Agregação como mecanismo de defesa de girinos contra predadores (Amphibia: Bufonidae)

Erika Marques de Santana

RESUMO: Girinos de *Rhinella ornata* são aposemáticos, ocupam substratos claros e ficam agregados independentemente da densidade de indivíduos. Testei se girinos de *R. ornata* se agregam em substratos claros e não se agregam em substratos escuros durante dia, e se os girinos não se agregam a noite, independentemente do substrato. Distribui os girinos coletados em bandejas com substratos claro e escuro, de dia e de noite. Fotografei as bandejas e as dividi por quadrante. Contei o número de girinos em cada quadrante para calcular o índice de agregação por bandeja. Os girinos se agregaram nos tratamentos diurnos e não se agregaram nos tratamentos noturnos. A agregação durante o dia pode ser devido ao risco de ser predado nesse período. Durante a noite, a necessidade de forragear pode levar à não agregação. A agregação de girinos de *R. ornata* é determinada principalmente pelo período do dia e não pelo tipo de substrato.

PALAVRAS-CHAVE: aposematismo, forrageamento, *Rhinella ornata*, risco de predação

INTRODUÇÃO

Os mecanismos de defesa contra predadores podem ser divididos em defesas primárias (ou indiretas) e secundárias (Edmunds, 1974). Defesas primárias estão presentes independentemente da presença do predador e podem diminuir a chance de encontro entre o predador e a presa (Edmunds, 1974). Aposematismo, cripsia e mimetismo batesiano são exemplos de mecanismos de defesa primários (Edmunds, 1974). Defesas secundárias são aquelas que são exibidas após o encontro com um potencial predador (Edmunds, 1974). Organismos podem ativar mecanismos de defesa secundários assim que detectam o predador ou somente após o predador atacar (Edmunds, 1974). Retaliação, tanatose e fuga são exemplos de mecanismos de defesa secundários (Edmunds, 1974). Há ainda mecanismos de defesa que podem funcionar como primários ou secundários, como por exemplo, defesas de grupo ou agregações defensivas (Edmunds, 1974).

Larvas de anfíbios anuros (girinos) podem apresentar diferentes tipos de mecanismos de defesa, como por exemplo, aposematismo, cripsia e comportamento de agregação (Heyer, 1975; Watt *et al.*, 1997; Relyea, 2001a; Relyea, 2001b). Girinos vêm sendo utilizados como modelos para estudos de mecanismos de defesa, por possuírem respostas induzidas pelo predador fáceis de serem observadas e populações que podem apresentar variações na aptidão individual no que diz respeito à predação (Heyer, 1975; Skelly, 1992; McCollum & Leimberger, 1997; Relyea, 2001a; Relyea, 2001b; Schmidt & Amézquita, 2001; McIntyre *et al.*, 2004). *Rhinella ornata* é um anfíbio anuro terrestre e noturno que possui reprodução explosiva em corpos d'água lênticos ou de pouca correnteza (Baldissera *et al.*, 2004). Essa espécie apresenta ampla distribuição no Brasil, sendo encontrada principalmente em ambientes florestados (Baldissera *et al.*, 2004). Os girinos de *R. ornata* são encontrados próximos ao substrato de corpos d'água, são aposemáticos, apresentam coloração escura e na maioria das vezes se encontram agregados, comportamento relacionado à defesa contra predadores (Watt *et al.*, 1997; Koffler *et al.*, 2011). Estudos anteriores demonstraram que girinos de *R. ornata* preferem ocupar substratos claros e que não há relação entre a densidade e o grau de agregação dos indivíduos (Cavalheri *et al.*, 2010; Zanelato *et al.*, 2010; Koffler *et al.*, 2011).

Considerando a existência de comportamento de agregação de defesa em girinos de *R. ornata*, o objetivo do presente estudo foi descobrir se esse comportamento é determinado pela cor do substrato, pelo período do dia, ou por ambos estes fatores. Para tanto, foram testadas as seguintes hipóteses: 1) girinos de *R. ornata* se agregam mais no substrato claro durante o dia; 2) girinos de *R. ornata* têm distribuição aleatória em substrato escuro durante o dia; 3) à noite, a cor do substrato é irrelevante

para girinos de *R. ornata* e estes apresentam distribuição aleatória em ambos os substratos, claro e escuro. Eu previa que os girinos de *R. ornata* teriam maior índice de agregação no substrato claro durante o dia, menor índice de agregação no substrato escuro durante o dia e menor índice de agregação em ambos os substratos durante a noite.

