

DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO AMBIENTAL DE UMA POPULAÇÃO DO CARACOL AFRICANO [*ACHATINA FULICA* (BOWDICH, 1822)] EM SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA/RJ

MARCELO NOCELLE DE ALMEIDA

Universidade Federal Fluminense. Instituto do Noroeste Fluminense de Educação Superior. Departamento de Ciências Exatas, Biológicas e da Terra. Santo Antônio de Pádua, RJ, Brasil.
Contato: mnocelle.id.uff.br

RESUMO

O caracol africano foi introduzido no Brasil, no estado do Paraná na década de 1980. Normalmente, essa espécie ocorre em altos índices populacionais em áreas urbanas no Brasil, e isso pode causar transtornos à população e danos ao ambiente. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo diagnosticar a ocorrência do caramujo africano em Santo Antônio de Pádua/RJ. Foi utilizada a metodologia de captura, marcação e recaptura para diagnosticar a densidade populacional, a distribuição horizontal e vertical da população. Os resultados demonstraram que a densidade populacional foi baixa, influenciada, principalmente, pelas condições climáticas da região. A distribuição horizontal no solo foi mais frequente quando comparada com a distribuição vertical na vegetação e superfícies antrópicas. O método de marcação da concha com esmalte de unha atóxico foi eficiente para o monitoramento da população em estudo. Os dados obtidos indicam que as estratégias de monitoramento e controle do caracol africano devem levar em consideração coletas periódicas, principalmente na estação chuvosa, e que refúgios no solo devem ter prioridade em termos de procura ativa. Atenção maior deve ser dada aos indivíduos menores, filhotes e jovens, uma vez que esses tamanhos são mais frequentemente encontrados enterrados no solo.

Palavras-chave: Caracol africano; densidade populacional; distribuição espacial.

ABSTRACT

The giant African snail *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) was introduced into Paraná, Brazil, in the 1980s. Typically, this species occurs in high population indices in urban areas in Brazil, and this can cause disturbances to the population and damage to the environment. This way, we had as objective diagnoses the occurrence of the African snail in Santo Antônio de Pádua/RJ. The capture, marking and recapture methodology was used to diagnose the population density, the horizontal and vertical distribution of the study. The results showed that the population density was low, influenced mainly by the climatic conditions of the region. The horizontal distribution in the soil was more frequent when compared to the vertical distribution in the vegetation and anthropic surfaces. The method of marking the shell with non-toxic nail polish was efficient for the monitoring of the study population. The data obtained indicate that African snail monitoring and control strategies should take into account periodic collections, especially in the rainy season, and that soil refuges should have priority in terms of active demand. More attention should be paid to smaller individuals, puppies and young people, since these sizes are most often found buried in the ground.

Keywords: African snail; population density; spatial distribution.

INTRODUÇÃO

A distribuição heterogênea das espécies faz com que cada localidade tenha sua própria fauna e flora distintas, sendo esse o resultado de milhões de anos de isolamento por barreiras físicas, fatores abióticos como temperatura, salinidade e pH (RICKLEFS, 2010). Contudo,

todos os organismos são capazes de se dispersarem naturalmente, ativa ou passivamente, no tempo e no espaço. As dispersões podem envolver a transposição de barreiras geográficas preexistentes, assim como está diretamente relacionada à vagilidade dos organismos e à relação entre preferências ambientais e disponibilidade

de habitats ecologicamente apropriados (ALMEIDA e SANTOS, 2016). Entretanto, essa dispersão natural tem limite, pois, mesmo que algumas espécies tenham ampla mobilidade não conseguem superar barreiras físicas como cordilheiras de montanhas, desertos ou oceanos. Casos de translocações de espécies de uma região para outra são reportados desde o início da civilização humana. Os romanos importaram leões e galinhas domésticas já nos primeiros séculos depois de Cristo (VITULE e POZENATO, 2012). Modernamente, devido à globalização, vários animais têm sido transportados de um continente ao outro por diversos motivos, principalmente para produção de alimento, paisagismo, animais de estimação, aquicultura, aquariorfilia, pesca esportiva e para fins ambientais (SAMPAIO e SCHMIDT, 2013; MORAES et al., 2017).

A introdução de espécies exóticas é a segunda maior causa de extinção das espécies nativas (MORAES et al., 2017). No Brasil, segundo Silva e Silva-Forsberg (2015), há 543 espécies exóticas. Entre essas espécies encontra-se a *Achatina fulica* (Bowdich, 1822), conhecida vulgarmente como caracol africano, devido a sua origem naquele continente. Foi introduzida no Brasil em 1988 no estado do Paraná por criadores de *escargot*, os quais objetivavam substituir os verdadeiros *escargots* pela espécie africana. Porém, o empreendimento não obteve sucesso e os criadores abandonaram e/ou soltaram suas criações no ambiente (ALMEIDA, 2013). É considerada como uma das cem piores pragas do mundo em função do hábito alimentar generalista e do alto potencial reprodutivo, o que permite a colonização de diversos ambientes (ESTON et al., 2006).

A presença de *A. fulica* pode causar problemas como risco de extinção para as espécies nativas, suas conchas vazias podem servir para criadouros de mosquitos do gênero *Aedes* sp. Meigen, 1818; e é hospedeira intermediária de diversos parasitos humanos e de animais domésticos (TRIPS, 1973; ALMEIDA, 2016).

