

Universidade Federal de Juiz de Fora

Instituto de Ciências Biológicas

Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas – Comportamento e Biologia Animal

Evelyn Durço Chicarino

**HISTÓRIA DE VIDA E COMPORTAMENTO DE *Achatina fulica* BOWDICH, 1822
(MOLLUSCA, ACHATINIDAE) EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO**

Juiz de Fora

2013

Evelyn Durço Chicarino

História de vida e comportamento de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca, Achatinidae) em condições laboratório

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas – Comportamento e Biologia Animal, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração em Comportamento e Biologia Animal)

Orientadora: Profa. Dra. Elisabeth Cristina de Almeida Bessa

Coorientadora: Profa. Dra. Lidiane Cristina da Silva

Juiz de Fora

2013

Evelyn Durço Chicarino

História de vida e comportamento de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca, Achatinidae) em condições de laboratório

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas – Comportamento e Biologia Animal, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração em Comportamento e Biologia Animal)

Aprovada em 28 de fevereiro de 2013

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Elisabeth Cristina de Almeida Bessa

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Jairo Pinheiro da Silva

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Profa. Dra. Sthefane D'ávila

Universidade Federal de Juiz de Fora

À força, amor e carinho recebidos por meus mentores, familiares e amigos, que me ajudaram no percorrer deste longo e vitorioso caminho. E ao mais sublime e importante de todos Deus!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e aos meus mentores, pela oportunidade concebida nesta vida, na qual creio ter conseguido seguir no caminho certo que me foi designado, trilhado pelas estradas de vitória, mesmo que às vezes passando por alguns trechos tortuosos e difíceis. Pelas pessoas maravilhosas que me fizeram encontrar nessa jornada iluminada. Por essa conquista. Pela evolução moral e espiritual alcançada.

À minha avó Maria de Aparecida, minha mãe Maria de Lurdes e ao meu tio Márcio agradeço a dedicação, paciência, sacrifício e ao amor que me imantou e me deu forças para seguir sempre em frente. Pelos grandes ensinamentos e pelo grande exemplo de vida.

À minha grande amiga Leila, que Deus colocou em um momento tão crucial na minha vida. Pelos ensinamentos, por me mostrar a direção certa, por me despertar a caridade e o amor ao próximo de forma tão intensa e especial.

À orientadora Elisabeth Cristina de Almeida Bessa, professora do Departamento de Zoologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, pela confiança, paciência, amizade, pelos ensinamentos e por me abrir tantas portas durante esta etapa.

À minha coorientadora e grande amiga Lidiane Silva, doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias – Parasitologia Veterinária da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela amizade, paciência, boa vontade, carinho, e orientação, que também fez as portas do mundo acadêmico se abrirem para mim. Agradeço também ao seu marido Alexandre, que se tornou grande amigo.

Agradeço também à minha grande irmã, porém de sangue somente prima Ana Carolina, por me ouvir e aconselhar tantas vezes, por me estender a mão, me compreender e me

consolar com seu abraço em todos momentos que precisei. De mesma forma agradeço as minhas amigas Juliana, Dayane e Mariane.

À Maria Alice Allemand Carvalho, vice-coordenadora do Museu de Malacologia Professor Maury Pinto de Oliveira da Universidade Federal de Juiz de Fora, pela oportunidade concebida, pela confiança e pela recepção tão carinhosa.

Ao admirável professor Jairo Pinheiro da Silva da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por me acolher com tanto carinho e atenção em seu laboratório, sempre disposto a ensinar e ajudar.

A doce professora Sthefane D'ávila da Universidade Federal de Juiz de Fora, por me oferecer a oportunidade de fazer parte de seu projetos, me trazendo sempre novas experiências profissionais .

Agradeço aos amigos que trabalharam comigo neste tempo e que me ensinaram muito, Tércia, Liliane, Fabíola, Bruna e Vinícius. Pelas noites viradas fazendo etograma, pelos dias cansativos fazendo estatística, finalizando resumos, e no final nossos minutinhos de diversão.

Agradeço as pessoas que passaram rapidamente pela minha vida, que mesmo com pouco tempo de convivência me levaram a adquirir novos valores. E aos novos amigos, presentes divinos.

Aos docentes e funcionários do programa deste mestrado, pela experiência, pelo conhecimento, atenção e carinho recebidos.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas – Comportamento e Biologia Animal da Universidade Federal de Juiz de Fora, pela oportunidade e o apoio recebido para desenvolver esta pesquisa e pela minha tão sonhada formação de mestre.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida, sem a qual tudo seria mais complicado.