MATERIAL & MÉTODOS

Área de coleta

Coletei os girinos no rio Guarauzinho, localizado na Praia do Guarauzinho, na Estação Ecológica Juréia-Itatins (24º17'- 35'S; 47º00'- 30'O), Peruíbe, São Paulo. O rio percorre áreas de floresta ombrófila e floresta de restinga, antes de desaguar no mar. Ao longo do seu curso, o rio Guarauzinho possui substratos de diferentes colorações, devido à variação na concentração de matéria orgânica e do tipo de solo. Próximo à praia, o substrato do rio Guarauzinho é mais claro devido à composição arenosa do solo.

Coleta de dados

Capturei 480 girinos de *R. ornata* da foz do rio Guarauzinho, por meio do método de busca ativa. Busquei coletar girinos de mesmo estágio larval e tamanho, para controlar o efeito de variações comportamentais relacionadas à idade. Coletei também água do mesmo rio para utilizar nos experimentos em laboratório.

Realizei os experimentos em dois períodos, sendo eles diurno e noturno. Em cada período, utilizei 12 bandejas (37 x 33 x 5 cm), sendo seis forradas com plástico preto e seis forradas com plástico branco, reproduzindo assim substratos de cores diferentes. Preenchi cada bandeja com 1 l de água retirada do rio. Coloquei 20 girinos de *R. ornata* em cada bandeja e aguardei 20 minutos para aclimatação. Após esse intervalo de tempo, fotografei cada uma das bandejas. Obtive as imagens do experimento noturno com a luz apagada, de forma a não alterar o comportamento dos girinos.

