim. Behav.*, v. 30, n. 1, p. 35-42, 1982.
- BLANCKENHORN, W.V. Group size and the cost of agonistic behavior in pumpkinseed sunfish. *Ethol. Ecol. Evol.*, v. 4, p. 255-271, 1992.
- BRONSTEIN, P.M. When and how Siamese fighting fish refuse to fight. *Bull. Psychon. Soc.*, v. 8, p. 245, 1976.
- CHIEN, A.K. Reproductive behaviour of the angelfish, *Pterophyllum scalare* (Pisces: Cichlidae) II. Influence of male stimuli upon the spawning rate of females. *Anim. Behav.*, v. 21, p. 457-463, 1973.
- COLLIAS, N.E. Aggressive behavior among vertebrate animals. *Physiol. Zool.*, v. 17, p. 83-123, 1944.
- COLYER, W.; JENKINS, C. Pheromonal control of aggressive display in Siamese fighting fish (*Betta splendens*). *Percpt. Mot. Skills.*, v. 42, p. 47-54, 1976.
- COOPER, E.L.; PETERS, G.A.; AHMED, I.I.; FAISAL, M.; GHONEUM, M. Aggression in Tilapia affects immunocompetent Leucocytes. *Agress. Behav.*, v. 15, p. 13-22, 1989.
- CRAPON DE CAPRONA, M.D. Olfactory communication in a cichlid fish, *Haplochromis burtoni*. *Z. Tierpsychol.*, v. 52, p. 113-134, 1980.
- DAWKINS, M.S. Comunicação. In: _____. *Explicando o comportamento animal*. São Paulo: Manole, 1989. cap. 8.
- DE FRAIPONT, M.; THINÈS, G. Response of the cavefish *Astyanax mexicanus* (*Anoptichthys antrobius*) to the odor of known or unknown conspecifics. *Experientia*, v. 42, p. 1053-1054, 1986.
- DELÍCIO, H.C. *Hierarquia de dominância e fatores associados à dominância nos confrontos em alevinos de tilápia-do-nilo* (*Oreochromis niloticus*). 1985. 60 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- FRANCIS, R.C. Temperament in a fish: a longitudinal study of the development of individual differences in aggression and social rank in the Midas cichlid. *Ethology*, v. 86, p. 311-325, 1990.

- FURLAN, F.A. *Novos indicadores de agressividade na tilápia-do-nilo*. 1996. 63 f. Tese (Mestrado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- GHONEUM, M.; FAISAL, M.; PETERS, G.; AHMED, I.I.; COOPER, E.L. Supression of natural cytotoxic cell activity by social agressiveness in tilapia. *Dev. Comp. Immunol.*, v. 12, p. 595-602, 1988.
- GIAQUINTO, P.C.; VOLPATO, G.L. Chemical communication, aggression, and conspecific recognition in the fish Nile tilapia. *Physiol. Behav.*, v. 62, n. 6, p. 1333-1338, 1997.
- HALLER, J.; WITTENBERG, C. Biochemical energetics of hierarchy formation in *Betta splendens*. *Physiol. Behav.*, v. 43, p. 447-450, 1988.
- HALLER, J. Group size modifies the patterns and muscle carbohydrate effects of aggression in *Betta splendens*. *Physiol. Behav.*, v. 52, p. 287-290, 1992.
- HUXLEY, J.S. A discussion of ritualisation of behaviour in animals and man: introduction. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, v. 251, p. 247-271, 1996.
- INGERSOLL, D.W.; BRONSTEIN, P.M.; BONVENTRE, J. Chemical modulation of agonistic displays in *Betta splendens*. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, v. 90, n. 2, p. 198-202, 1976.
- KARAVANICH, C.; ATEMA, J. Role of olfaction in recognition of dominance in the American Lobster (*Homarus americanus*). *Biol. Bull.*, v. 18, p. 359-360, 1991.
- KARAVANICH, C.; ATEMA, J. Agonistic encounters in the American Lobster, *Homarus americanus*: do they remember their opponents? *Biol. Bull.*, v. 185, p. 321-322, 1993.