Segundo Colley (2010), diversas tentativas de erradicação dessa espécie foram realiza-

das por meio de controle biológico, químico e físico, sendo que poucos obtiveram sucesso. Ainda conforme o autor, muitos pesquisadores vem estudando a biologia, fisiologia, ecologia, parasitologia e o comportamento dessa espécie objetivando encontrar possíveis soluções para seu controle, manejo e erradicação. Antes da elaboração de qualquer ação de manejo é necessário conhecer alguns parâmetros biológicos e ecológicos para diagnosticar as populações (FISCHER et al., 2010). Entre esses parâmetros estão a densidade populacional, distribuição horizontal e vertical, tamanho da concha, deformidades na concha e no corpo, atividade e repouso, presença de oviposições e filhotes no ambiente.

O caracol africano, *A. fulica*, está presente em todos os municípios do Norte Fluminense, e, apenas em Cambuci, no Noroeste Fluminense, ainda não há registro de sua presença (THIENGO et al., 2007; ZANOL et al., 2010; ALMEIDA, 2016). Em função dessa ampla ocorrência meso regional, o objetivo desse trabalho foi realizar o diagnóstico e o monitoramento de uma população do caracol africano em Santo Antônio de Pádua, e fornecer dados biológicos que possam servir de subsídios para a elaboração estratégias de controle pelas prefeituras e secretarias municipais de saúde e meio ambiente.

METODOLOGIA

Caracterização do local

O município de Santo Antônio de Pádua (21°32'23"S, 42°10'52"W, 86 m de altitude) ocupa uma área de 6.380,06 km² e localiza-se na Mesorregião Noroeste Fluminense. O clima característico é o tropical seco (Aw), conforme classificação de Köpen, caracterizado por estação seca no inverno e chuvosa no verão, com maior concentração de chuvas entre os meses de novembro e março (GONÇALVES et al., 2003). A geomorfologia do município está inserida no domínio dos mares de morros florestados e planície fluvial embutida no fundo do vale do rio Pomba, cujos principais afluentes são os rios Novo, São Manuel, Formoso, Paraopeba,

Xopotó e Pardo. A vegetação primária da região era a Mata Atlântica, dominada pelas florestas estacionais semidecíduais (SOFFIATI NETO, 2011). Essa vegetação foi substituída ao longo do tempo pela pecuária leiteira, agricultura, extração de rochas ornamentais e indústria alimentícia (SILVA NETO et al., 2013).

Os dados para esse trabalho foram coletados na margem esquerda do rio Pomba (Figura 1) cujo solo característico é o neossolo flúvico salino (SILVA, 2011). A vegetação no local era composta por hibisco [*Hibiscus rosa-sinensis* Linnaeus, Malvaceae], acerola [*Malpighia glabra* Linnaeus, Malpighiaceae], goiaba [*Psidium guajava* Linnaeus, Myrtaceae], romã [*Punica granatum* Linnaeus, Punicaceae], laranja [*Citrus sinensis* Linnaeus, Rutaceae], videira [*Vitis vinifera* Linnaeus, Vitaceae], manga (*Mangifera indica* Linnaeus, Anacardiaceae), taioba [*Xanthosana sagittifolium* Linnaeus, Araceae], heliconia [*Heliconia acuminata* Andersson, Heliconiaceae], bambu (*Bambusa vulgaris* Schrad. Ex J.C. Wendl., Poaceae), alfavaca [*Ocimum americanum* Linnaeus, Lamiaceae], trevo [*Trifolium repens* Linnaeus, Leguminosae] e tiririca [*Cyperus rotundus* Linnaeus, Cyperaceae]. As médias mensais das temperaturas mínimas e máximas, da umidade relativa do ar e o volume de chuva acumulado mensal estão demonstrados na Figura 2.

O método de captura, marcação e recaptura

Admitiu-se nesse trabalho, conforme Jolly-Seber (1965 apud FERNANDEZ, 1995), que a população em estudo era aberta, isto é, estava sujeita a mudanças temporais por meio de natalidade, mortalidade e migração. Ainda segundo esse autor, nesse tipo de estudo é necessário que haja três ou mais eventos de amostragem, e que as marcas permitam identificar esses diferentes eventos de amostragem. As capturas e recapturas foram realizadas mensalmente, entre os dias 12 e 17 de cada mês, entre maio e dezembro de 2011 (oito eventos de captura). Os moluscos foram procurados no período diurno, com três horas de esforço de

captura (entre 14:00 e 17:00 horas) por meio de busca visual (VIANA et al., 2007) de forma não-sistemizada e vistoriando toda a área (FISCHER e AMADIGI, 2010), que possuía cerca de 500 m². O estudo foi encerrado em dezembro/2011 devido às intensas chuvas ocorridas na região o que causou o transbordamento do rio Pomba em janeiro/2012. A área de estudo foi alagada e isso causou a morte de muitos caracóis, o que iria mascarar os resultados.



Figura 1: Imagem de satélite do município de Santo Antônio de Pádua/RJ demonstrando o local de execução do trabalho na margem direita do trecho urbano do rio Pomba.

Fonte: <https://www.google.com.br/maps/@-21.4918194,-42.2509548,6847m/data=!3m1!1e3>.

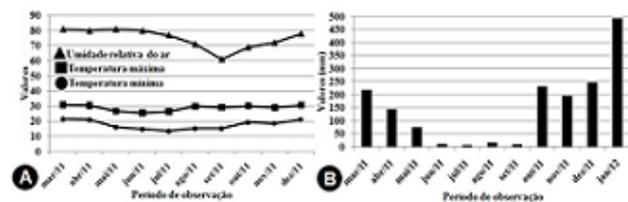


Figura 2: (A) Médias mensais das temperaturas mínima e máxima (oC) e umidade relativa do ar (%) entre março de 2011 e dezembro 2012, (B) Volume de chuva acumulado mensalmente entre março de 2011 e janeiro de 2012 no município de Santo Antônio de Pádua/RJ. Fonte: Estação Climatológica Auxiliar de Santo Antônio de Pádua/RJ.