Sem vocês eu não estaria aqui!

*"Tudo se esforça, junto de nós,
para que a alegria nos sobeje, além do necessário.
Se já atingistes o discernimento iluminado pela convicção da imortalidade,
Possuis bastante acústica no raciocínio para assinalar o apelo constante da vida:
Trabalha! Trabalha!...
Se já sabes que outros mundos se seguem a este mundo por degraus da evolução,
Não desconheces que o teu merecimento aqui ou além,
Será mantido por tuas obras.
Não te dês, assim,
ao logro do desânimo e nem te confies ao perigoso luxo do tédio.
Reflitamos nas forças do Universo, que nos servem infatigavelmente sem perguntar,
E para que a beneficiência se nos alteie, genuína, do coração,
trabalharemos e trabalharemos".*

André Luíz/Emanuel

RESUMO

Em condições laboratoriais *Achatina fulica* apresentou padrão de crescimento indeterminado e ganho de massa corporal ao longo do experimento, desacelerando após a maturidade sexual. O isolamento influenciou diretamente na taxa de crescimento e aumento de massa corporal, sendo observado aumento desses parâmetros para Isolados. Durante a etapa de desenvolvimento, houve diferenças significativas na taxa de crescimento e aumento de massa corporal, com maiores valores alcançados nos períodos pós-maturidade tanto para Isolados quanto para Agrupados, porém não diferindo significativamente entre eles. A mortalidade no período pré e pós-maturidade sexual de *A. fulica* não diferiu para Isolados ou Agrupados, mas quando comparada a mortalidade de cada período da vida entre os grupos verificou-se que essa foi maior para Agrupados. Foi observado mais de um evento reprodutivo para Isolados e Agrupados. Agrupados se reproduziram por um período de tempo mais curto, com posturas consecutivas. Para isolados foi observado o oposto. O tempo médio alcance da maturidade sexual entre os grupos diferiu, Agrupados foram sexualmente maduros mais cedo (284 dias) do que de Isolados (295 dias). Os moluscos Isolados alcançaram a maturidade sexual com maior tamanho (12,5 cm) e ganho de massa (170 g). O número de ovos foi significativamente maior para os moluscos Agrupados e não houve diferenças do número médio de eventos reprodutivos entre Agrupados e Isolados. Isolados produziram ovos, porém não foi observada eclosão de jovens. A temperatura influenciou somente o tempo de incubação e de eclosão dos ovos. De forma diferente, a URA (umidade relativa do ar) foi positivamente correlacionada com o crescimento médio, taxa de crescimento, ganho de massa corporal médio, taxa de ganho de peso, mortalidade, tempo de incubação e taxa de eclosão para ambos grupos. A temperatura não influenciou o número de eventos reprodutivos e número de ovos por molusco para Isolados e Agrupados. Já a URA influenciou no número de posturas e de ovos por molusco em Isolados. O mesmo comportamento foi observado em Agrupados. Houve correlação significativa da temperatura no tempo de eclosão dos ovos e na eclodibilidade. A URA que foi significativa para o tempo de eclosão, porém não houve correlação para a eclodibilidade. Quando avaliado o metabolismo de carboidratos, se verificou um aumento nas concentrações de galactogênio após o primeiro evento reprodutivo, ocorrendo a diminuição de glicose neste período, através do qual realiza sua síntese. As concentrações de glicose e glicogênio foram maiores na fase jovem ao contrário do