- KAUFMANN, J.H. On the definitions and functions of dominance and territoriality. *Biol. Rev.*, v. 58, p. 1-20, 1983.
- KOEBLE, B.P. Growth and the size hierarchy effect: an experimental assesment of three proposed mechanisms; activity differences, disproportional food acquisition, physiological stress. *Environ. Biol. Fish.*, v. 12, p. 181-188, 1985.
- LILEY, N.R. Chemical communication in fish. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, v. 39, p. 22-35, 1982.
- MAGNUSSON, J.J. An analysis of aggressive behavior, growth and competition for food and space in Medaka (*Oryzias latipes*, Pisces, Cyprinodontidae). *Can. J. Zool.*, v. 40, p. 313-363, 1962.
- MALVUSHINA, G.A.; MARUSOV, Y.A.; KARPOV, A.K. Some features of chemical signaling in the White sea cod *Gadus morhua marisalbi* Derjugin (Gadidae). *J. Ichthyol.*, v. 23, n. 5, p. 839-844, 1983.
- MALVUSHINA, G.A.; KASUMYAN, A.O.; MARUSOV, Y.A. Ecological aspects of chemical signals in fish. *J. Ichthyol.*, v. 31, n. 2, p. 1-7, 1991.
- MANNING, A.; DAWKINS, M.S. *An introduction to animal behaviour*. 4. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 196 p.
- NELISSEN, M.H.J. Structure of the dominance hierarchy and dominance determining “group factors” in *Melanochromis auratus* (Pisces, Cichlidae). *Behaviour*, v. 95, p. 85-107, 1985.
- NOBLE, G.K.; BORNE, R. The social hierarchy in *Xiphophorus* and other fishes. *Bull. Ecol. Am.*, v. 19, n. 2, p. 14, 1938.
- PANDEY, A.K. Chemical signals in fishes: theory and application. *Acta Hydrochim. et Hydrobiol.*, v. 12, n. 4, p. 463-478, 1984.

- PFEIFFER, W. The distribution of fright reaction and alarm substances cells in fishes. *Copeia*, v. 7, p. 653-665, 1977.
- PFEIFFER, W. Chemical signals in communication. In: HARA, T. *Chemoreception in fishes*. Amsterdam: Elsevier, 1982. p. 307-326.
- RIECHERT, S.E. The energetic costs of fighting. *American Zoologist*, v. 28, p. 877-884, 1988.
- RUSSOCK, H.I. The effect of natural chemical stimuli on the preferential behaviour of *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae) fry to maternal models. *Behaviour*, v. 115, p. 315-326, 1990.
- SAGLEO, P.; LE-MARTRET, M.A. The role of pheromones in intraespecific communication in immature goldfish, *Carassius auratus* L. Olfactometric study of the behavioral activity of epidermic extracts. *Biol. Behav. Biol. Comp.*, v. 7, n. 3, p. 221-234, 1982.
- SLOBODCHIKOFF, C.N. Cooperation, aggression, and the evolution of social behavior. In: _____. *The ecology of social behavior*. California: Academic Press, 1988. p. 13-32.
- SOLOMON, D.J. A review of chemical communication in freshwater fish. *J. Fish Biol.*, v. 11, p. 363-376, 1977.
- TODD, J.H. The chemical languages of fishes. *Scient. Amer.*, v. 224, n. 5, p. 99-108, 1983.
- TUKEY, J.W. *Exploratory data analysis*. Reading: Addison Wesley Publishing, 1977. 688 p.
- VERNER, J. On the adaptative significance of territoriality. *The Amer. Naturalist*, v. 3, n. 980, p. 769-775, 1977.
- WILSON, J.L.; ROYS, J.L. Behavioral interactions in Juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *J. Appl. Aquacult.*, v. 3, p. 363-382, 1993.
- WIRTZ, P.; DAVENPORT, J. Increased oxygen consumption in Blennier (*Blenius pholis* L.) exposed to their mirror images. *J. Fish. Biol.*, v. 9, p. 67-74, 1976.
- ZAYAN, R.C. Défense du territoire et reconnaissance individuelle chez *Xiphophorus* (Pisces, Poeciliidae). *Behaviour*, v. 52, p. 266-312, 1975.