Após localizá-los visualmente, os moluscos foram capturados com as mãos protegidas por luvas plásticas (Figura 3A), sua concha foi secada com papel toalha descartável, sua altura foi medida com um paquímetro (Figura 3B) e um número foi pintado com esmalte de unha branco atóxico na superfície oposta a abertura da volta corporal (Figura 3C) (HENRY e

JARNE, 2007). A numeração sequencial objetivou identificar diferentes eventos de captura e recaptura, uma vez que cada evento possuía um intervalo de numeração, *p. e.*, maio: indivíduos um a 39, junho: indivíduos 40 a 78.

Na captura inicial (maio/2011) todos os indivíduos capturados foram marcados, e nas capturas seguintes foram marcados apenas os indivíduos que não havia sido capturados até então. A mensuração da altura da concha teve como objetivos dividir os moluscos em quatro faixas etárias, conforme indicado por Simião e Fischer (2004): filhotes (até 10,0 mm), jovens (entre 10,1 e 40,0 mm), adultos jovens (entre 40,1 e 70,0 mm) e adultos (maior que 70,1 mm), e verificar a frequência de recaptura dessas faixas etárias. Após a manipulação dos moluscos, os mesmos foram devolvidos ao mesmo local onde foram encontrados.

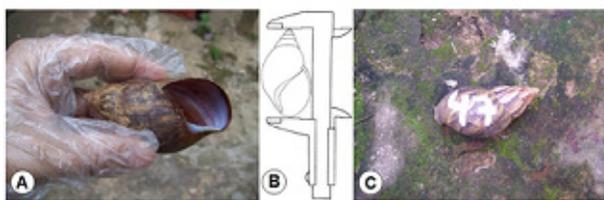


Figura 3: (A) manipulação dos moluscos com as mãos protegidas por luvas plásticas; (B) mensuração da altura da concha; (C) molusco marcado com número pintado com esmalte de unha branco. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Protocolo para diagnóstico e monitoramento

Para estimar a densidade populacional utilizou-se duas ferramentas do software BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007): (1) “Estimação de parâmetros – Densidade” e (2) “Estimação de parâmetros – Tamanho da população (amostragem simples, método direto)”. Para calcular a densidade pela segunda ferramenta, o tamanho estimado da população foi dividido pelo tamanho da área em estudo (500 m²).

Em cada vistoria foram observadas a presença ou ausência de ovos, filhotes e animais mortos. A distribuição horizontal e vertical foi caracterizada pelo encontro dos indivíduos em repouso ou em atividade no solo (distribuição

horizontal) ou na vegetação e em superfícies antrópicas (distribuição vertical) (FISCHER et al., 2010).

RESULTADOS

A utilização da metodologia de captura, marcação e recaptura em trabalhos de campo seguiu os pressupostos destacados por Fontoura-da-Silva et al. (2013): (i) as marcas não podem ser perdidas, não podem ficar ilegíveis e devem ser sempre visíveis; (ii) as marcas não podem afetar o comportamento ou a mortalidade dos indivíduos; (iii) todos os indivíduos marcados devem ter a mesma probabilidade de sobrevivência; (iv) todos os indivíduos devem ter a mesma probabilidade de captura em qualquer amostra, esteja ele marcado ou não. Os dados obtidos nesse trabalho atenderam aos pressupostos metodológicos estabelecidos acima, pois, a marcação com esmalte de unha foi eficiente, uma vez que as marcas não foram perdidas e nem ficaram ilegíveis durante todo o período de execução do trabalho. Os esmaltes comuns possuem três substâncias tóxicas: tolueno, formol e o dibutilftalato (DBP). O primeiro e o segundo são responsáveis pela fixação e durabilidade dos esmaltes nas unhas. O DBP é responsável pelo brilho do produto. A utilização de esmalte sem a presença desses compostos em sua fórmula como método de marcação não interferiu na mortalidade e na sobrevivência, uma vez que, entre os indivíduos marcados, apenas o no 33 foi encontrado morto em agosto/2011. O método de marcação também não alterou o comportamento dos moluscos, como pode ser observado na Figura 4, um indivíduo não marcado e outro marcado repousando no mesmo sítio.



Figura 4: (A) indivíduo não marcado e (B) indivíduo marcado. Fonte: Acervo pessoal do autor.

A Tabela 1 ilustra os dados de captura e recaptura na população estudada. Foram marcados 145 indivíduos, dos quais 24 foram recapturados ao menos uma vez, o que representou uma taxa de 16,55% de recaptura. Alguns indivíduos foram recapturados mais de uma vez, como por exemplo, os nº 1 e 42 foram recapturados quatro vezes, enquanto o indivíduo no 3 foi recapturado cinco vezes. Se considerarmos as recapturas repetidas, a taxa de recaptura foi de 31,72%. Entre os recapturados, dois indivíduos eram jovens (nº 13 e 89), seis indivíduos eram adultos jovens (nº 5, 33, 36, 44, 85 e 111) e 16 indivíduos eram adultos (nº 1, 2, 3, 32, 40, 42, 47, 48, 64, 65, 66, 68, 93, 109, 113, 115). Os filhotes foram capturados apenas nos meses de maio, junho e julho, e, não foram recapturados em nenhuma amostragem posterior.