galactogênio. Na fase adulta, se verificou o deslocamento energético do crescimento para a reprodução, uma vez que o glicogênio da massa cefalopédica foi maior do que na glândula digestiva, caracterizando um crescimento indeterminado. Acredita-se que as condições utilizadas neste estudo tenha influenciado o processo reprodutivo de *A. fulica*. Já quando avaliado o comportamento de *A. fulica* em mesma condição indivíduos adultos foram mais ativos que os jovens ao longo do estudo. Houve diferença para o comportamento “enterrar”, sendo que jovens permaneceram mais enterrados do que adultos. Observou-se diferença para o ato “repousar” (repouso total), sendo maior para adultos. O repouso horizontal no substrato foi mais frequente em adultos, não diferindo estatisticamente com moluscos jovens enquanto o repouso vertical na parede do terrário foi igual para adultos e jovens. Para o ato “deslocar” (deslocamento total) o mesmo padrão foi observado. Porém adultos se deslocaram mais horizontalmente do que jovens, diferindo-se significativamente. Não houve diferença para o deslocamento vertical. Verificou-se sobreposição no horário de deslocamento entre adultos e jovens, embora animais adultos tenham se deslocado por um período maior. Não foi observada diferença para a frequência do comportamento “alimentar”, porém jovens tiveram um período menor para a alimentação, sobrepondo com animais adultos. O mesmo padrão foi observado para “explorar”. Os comportamentos “emergir” e “enterrando” também não diferiram. O ato “defecar” foi observado somente em indivíduos adultos. O comportamento de “interagir” não foi observado em jovens, nem em adultos. A umidade relativa do ar não influenciou na atividade de jovens e adultos. Porém a temperatura teve influência semelhante em ambas idades, sendo tanto maior a atividade quanto maior a temperatura, numa escala de 22 a 26°C. Esse trabalho sugere que pode haver competição por alimento e espaço entre jovens e adultos, ocorrendo assim um autocontrole populacional da espécie devido à sobreposição de nicho.

Palavras-chave: Crescimento, comportamento, investimento energético, mortalidade, reprodução.

ABSTRACT

In the conditions studied *Achatina fulica* presented indeterminate standard and mass corporal increase with the long of the experiment, after the sexual maturity. The isolation influenced directly in the tax of increase and gain of corporal mass, being observed increase of these parameters to Isolateds. During the stage of development had significant differences in the tax of increase and gain of corporal mass with greater values reached in the periods post-maturity so much to Isolateds as Groupeds, but not deferring significantly among then. The same standard was observed to the drought and rainy seasons. The mortality in the period pre and post-maturity sexual of *Achatina fulica* did not defer to Isolateds and Groupeds, but when comparated to mortality of each period of life among groups verified that this was greatest to groupeds. It was observed more of an event reproductive to Isolateds and Groupeds. Groupeds reproduced themselves for a period of time more brief with consecutives postures. For Isolateds was observed the opposite. The middle time reach of sexual maturity among the groups deferred, Groupeds was sexually matures more early (284 days) of that Isolateds (295 days). The molluscs Isolateds reached the sexual maturity with greatest size (12,5 cm) and gain of mass (170g). The number of eggs was significantly greater for the mollusks Groupeds and hand't differences of the middle number of reproductive events and number of eggs for mollusks to Isolateds and Groupeds. Already the URA influenced the number of postures and of eggs for mollusks in Isolateds. The same behavior was observed in Groupeds. There was correlation significant of the temperature in the time of out break of the eggs and in the hatchability. When avakuated the metabolism of carboidrats, verified a increase in the concentrations of galactogen before the first reproductive event, occuring the diminution of glucose and glycogen were greatest in the young stage. Unlike of galactogen. In the adult stage, verified the dislocation energy of increase for the reproduction, once the glycogen of mass cefalopediosa was greatest of that in the digestive gland, featuring an indeterminate increase. It believe that the conditions utilized in this study the process reproductive of *A. fulica*. Already when evaluated individuals were more actives that the young along of study. There was difference for the behavior "to bury", being that youngs stayed more buried that the adults. It observed difference for the act "to rest" (total rest), being greatest for the adults the horizontal rest in the substrate was more frequent in adults, not differing statistically with young mollusks while the vertical rest in the wall of the terrarium was for adults and youngs. To the act "to dislocate" (total dislocate) the same standard was observed. However adults dislocate themselves more horizontally then youngs, differing significantly. These wasn't

difference to the vertical dislocation. It verified superposition in the timetable of dislocation between adults and youngs though adult animals have dislocated for a greatest period. Not observed difference to a frequency of the behavior "to feed" but youngs had a smaller period for the alimentation, putting over with adult animals. The same standard was observed to "to explorer". The behaviors "to emerge" and "buring" too did not difer. The act "to defecate" was observed only in adult individuals. The behavior of "to interact" not observed in youngs, neither in similar both ages, being greater the temperature, in a scale of 22 a 26°C. This work suggests that can have competition for food and space between youngs and adults, occurring so a control population of the kind due to niche overlapping.