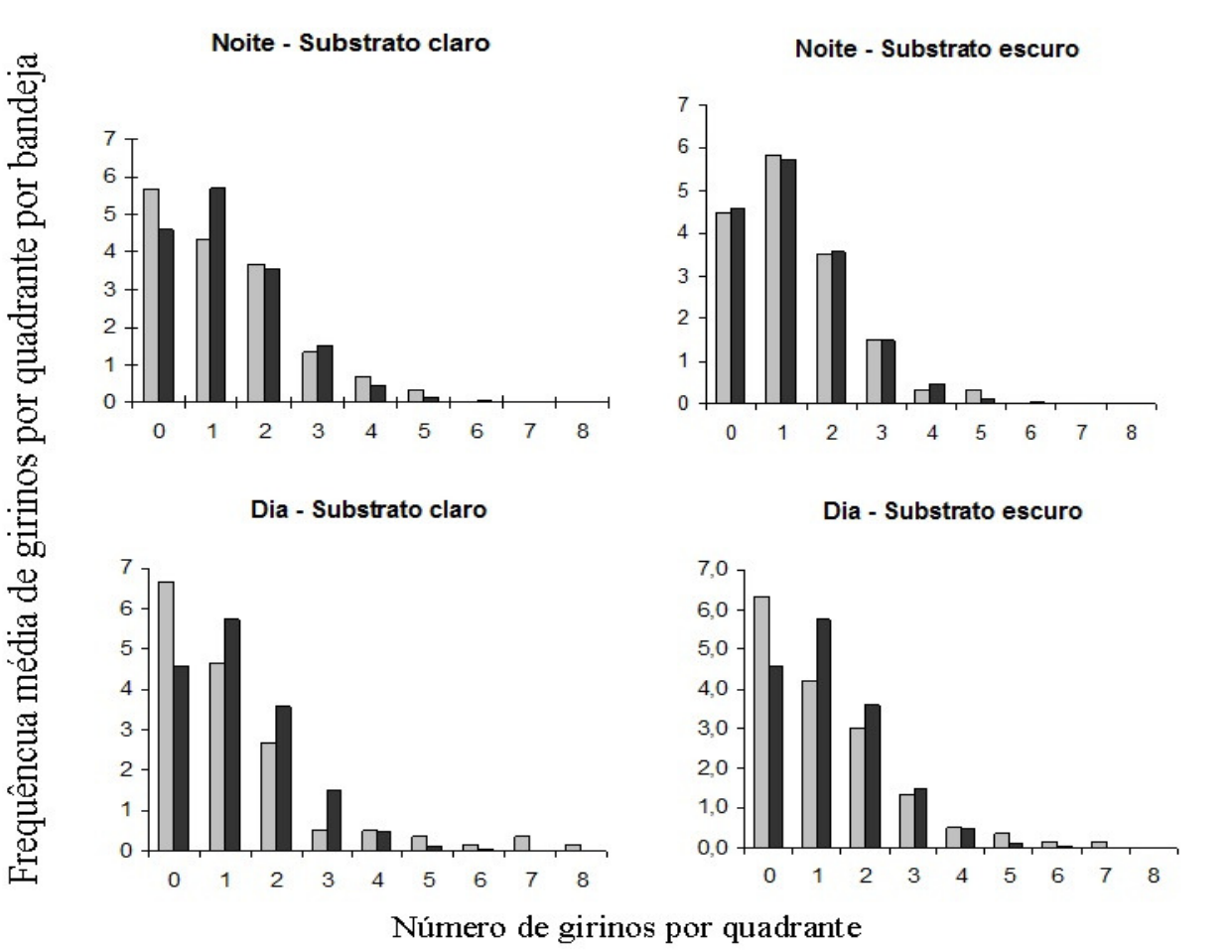

Figura 1. Número de girinos por quadrante de cada bandeja. As barras claras representam os valores observados. As barras escuras representam os valores que seriam esperados, caso os girinos de distribuíssem ao acaso entre os quadrantes Os valores esperados foram calculados com base nos dados obtidos, com o uso de distribuição de Poisson.

Análise de dados

Obtive um total de 24 imagens, uma por bandeja. Dividi digitalmente as imagens em 16 quadrantes e contei quantos girinos estavam presentes em cada quadrante. Utilizei a variância do número de girinos por quadrante em cada bandeja como índice de agregação dos girinos, obtendo assim um valor de índice de agregação por bandeja. O uso da variância como índice de agregação é adequado, pois quanto mais agregados os girinos estão na bandeja, maior o valor da variância do número de girinos por quadrante. Com o valor das variâncias por bandeja, calculei a média das variâncias por tratamento e por horário. Dessa forma, encontrei valores médios de variância para cada um dos quatro tratamentos: substrato claro no período diurno, substrato escuro no período diurno, substrato claro no período noturno e substrato escuro no período noturno.

Para gerar um cenário nulo, sorteei os quadrantes por girino (20 sorteios), de forma que todos os girinos poderiam estar em qualquer quadrante. Contabilizei o número de girinos por quadrante após o sorteio e com esses valores calculei a variância do cenário em que girinos não estariam agregados. Repeti 10000 vezes este procedimento de sorteio e cálculo de variância por bandeja, gerando uma distribuição de probabilidades de valores de variância obtidos ao acaso. Comparei as variâncias observadas nos quatro tratamentos com os valores obtidos no cenário nulo e calculei a probabilidade das variâncias observadas terem ocorrido ao acaso.

RESULTADOS

Os girinos de *R. ornata* apresentaram agregação no substrato claro durante o dia ($p = 0,003$), mas não apresentaram agregação no mesmo substrato durante a noite ($p = 0,191$). Quanto ao substrato escuro, houve agregação dos girinos no tratamento diurno ($p = 0,030$), mas não no tratamento noturno ($p = 0,371$). Dessa forma, não houve diferença na agregação dos girinos quanto ao substrato, mas sim quanto ao período do dia.

O número máximo de girinos em um mesmo quadrante foi oito (Figura 1), valor encontrado em uma bandeja com substrato claro do experimento diurno. A bandeja na qual os girinos estavam mais distribuídos foi uma das utilizadas no experimento noturno com substrato escuro, na qual somente em um quadrante não havia girinos.

DISCUSSÃO

A hipótese de que os girinos se agregam mais no substrato claro durante o dia e a hipótese de que os girinos têm distribuição aleatória no substrato escuro durante o dia não foram corroboradas. Já a hipótese da distribuição aleatória de girinos, independentemente do substrato, no período noturno, foi corroborada. Sendo assim, é possível que a luz do dia seja um fator mais importante na determinação da agregação dos girinos que a cor do substrato.

Provavelmente os principais predadores de girinos de *R. ornata* são diurnos, o que explicaria a tendência a agregação dos girinos nesse período. Evolutivamente, o comportamento de agregação dos girinos pode ter sido selecionado sob o efeito da predação, principalmente por predadores diurnos visualmente orientados. Girinos de *R. ornata* utilizam o aposematismo como mecanismo de defesa (Koffler *et al.*, 2011), sendo este um mecanismo eficaz somente após o processo de aprendizado por parte do predador. O processo de aprendizado consiste no encontro e consumo de uma presa impalatável, que leva o predador a evitar a presa em encontros posteriores (Edmunds, 1974). Dessa forma, a resposta de agregação de girinos no período diurno, no qual a luz permitiria a visualização do agregado, reforça a afirmação de que esses organismos são aposemáticos e confirma o sucesso do aposematismo como estratégia de defesa.