Tabela 1: Frequência de captura e recaptura em cada faixa etária: filhotes (F.), jovens (J.), adultos jovens (A.J.) e adultos (A.).

| Amostragens | Número de indivíduos | | | | | | | | | | Total Mensa |
|-------------|----------------------|----|------|----|-------|--------------|----|------|----|-------|-------------|
| | Capturados | | | | | Recapturados | | | | | |
| | F. | J. | A.J. | A. | Total | F. | J. | A.J. | A. | Total | |
| Maio | 13 | 19 | 02 | 05 | 39 | - | - | - | - | - | 39 |
| Junho | 11 | 11 | 06 | 11 | 39 | - | 01 | 02 | 03 | 06 | 45 |
| Julho | 06 | 12 | 03 | 02 | 23 | - | - | 02 | 08 | 10 | 33 |
| Agosto | - | 03 | 01 | 02 | 06 | - | 01 | 04 | 07 | 12 | 18 |
| Setembro | - | 02 | 01 | 01 | 04 | - | - | 02 | 07 | 09 | 13 |
| Outubro | - | 03 | 02 | - | 05 | - | - | - | 06 | 06 | 11 |
| Novembro | - | - | 07 | 02 | 09 | - | - | - | 02 | 02 | 11 |
| Dezembro | - | 04 | 16 | - | 20 | - | - | - | 01 | 01 | 21 |
| Total | 30 | 54 | 38 | 23 | 145 | - | 02 | 10 | 34 | 46 | 191 |

Estimativa da densidade absoluta

Na Tabela 2 estão demonstradas as densidades populacionais calculadas pela ferramenta “Estimação de parâmetros – Densidade” do BioEstat, que levou em consideração a abundância mensal capturada dividida pelo tamanho da área amostrada. A densidade estimada por essa ferramenta pode ter sido subestimada, pois, se baseou apenas na abundância mensal, porém, não se pode afirmar que todos os indivíduos foram capturados em cada amostragem, o que se confirmou quando em cada mês novos indivíduos foram capturados e marcados pela primeira vez.

Tabela 2: Estimativa da densidade absoluta calculada pela ferramenta “Estimação de parâmetros – Densidade” do BioEstat

| Amostragens | Densidade estimada (m ²) | Erro de estimação | Intervalo de confiança (95%) |
|-------------|--------------------------------------|-------------------|------------------------------|
| Maio | 0,08 | 0,02 | 0,05 = μ = 0,10 |
| Junho | 0,09 | 0,03 | 0,06 = μ = 0,12 |
| Julho | 0,07 | 0,02 | 0,04 = μ = 0,09 |
| Agosto | 0,04 | 0,02 | 0,02 = μ = 0,05 |
| Setembro | 0,03 | 0,01 | 0,01 = μ = 0,04 |
| Outubro | 0,02 | 0,01 | 0,01 = μ = 0,04 |
| Novembro | 0,02 | 0,01 | 0,01 = μ = 0,04 |
| Dezembro | 0,04 | 0,02 | 0,02 = μ = 0,06 |

Por outro lado, a Tabela 3 ilustra a densidade populacional calculada a partir da estimativa populacional resultante da ferramenta “Estimação de parâmetros – Tamanho da população (amostragem simples, método direto)”. Não foi feito o cálculo da densidade em maio/2011, pois, o estudo teve início nesse mês, e essa ferramenta estatística usa os dados de recaptura, os quais ainda não existiam naquele mês. Acredita-se que esses valores se aproximam mais da realidade, já que foi utilizada a estimativa do tamanho populacional como parâmetro para os cálculos.

Tabela 3: Estimativa do tamanho populacional calculada pela ferramenta “Estimação de parâmetros – Tamanho da população (amostragem simples, método direto)” do BioEstat e a densidade estimada a partir da estimativa populacional

| Amostragens | População estimada | Erro de estimação | I.C. (95%) | Densidade estimada (m ⁻²) |
|-------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Maio | - | - | - | - |
| Junho | 293 | 222,33 | 71 = μ = 515 | 0,59 |
| Julho | 149 | 78,41 | 71 = μ = 227 | 0,30 |
| Agosto | 50 | 16,50 | 34 = μ = 67 | 0,10 |
| Setembro | 26 | 9,61 | 16 = μ = 36 | 0,05 |
| Outubro | 24 | 13,12 | 11 = μ = 37 | 0,05 |
| Novembro | 61 | 77,39 | -16 = μ = 138 | 0,12 |
| Dezembro | 231 | 450,87 | -220 = μ = 682 | 0,46 |

Durante o período de realização desse trabalho foi observada a ocorrência de ovos em três ocasiões. As oviposições de maio (Figura 5A) e junho (Figura 5B) se encontravam em covas na base das plantas acerola e videira, respectivamente, e a oviposição de setembro (Figura 5C) estava localizada na borda de um canteiro de hortaliça abandonado, sendo que os ovos estavam apenas na superfície do solo, e não em uma cova como nas anteriores. O número de ovos não foi contado para não interferir no processo de incubação, já que o estudo objetivava diagnosticar as características da população, e a manipulação dos ovos poderia provocar alteração na taxa de eclosão de filhotes e mascarar os dados.

A presença de filhotes foi observada nos três primeiros meses de estudo, conforme de-

monstrado na Tabela 1. Nos meses subsequentes não foi encontrado nenhum filhote, bem como os filhotes marcados nos meses anteriores não foram recapturados nas amostragens posteriores. Foram encontrados apenas três animais mortos nos meses de junho, agosto e novembro, sendo um indivíduo em cada mês.

A distribuição horizontal e vertical dos indivíduos está demonstrada na Tabela 4 e na Figura 6. Os moluscos foram encontrados enterrados (principalmente os filhotes e jovens) (Figura 4), embaixo da serrapilheira, troncos caídos, rochas, entre raízes, na vegetação e em superfícies antrópicas (Figura 6). Na vegetação, os indivíduos estavam sobre videira (*V. vinifera*) e heliconia (*H. acuminata*), sendo que nessa última, a planta servia de sítio de repouso e também de alimento. Nas superfícies antrópicas, além da cerca de bambu, os moluscos foram observados em pilastra de concreto e muro de alvenaria.