Key words: increase, behavior, energy investment, mortality, reproduction

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 1: A. Concha de <i>A fulica</i> coletada na cidade de Valença, RJ; B.. <i>Achatina fulica</i> coletada na cidade de Valença, RJ. Foto: Evelyn Durço Chicarino.....	23
Fotografia 2: <i>Achatina fulica</i> em estado de estivação. Foto: Evelyn Durço Chicarino.....	35
Fotografia 3: Fotografia: <i>Achatina fulica</i> em condições de laboratório (3A – recém - eclodido; 3B – adulto jovem) Foto: Evelyn Durço Chicarino.....	37
Gráfico 1: Crescimento mensal da concha (mm/mês) de <i>Achatina fulica</i> Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada corresponde ao tempo médio de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados). Foto: Evelyn Durço Chicarino.....	44
Gráfico 2: Ganho de massa corporal mensal (gramas/mês) de <i>Achatina fulica</i> Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada em preto corresponde ao tempo médio de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).....	46
Gráfico 3: Taxa de ganho de massa corporal (gramas/dia) de <i>Achatina fulica</i> Isolados e Agrupados em condições de laboratório.....	47
Gráfico 4: Número de indivíduos mortos de <i>Achatina fulica</i> Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada em preto corresponde ao tempo médio de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).....	49
Gráfico 5: Número médio de posturas/molusco em indivíduos isolados e Agrupados de <i>Achatina fulica</i> em condições de laboratório no ano de 2011.....	53
Gráfico 6: Número médio de ovos por postura/molusco em indivíduos isolados e Agrupados de <i>Achatina fulica</i> em condições de laboratório no ano de 2011.....	53
Gráfico 7: Concentração de glicose glândula na hemolinfa (mg/dL) em diferentes idades de <i>Achatina fulica</i> mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada em preto corresponde ao tempo de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).....	57
Gráfico 8: Concentração de glicogênio na glândula digestiva (g de glicose/tecido, peso fresco) em diferentes idades de <i>Achatina fulica</i> mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada corresponde ao tempo de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).....	58

Gráfico 9: Concentração de glicogênio na massa cefalopediosa (g de glicose/g, tecido peso fresco) em diferentes idades de <i>Achatina fulica</i> mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada em preto corresponde ao tempo de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).....	60
Gráfico 10: Concentração de galactogênio na glândula de albume (g de galactose/g de tecido, peso fresco) em diferentes idades de <i>Achatina fulica</i> mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada em preto corresponde ao tempo de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).....	61
Gráfico 11: Percentual de cada ato comportamental exibido por <i>Achatina fulica</i> ao longo de 24 horas.....	77
Gráfico 12: Comparação entre a atividade e repouso de <i>Achatina fulica</i> durante a fotofase e escotofase.....	78
Gráfico 13: Número médio de moluscos jovens e adultos da espécie <i>Achatina fulica</i> ativos durante o período de observação.....	78
Gráfico 14: Número médio de registros de cada ato comportamental exibido por jovens e adultos de <i>Achatina fulica</i> durante a escotofase; ent - enterrado; entndo - enterrando; exp - explorar; alim - alimentar; eme - emergir; rep - repouso; des - deslocamento. *Para cada ato comportamental, diferentes letras indicam diferença estatística ($p < 0,05$).....	79
Gráfico 15: Número médio de deslocamento vertical e horizontal e repouso vertical e horizontal entre jovens e adultos de <i>Achatina fulica</i> durante a escotofase *Para cada ato comportamental, diferentes letras indicam diferença estatística ($p < 0,05$).....	80
Gráfico 16: Deslocamento comparado de jovens e adultos de <i>Achatina fulica</i> durante a escotofase.....	80
Gráfico 17: Alimentação comparada entre para jovens e adultos de <i>Achatina fulica</i> durante a escotofase: Terrário com dois discos plásticos: um com alimento e outro vazio.....	81
Gráfico 18: Exploração comparada entre jovens e adultos de <i>Achatina fulica</i> durante a escotofase.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comprimento médio mensal da concha (mm) de <i>Achatina fulica</i> mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão - DP).....	45
Tabela 2: Ganho médio mensal de massa corporal (g) de <i>Achatina fulica</i> mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão - DP).....	48
Tabela 3: Número médio mensal de indivíduos mortos de <i>Achatina fulica</i> mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão - DP).....	50
Tabela 4: Comprimento da concha e massa corporal na maturidade sexual de moluscos da espécie <i>Achatina fulica</i> (com valores mínimo, máximo, média \pm desvio padrão DP).....	51 -
Tabela 5: Número de ovos por molusco, número de postura por molusco e número de ovos por ovipostura na espécie <i>Achatina fulica</i> Isolados e Agrupados (com valores mínimo, máximo, média \pm desvio padrão - DP).....	52
Tabela 6: Correlação entre a temperatura e a umidade relativa do ar e os parâmetros de crescimento, reprodução e mortalidade de <i>Achatina fulica</i>	55
Tabela 7: Concentração de glicose (mg/dL) em diferentes idades de <i>Achatina fulica</i> mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão - DP).....	56
Tabela 8: Concentração de glicogênio na glândula digestiva (g de glicose/tecido, peso fresco) em diferentes idades de <i>Achatina fulica</i> mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão - DP).....	58
Tabela 9: Concentração de glicogênio na massa cefalopediosa (g de glicose/tecido, peso fresco) em diferentes idades de <i>Achatina fulica</i> mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão DP).....	59 -
Tabela 10: Concentração de galactogênio na glândula de albume (g de galactose/g de tecido, peso fresco) em diferentes idades de <i>Achatina fulica</i> mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão - DP).....	61
Tabela 11: Caracterização dos atos comportamentais de <i>Achatina fulica</i> jovens e adultos em condições de laboratório.....	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	
2.1. A espécie <i>Achatina fulica</i> Bowdich, 1822.....	21
2.1.1. Taxonomia e morfo-anatomia.....	21
2.1.2. Histórico da espécie no Brasil.....	22
2.1.3. Impactos.....	24
2.1.3.1. Ambientais.....	24
2.1.3.2. Econômicos.....	26
2.1.3.3. Saúde Pública.....	26
2.1.4. Aspectos biológicos.....	27
2.1.4.1. Reprodução.....	27
2.1.4.2. Crescimento.....	30
2.1.4.3. Ciclo de vida e investimento energético.....	31
2.1.4.4. Resistência às condições ambientais.....	32
2.1.4.5. Comportamento de moluscos.....	35
3. HISTÓRIA DE VIDA DE <i>Achatina fulica</i> BOWDICH, 1822 (GASTROPODA, ACHATINIDAE) EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO.....	
3.1. Introdução.....	37
3.2. Material e métodos.....	39
3.2.1. Moluscos.....	39
3.2.2. Crescimento.....	39
3.2.3. Aumento de massa corporal.....	39
3.2.4. Mortalidade.....	40
3.2.5. Efeito do isolamento sobre o crescimento.....	40
3.2.6. Reprodução.....	40