A necessidade de evitar predadores pode afetar negativamente a aquisição de recursos por girinos (Skelly, 1994; Richter-Boix *et al.*, 2007). Ao forragear, os girinos tendem a aumentar sua atividade, o que pode levar a dispersão do agregado e conseqüentemente a um aumento do risco de predação (Skelly, 1994; Watt *et al.*, 1997; Richter-Boix *et al.*, 2007). Apesar das vantagens em se manter em agregados, indivíduos agregados podem competir mais por alimento, reduzindo a taxa de consumo de alimento por indivíduo no agregado. Sendo assim, é provável que o benefício que girinos de *R. ornata* têm em se manterem agregados diminua conforme diminui a presença de predadores. Uma maior atividade de forrageamento à noite, quando a exposição a predadores é reduzida, já foi observada em girinos de *Rana palmipes* (McIntyre *et al.*, 2004) e considerando que os principais predadores de girinos de *R. ornata* são diurnos, é possível que a não agregação de girinos de *R. ornata* durante a noite seja devido a um aumento da atividade de forrageamento.

A taxa de agregação de girinos de *R. ornata* é determinada pelo período do dia e não pela coloração do substrato. O maior risco de predação durante o dia pode determinar o comportamento de agregação de girinos de *R. ornata*, sendo vantajoso permanecer agregado nesse período. Já durante a noite, a queda no risco de predação possibilitaria a dispersão de girinos para forrageio. Dessa forma, estudos futuros

podem investigar se de fato girinos de *R. ornata* sofrem maior risco de predação durante o dia e tendem a aumentar sua atividade de forrageamento durante a noite.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores, colegas e toda equipe de organização do Curso de campo Ecologia da Mata Atlântica pelo apoio. Em especial, ao Dito pela ajuda nas coletas do projeto que não deu certo, ao Mathias pela ajuda nas coletas de girinos, ao Samuel, Sheina e à Solimary pelas dicas, à Bianca e à Simone pela ajuda nos experimentos, à Bárbara e ao Murilo por todas as revisões e aos professores Glauco e Paulo Inácio pela imensa ajuda em todo o processo.

REFERÊNCIAS

Baldissera, F.A.; U. Caramaschi & C.F.B. Haddad. 2004. Review of the *Bufo crucifer* species group, with descriptions of two new related species (Amphibia, Anura, Bufonidae). *Arquivos do Museu Nacional*, 62:255-282.

Cavalheri, H.B. 2010. Quanto mais melhor? Efeito da densidade no comportamento de agregação de girinos de *Rhinella ornata* (Amphibia, Bufonidae). Em: *Livro do curso de campo Ecologia da Mata Atlântica* (G. Machado & P.I.K.L. Prado, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Edmunds, M. 1974. *Defense in animals*. Logman Group Limited, Great Britain.

Heyer, W.R.; R.W. McDiarmid & D.L. Weigmann. 1975. Tadpoles, predation and pond habitats in the tropics. *Biotropica*, 7:100-111.

Koffler, S.; S. García; M. Samuel & P. Lemos. 2011. Você me vê, mas você não me quer: aposematismo de girinos de *Rhinella ornata* (Amphibia: Bufonidae) Em: *Livro do curso de campo Ecologia da Mata Atlântica* (G. Machado & P.I.K.L. Prado, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.

McCollum, S.A. & J.D. Leimberger. 1997. Predator-induced morphological changes in an amphibian: predation by dragonflies affects tadpole shape and color. *Oecologia*, 109:615-621.

McIntyre, P.B.; S. Baldwin & A.S. Flecker. 2004. Effects of behavioral and morphological plasticity on risk of predation in a Neotropical tadpole. *Oecologia*, 141:130-138.

Relyea, R.A. 2001a. Morphological and behavior plasticity of larval anurans in response to different predators. *Ecology*, 82:523-540.

Relyea, R.A. 2001b. The relationship between predation risk and antipredator responses in larval anurans. *Ecology*, 82:541-554.

Richter-Boix, A.; G.A. Llorente & A. Montori. 2007. A comparative study of predator-induced phenotype in tadpoles across a pond permanency gradient. *Hydrobiologia*, 583:43-56.

Schmidt, B.R. & A. Amézquita. 2001. Predator-induced behavioural responses: tadpoles of the neotropical frog *Phyllomedusa tarsius* do not respond to all predators. *Herpetological Journal,* 11:9-15.

Skelly, D.K. 1992. Field evidence for a cost of behavioral antipredator response in a larval amphibian. *Ecology*, 73:704-708.

Watt, P.J.; S.F. Nottingham & S. Young. 1997. Toad tadpole aggregation behaviour: evidence for a predator avoidance function. *Animal Behaviour,* 54:865-872.

Zanelato, D.; P. Condé; A.S. Lima; T.B. Vieira & G. de Oliveira. 2010. Respostas ao risco de predação em girinos aposemáticos (Amphibia: Bufonidae). Em: *Livro do curso de campo Ecologia da Mata Atlântica* (G. Machado & P.I.K.L. Prado, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.