Figura 5: Oviposições observadas na área de estudo em maio (A), junho (B) e setembro (C) de 2011; Filhotes enterrados na área de estudo (D). Fonte: Acervo pessoal do autor.

Com exceção do mês de dezembro, nas demais amostragens os moluscos se encontravam em repouso no horário entre 14 e 17 horas, comportamento comum entre os gastrópodes terrestres. No mês de dezembro os moluscos a amostragem foi feita sob chuva fraca, o que aumentou a umidade relativa do ar e a umidade do solo. Dessa forma, nesse mês apenas um indivi-

duo estava em repouso e os demais em atividade de deslocamento e/ou alimentação.

DISCUSSÃO

Cuasapaz-Sarabia (2017) marcou 300 indivíduos de *A. fulica* no Equador também com esmalte de unha, tendo perdido 100 indivíduos marcados. Segundo a autora a causa da perda das marcas foi às constantes chuvas no local. No entanto, no presente trabalho, foi observado que as marcações se mantiveram nítidas e persistentes nas conchas durante todo o período de estudo. As amostragens para esse estudo foram encerradas em dezembro/2011, contudo, o local continuou sendo visitado mensalmente até abril/2012, inclusive nesse mês, o indivíduo nº 47 foi observado com a marcação ainda intacta, mesmo decorrido dez meses após a sua primeira captura em junho/2011.

Tabela 4: Distribuição horizontal e vertical dos indivíduos de *Achatina fulica* na área de estudo em Santo Antônio de Pádua/RJ, entre maio e dezembro de 2011.

| Período de amostragem | Distribuição horizontal | | Distribuição vertical | Total mensal |
|-----------------------|-------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| | Solo | Vegetação | Superfície antrópica | |
| Maio | 28 | 09 | 02 | 39 |
| Junho | 35 | 05 | 05 | 45 |
| Julho | 32 | 01 | - | 33 |
| Agosto | 15 | 03 | - | 18 |
| Setembro | 10 | 03 | - | 13 |
| Outubro | 10 | - | 01 | 11 |
| Novembro | 06 | 02 | 03 | 11 |
| Dezembro | 07 | 09 | 05 | 21 |



Figura 6: Distribuição de *Achatina fulica* na área de estudo em Santo Antônio de Pádua/RJ: horizontal: (A) serrapilheira, (B) embaixo de tronco caído, (C) embaixo de rocha, (D) entre raízes; vertical: (E) vegetação; (F) superfície antrópica (cerca de bambu). Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Henry e Jarne (2007) alertaram para a possibilidade de haver porosidade na concha dos gastrópodes e permitir a difusão de compostos químicos aplicados no método de marca-

ção.

Segundo os autores, esses compostos químicos poderiam afetar os indivíduos adversamente ou benéficamente. Contudo, mesmo antes dos esmaltes estarem livres dos compostos químicos tóxicos citados anteriormente, diversos autores não observaram qualquer tipo de efeito adverso na sobrevivência dos moluscos. A ausência de efeitos negativos de esmaltes de unhas em moluscos foi citada Woolhouse (1988 apud HENRY e JARNE, 2007) que utilizou o método em *Bulinus globosus* (Morelet, 1866), em condições de campo, e por Gosselin (1993) e MacRae e Lepitzki (1994) que utilizaram em *Nucella emarginata* (Deshayes, 1839) e em *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758), respectivamente, em condições de laboratório. No presente trabalho não foi observado nenhuma interferência no comportamento e na sobrevivência dos indivíduos marcados.

Henry e Jarne (2007) fizeram uma ampla revisão dos estudos sobre marcação e recaptura em moluscos gastrópodes, e afirmaram que duas situações podem provocar variações na probabilidade de recaptura. A primeira fonte de variação seria reflexo do aumento da conspicuidade dos indivíduos marcados pela técnica de marcação. Nesse caso, os moluscos seriam mais facilmente visualizados na recaptura quando em comparação com a captura inicial. Essa fonte de variação citada pelos autores acima não interferiu na visualização dos indivíduos em campo, como pode ser observado na Figura 4. O padrão de coloração da concha e a cor do esmalte não tornaram os indivíduos marcados mais conspicuos quando comparados com os indivíduos não marcados.

A segunda situação, ainda conforme Henry e Jarne (2007) advêm das características ontogenéticas: indivíduos menores têm menor probabilidade de serem capturados. O presente trabalho confirma essa situação, pois, como está demonstrado na Tabela 1, os indivíduos menores (filhotes: tamanho até 10,0 mm) nunca foram recapturados, e apenas dois jovens (tamanho entre 10,1 e 40,0 mm) foram recapturados. Ainda que a área estudada tenha sido visto-

riada minuciosamente, os filhotes permanecem enterrados por vários dias após a eclosão, e, mesmo depois que emergem do solo voltam a se enterrar durante o dia (Figura 4A), assim como os jovens que também se enterram durante o dia (Figura 5D), o que dificulta a localização dos indivíduos dessas faixas etárias.

Os jovens representaram o menor percentual de recaptura (4,35%), enquanto os adultos jovens e os adultos representaram 21,75% e 73,9%, respectivamente. Essa diferença de percentual de recaptura entre as faixas etárias está relacionada ao comportamento dos indivíduos em cada fase ontogenética da vida. Segundo Tomiyama (1992) e Tomiyama e Nakane (1993), os jovens deslocam grandes distâncias, até 15 metros por noite, e, os adultos mais velhos são territoriais. Esses dados são corroborados por Cuasapaz-Sarabia (2017), afirmando que um indivíduo com 9,5 cm (indivíduo adulto) se desloca apenas o necessário para se alimentar e voltar ao seu sítio de repouso. Em contrapartida, os indivíduos com tamanho entre 4,0–7,0 cm (indivíduos adultos jovens) se deslocam em busca de alimento, reprodução ou por melhores condições ambientais. Por último, Fischer et al. (2010) afirmaram que os jovens representam a fase masculina e deslocam maiores distâncias quando comparados com os indivíduos adultos. Segundo os autores, a busca por parceiros é uma das causas da dispersão entre os jovens, e, em contrapartida, os adultos estão relacionados com a oviposição, sendo então territoriais. O indivíduo no 1 ilustra essa situação, uma vez que foi recapturado quatro vezes sempre no mesmo sítio de repouso (base de uma planta de hibisco).