3.2.6.1. Maturidade sexual.....	40
3.2.6.2. Período de incubação e eclodibilidade.....	41
3.2.6.3. Fecundidade.....	41
3.2.6.4. Registro de autofecundação.....	41
3.2.7. Preferência de sítio de ovipostura.....	41
3.2.8. Alterações no metabolismo de carboidratos.....	41
3.2.8.1. Glicogênio.....	42
3.2.8.2. Glicose.....	43
3.2.9. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar.....	43
3.2.10. Análise estatística.....	43
3.3. Resultados.....	43
3.3.1. Crescimento Pré e Pós Maturidade Sexual.....	43
3.3.2. Ganho de massa Pré e Pós Maturidade Sexual.....	46
3.3.3. Mortalidade.....	49
3.3.4. Reprodução: Maturidade sexual, autofecundação, fecundidade, tempo para eclosão, eclodibilidade e efeito do isolamento.....	51
3.3.5. Preferência de sítio para oviposição.....	54
3.3.6. Influência da temperatura e umidade relativa do ar (URA) sobre os parâmetros de crescimento, reprodução e mortalidade.....	54
3.3.7. Efeito sobre o Metabolismo de Carboidratos.....	55
3.4. Discussão.....	62
3.5. Conclusão.....	71
4. ETOGRAMA BÁSICO, HORÁRIO DE ATIVIDADE E ASPECTOS COMPORTAMENTAIS COMPARADOS E INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS EM JOVENS E ADULTOS DE <i>Achatina fulica</i> BOWDICH, 1822 (GATROPODA: ACHATINIDAE).....	
4.1. Introdução.....	73
4.2. Material e Métodos.....	74

4.2.1. Moluscos.....	74
4.2.2. Etograma Básico.....	74
4.2.3. Comparação comportamental entre jovens e adultos.....	75
4.2.4. Influência da temperatura e umidade relativa do ar sobre a atividade de jovens e adultos	75
4.2.5. Análise estatística.....	75
4.3. Resultados.....	77
4.3.1. Etograma básico.....	77
4.3.2. Comparação comportamental entre jovens e adultos.....	78
4.4. Discussão.....	82
4.5. Conclusão.....	86
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88