Segundo Fischer e Amadigi (2010), a oviposição ocorre principalmente na estação úmida. A oviposição encontrada em maio reflete essa situação, pois, o volume de chuva em março, abril e maio ainda era alto (Figura 2). Por outro lado, entre junho e setembro o volume de chuvas no município foi extremamente baixo, contudo, foram observadas duas oviposições nesse período (Figura 5). Ainda conforme Fischer e Amadigi (2010) podem ocorrer

oviposições quando o ambiente estiver favorável para a viabilidade dos ovos. Esse fato pode explicar as duas oviposições encontradas em junho e setembro, pois, mesmo em um período praticamente sem chuva, o solo da área estudada se manteve úmido durante todo o tempo da pesquisa. Essa umidade pode ter sido mantida em função da proximidade com o rio Pomba, presença de diversas árvores e uma densa camada de serrapilheira.

Conforme Fischer e Amadigi (2010), a partir da compilação de vários autores, uma densidade entre sete e 32 indivíduos/m² é considerada baixa, e, a partir de 102 indivíduos/m², deve ser considerada alta densidade. Densidades baixas foram observadas por Simião e Fischer (2004) em Guaraqueçaba/Paraná, 0,1 e 5,1 indivíduos/m², considerando toda a área do município e apenas para o foco de infestação, respectivamente. Cuasapaz-Sarabia (2017), no equador, encontrou uma densidade de 6,61 indivíduos/m² (erro padrão de 5,66 ind./m²) em uma área antrópica e 14,30 indivíduos/m² (erro padrão de 10,93 ind./m²) em uma área eco turística. Na Argentina, Gregoric et al. (2011) encontraram uma densidade média de 107,6 indivíduos/m², sendo portanto, considerada como densidade alta. A densidade obtida no presente trabalho (Tabelas 2 e 3) foi caracterizada como baixa, e, bem inferior aquela estimada por Simião e Fischer (2004) para os focos de infestação, e acentuadamente inferior a densidade estimada por Cuasapaz-Sarabia (2017) no Equador.

Diversos autores (SOLOMON, 1980; DAJOZ, 1983; ODUM, 1988; RICKLEFS, 2010) discorreram acerca dos processos que atuam sobre a flutuação das populações, sendo eles dependentes e/ou independentes da densidade. Os processos dependentes da densidade são prioritariamente os parasitos, predadores e a competição. Não foi feita avaliação parasitológica e nem foram observados outros animais predando os caracóis africanos. Alguns moradores que residem próximo ao local relataram a observação da ave Gruiforme carão [*Ara-*

mus guarauna] (Linnaeus, 1766)] se alimentando do caracol africano, fato esse, que não foi observado pelo autor desse trabalho.

A competição pode ser interespecífica ou intraespecífica, sendo que ambas não foram observadas nesse trabalho. A competição interespecífica pode ocorrer com espécies nativas dos Gêneros *Strophocheilus* sp. Spix, 1827; *Megalobulimus* sp. Miller, 1878 e *Thaumastus* sp. Albers, 1860 por alimentos e refúgios, todavia, nenhuma espécie de gastrópode nativo foi encontrada na área em estudo. Por outro lado, se a população sofre efeitos positivos ou negativos em função do aumento ou diminuição da densidade, tais efeitos também são dependentes da densidade. Em ambientes naturais é muito difícil mensurar esses efeitos, contudo, como a densidade encontrada nesse trabalho foi baixa, acredita-se que não provocou efeitos negativos na população, pois, além do local possuir diferentes tipos de fontes alimentares, essas não apresentavam sinais de consumo excessivo. Outro aspecto relevante acerca do comportamento alimentar dessa espécie é a variação do tipo de alimento em função da idade. Enquanto os jovens se alimentam quase que exclusivamente de brotos e folhas suculentas (FISCHER e AMADIGI, 2010), sendo considerados a fase mais nociva para a vegetação, os adultos ingerem preferencialmente folhas mortas (serrapilheira) (FISCHER et al., 2006), as quais eram muito abundantes na área em estudo. Por último, alguns autores (DAN e BAYLEY, 1982; BLANC e ATTIA, 1992; BAUR, 1993) sinalizam que o excesso de fezes ou muco pode interferir no comportamento dos moluscos. Mas, assim como na questão anterior, a baixa densidade não produzia em excesso os dois fatores em questão, o que não causou nenhum efeito adverso na população.

As condições climáticas são os processos independentes da densidade. Otchoumou et al. (2003) demonstraram que a fertilidade aumentou durante a estação das chuvas, e caiu consideravelmente durante a estação seca em três espécies africanas: *Achatina achatina* (Linnaeus, 1758), *Achatina fulica* (Bowdich, 1822)

e em *Archachatina ventricosa* (Gould, 1850). Ainda segundo os autores, o volume de chuva é o principal fator. Os dados obtidos no presente trabalho estão de acordo com essa afirmação, pois, conforme pode ser observado na Figura 2, a medida que o volume de chuva e o percentual de umidade foram caindo, a densidade da população também foi reduzindo (Tabelas 2 e 3). Ao contrário, com a elevação dos mesmos parâmetros, a densidade sofreu uma pequena elevação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método de marcação da concha com esmalte de unha atóxico foi eficiente para o monitoramento da população em estudo.

A densidade populacional, em geral, foi muito baixa. Contudo, a densidade daquela população de caracois africanos acompanhou a flutuação das variáveis climáticas, sendo mais elevada na estação chuvosa e mais baixa durante a estação seca. A distribuição horizontal, sobretudo, no solo, foi mais frequente que na vegetação e em superfícies antrópicas.

Os processos dependentes da densidade não influenciaram, porém, a densidade populacional sofreu mais severamente com os processos independentes da densidade, principalmente, as condições climáticas volume de chuva e umidade relativa do ar.

Os dados obtidos indicam que as estratégias de monitoramento e controle do caracol africano devem levar em consideração coletas periódicas, principalmente na estação chuvosa, e que refúgios no solo devem ter prioridade em termos de procura ativa. Atenção maior deve ser dada aos indivíduos menores, filhotes e jovens com tamanhos entre zero a dez milímetros e 10,1 a 40,0 milímetros, respectivamente, uma vez que esses tamanhos são mais frequentemente encontrados enterrados no solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Agenor Licério Curti Kort-Kamp, pela cessão dos dados meteorológicos do município de Santo Antônio de Pádua/RJ.

Aos proprietários da área onde foram realizadas as pesquisas, Senhor Carlo Pires da Luz e Senhora Maria Heloísa Curti Luz. Aos bolsistas do Programa Jovens Talentos para a Ciência (FAPERJ/CECERJ), Mírian Curti Luz; Carleara Campos Brandão; Danielle Monteiro da Silva; Ramon de Almeida Santiago; Thaís Jardim de Souza Amaral, pelo auxílio nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E.A.B.; SANTOS, C.M.D. Uma lógica para a biogeografia histórica. In: CARVALHO, C.J.B.; ALMEIDA, E.A.B. (Orgs.). **Biogeografia da América do Sul** – análise de tempos, espaço e forma. Rio de Janeiro: Roca. 2016. p. 3-14.

ALMEIDA, M.N. Abundância, sazonalidade, reprodução e crescimento da concha de uma população de *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) (Mollusca, Achatinidae) em ambiente urbano. **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR**, v. 16, n. 1, p. 51-60, 2013.

ALMEIDA, M.N. Caramujo africano: apenas uma espécie introduzida ou um problema de saúde pública? **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 7, n. 2, p. 76-86, 2016.

AYRES, M.; AYRES, J.R.; AYRES, M.D.L.; SANTOS, A.A.S. 2007. **BioEstat versão 5.0 – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas**. Disponível em: <www.mamiraua.org.br/downloads/programas>.

BAUR, B. Population structure, density, dispersal and neighbourhood size in *Arianta arbustorum* (LINNAEUS, 1758) (Pulmonata: Helicidae). **Ann. Naturhist. Mus. Wien**, v. 94/95, p. 307-321, 1993.

BLANC, A.; ATTIA, J. Effect of population density on growth of land snail *Helix aspersa* maxima. **Journal of Applied Animal Research**, v. 2, n. 2, p. 73-80, 1992.

- COLLEY, E. Medidas de controle de *Achatina fulica*. In: FISCHER, M.L.; COSTA, L.C.M. (Org.). **O caramujo gigante africano *Achatina fulica* no Brasil**. Curitiba: Champagnat, 2010. p. 203-229.
- CUASAPAZ-SARABIA, J.P. Área de vida del caracol africano *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Gastropoda: Achatinidae) en dos áreas bajo distinto grado de alteración en el bosque Protector Cerro Blanco (Guayas-Ecuador) durante febrero–mayo 2016. 2017.
- DAJOZ, R. **Ecologia geral**. Petrópolis: Vozes. 1983.
- DAN, N.; BAILEY, S.E.R. Growth, mortality, and feeding rates of the snail *Helix aspersa* at different population densities in the laboratory, and the depression of activity of helicid snails by other individuals, or their mucus. **J. moll. Stud.**, v. 48, p. 257-265, 1982.
- ESTON, M.R.; MENEZES, G.V.; ANTUNES, A.Z.; SANTOS, A.S.R.; SANTOS, A.M.R. Espécie invasora em unidade de conservação: *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) no Parque Estadual Carlos Botelho, Sete Barras, SP, Brasil. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, v. 18, p. 173-179, 2006.
- FERNANDEZ, F.A.S. Métodos para estimativas de parâmetros populacionais por captura, marcação e recaptura. **Oecologia Brasiliensis**, v. 2, n. 1, p.1-26, 1995.
- FISCHER, M.L.; SIMIÃO, M.; COLLEY, E.; ZENNIN, R.D.; SILVA, D.A.T.; LATOSKI, N. O caramujo exótico invasor na vegetação nativa em Morretes, PR: diagnóstico da população de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa aluvial. **Biota Neotrop.**, v. 6, n. 2, p. 1-5, 2006.
- FISCHER, M.L.; AMADIGI, I.S.N. História natural da *Achatina fulica*. In: FISCHER, M.L.; COSTA, L.C.M. (Org.). **O caramujo gigante africano *Achatina fulica* no Brasil**. Curitiba: Champagnat, 2010. p. 49-100.
- FISCHER, M.L.; COLLEY, E.; AMADIGI, I.S.N.; SIMIÃO, M.S. Ecologia de *Achatina fulica*. In: FISCHER, M.L.; COSTA, L.C.M. (Org.). **O caramujo gigante africano *Achatina fulica* no Brasil**. Curitiba: Champagnat, 2010. p. 101-140.
- FONTOURA-DA-SILVA, V.; CARNEIRO, J.B.C.; MIYAHIRA, I.C.; SANTOS, S.B.; CAETANO, C.H.S. Mark-recapture methodology: a simple and inexpensive technique for the study of bivalves and gastropods in Brasil. **Tentacle**, n. 21. p. 13-16. 2013.
- GONÇALVES, A.O.; NAIME, U.J.; LUMBRE-RAS, J.F.; MARTORANO, L.G.; SANTOS, L.C.O. Zoneamento agroecológico do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 33, 113 p., 2003.
- GOSSELIN, L.A. A method for marking small juvenile gastropods. **J. mar. biol.**, v. 73, p. 963-966, 1993.
- GREGORIC, D.E.G.; NÚÑEZ, V.; VOGLER, R.; RUMI, A. Invasion of the Argentinean Patagonian Rainforest by the Giant African Snail *Achatina fulica*. **Amer. Malac. Bull.** v. 29, p. 135-137, 2011.
- HENRY, P.Y.; JARNE, P. Marking hard-shelled gastropods: tag loss, impact on life-history traits, and perspectives in biology. **Invertebrate Biology**, v. 126, n. 2, p. 138–153, 2007.
- MacRAE, M.; LEPITZKI, D.A.W. Population estimation of the snail *Bithynia tentaculata* (Gastropoda: Prosobranchia) using mark–recapture and the examination of snail movement in pools. **Can. Field Nat.** v. 108, p. 58–66, 1994.
- MORAES, M.B.; POLAZ, C.N.M.; CARA-MASCHI, E.P.; SANTOS Jr., S.; SOUZA, G.;

- CARVALHO, F.L. Espécies Exóticas e Alóctones da Bacia do Rio Paraíba do Sul: Implicações para a Conservação. **Biodiversidade Brasileira**, v. 7, n. 1, p. 34-54, 2017.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1988.
- OTCHOUMOU, A.; DOSSO, H.; FANTODJI, A. The edible African giant snails: fertility of *Achatina achatina* (Linné, 1758), *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) and *Archachatina ventricosa* (Gould, 1850) in humid forest; influence of animal density and photoperiod on the fertility in breeding. **Bollettino Malacologico**, v. 39, n. 9-12, p. 185-190, 2003.
- RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2010.
- SAMPAIO, A.B.; SCHMIDT, I.B. Espécies exóticas invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013.
- SILVA NETO, R.; BURLA, R.S.; WERNECK, L.G.; MACIEL, C.P. Proposta social, econômica e ambiental de exploração da silvicultura nas Regiões Norte e Noroeste Fluminense. **Sistemas & Gestão**, v. 8, p. 222-232, 2013.
- SILVA, A.F.; SILVA-FORSBERG, M.C. Espécies exóticas invasoras e seus riscos para a Amazônia Legal. **Scientia Amazonia**, v. 4, n. 2, p. 114-124, 2015.
- SILVA, A.S. Mineração e áreas de preservação permanentes (APPs) em Santo Antônio de Pádua/RJ. **Sociedade e Natureza**, v. 23, n. 2, p. 173-185, 2011.
- SIMIÃO, M.S.; FISCHER, M.L. Estimativa e inferências do método de controle do molusco *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Stylommatophora, Achatinidae) em Pontal do Paraná, Litoral do estado do Paraná. **Caderno de biodiversidade**, v. 4, n. 2, p. 74-83, 2004.
- SOFFIATI-NETO, A.A. Breve estudo de eco-história sobre a utilização humana das florestas estacionais do norte-noroeste entre os períodos colonial e republicano. **Vértices**, v. 13, n. 2, p. 7-30, 2011.
- SOLOMON, M.E. **Dinâmica de populações**. São Paulo: E.P.U./EDUSP. 1980.
- THIENGO, S.C.; FARACO, F.A., SALGADO, N.C.; COWIE, R.H.; FERNANDEZ, M.A. Rapid spread of an invasive snail in South America: the giant African snail, *Achatina fulica*, in Brasil. **Biological invasions**, v. 9, n. 6, p. 693-702, 2007.
- TOMIYAMA, K. Homing behavior of the giant African snail *Achatina fulica* (Ferussac) (Gastropoda: Pulmonata). **Journal of Ethology**, v. 10, p. 139-147, 1992.
- TOMIYAMA, K.; NAKANE, M. Dispersal patterns of the giant African snail, *Achatina fulica* (Férussac) (Stylommatophora: Achatinidae), equipped with a radiotransmitter. **Journal of Molluscan Studies**, v. 59, p. 315-322, 1993.
- TRPIS, M. Ecological studies on the breeding of *Aedes aegypti* and other mosquitos in shells of the giant African snail *Achatina fulica*. **Bull. Wld. Hlth. Org.**, v. 48, p. 447-453. 1973.
- VIANA, T.A.; OLIVEIRA, J.L.; SILVA, P.S.C.; SANTOS, S.B. Deslocamento de *Hypselartemon contusulus* (Férussac, 1827) (Mollusca, Streptaxidae) da Ilha Grande, RJ: um estudo piloto utilizando captura-recaptura. 16a Semana de Iniciação Científica da UERJ, 21 a 23 de novembro, 2007.
- VITULE, J.R.S.; POZENATO, L.P. Homogeneização biótica: Misturando organismos em um mundo pequeno e globalizado. **Estud. Biol., Ambiente Divers.**, v. 34, n. 83, p. 239-245, 2012.

ZANOL, J.; FERNANDEZ, M.A.; OLIVEIRA, A.P.M.; RUSSO, C.A.M.; THIENGO, S.C. The exotic invasive snail *Achatina fulica* (Stylommatophora, Mollusca) in the State of Rio de Janeiro (Brazil): current status. **Biota Neotropical**, v. 10, n. 3, p. 447-451, 2010.