1. INTRODUÇÃO

Espécies exóticas são organismos que introduzidos fora de sua área de distribuição natural, ameaçam ecossistemas e outras espécies, sendo considerada a segunda maior causa de extinção de espécies no planeta, pois alteram os ciclos ecológicos e homogeneízam a biota, afetando diretamente a biodiversidade (CORADIN & TORTATO, 2006; BYERS *et al.*, 2002). Desse modo, a introdução de espécies exóticas é considerada a segunda maior causa de extinção de espécies (CORADIN & TORTATO, 2006).

A espécie *Achatina fulica* (BOWDICH, 1822) (Figura 1), popularmente conhecida como caramujo africano é um molusco terrestre, nativa da região leste-nordeste da África (VASCONCELOS & PILE, 2001). Essa espécie é reconhecida atualmente como uma das cem piores espécies invasoras no mundo (LOWE *et al.*, 2004), principalmente nas regiões temperadas (RAUT & BARKER, 2002).

Sua introdução no Brasil foi realizada de modo ilegal e teve como objetivo a comercialização como um substituto mais rentável ao *escargot*, *Helix aspersa* (Muller, 1774). Porém, a não aceitação do produto pelo mercado nacional e internacional culminou no abandono das criações de maneira inadvertida, iniciando-se assim a sua proliferação (THIENGO *et al.*, 2007).

A presença da espécie foi relatada nas regiões norte, sul e sudeste do Brasil (CARVALHO *et al.*, 2003). Desde então o molusco invasor foi aumentando seu domínio e atualmente, ocorre em populações elevadas na área urbana de vários municípios de 24 dos 26 estados e no Distrito Federal, sem registro somente para Acre e Amapá (TELES & FONTES, 2002; THIENGO *et al.* 2007; AGUDO-PADRÓN, 2009), gerando preocupação de órgãos governamentais e não governamentais.

Características biológicas dessa espécie como grande resistência a condições ambientais adversas (SIMIÃO & FISHER, 2004), hábitos generalistas (LOWE *et al.*, 2004) e elevado potencial reprodutivo contribuíram para sua rápida dispersão e colonização em diferentes ecossistemas (SIMIÃO & FISCHER, 2004; NEUHAUSS *et al.*, 2007).

Além disso, aspectos como a ausência de predadores naturais e de estratégias eficientes de controle permitiu que as populações atingissem altos índices populacionais e se expandisse rapidamente para áreas antrópicas e posteriormente para ambientes naturais (ESTON *et al.*, 2006), se tornando um sério problema ambiental, competindo em desigualdade com a malacofauna nativa (SIMONE, 199) devido à sobreposição de nichos

(FARACO & LACERDA, 2004; ESTON *et al.*, 2006), como a competição por alimento, por espaço e reprodução (TELES & FONTES, 2002; COELHO, 2005, COLLEY & FISHER, 2009).

Segundo THIENGO *et al.* (2007) e MEAD (1979) *A. fulica* tem acarretado sérios prejuízos econômicos tanto em ambientes urbanos como rurais, podendo ser encontrado em hortas jardins e quintais. Os impactos causados na agricultura pelo molusco invasor no Brasil não tem sido muito relevantes em grandes plantações, mas sim em plantações de subsistência. Este fato foi verificado por BARÇANTE *et al.* (2005) na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais.

A elevada população de *A. fulica* no Brasil tem despertado a atenção dos cientistas, da sociedade e das autoridades que vêem na espécie exótica um possível hospedeiro intermediário de nematoides, podendo causar uma série de doenças de importância médico-veterinária (FISHER & COLLEY, 2005).

Dentre as helmintoses possivelmente transmitidas por essa espécie, destaca-se a angiostrongilíase a qual é provocada por espécies do gênero *Angyostrongylus* (FISHER & COLLEY, 2004; CALDEIRA *et al.*, 2007; THIENGO *et al.*, 2007). Também sendo hospedeiros de larvas de *Aelurostrongylus abstrusus* (Railliet, 1898) e *Strongyluris-like* e *Rabithis* (THIENGO *et al.* 2008). Além disso, *A. fulica* também pode ser considerado vetor mecânico para outras enfermidades até então desconhecidas, evidenciada pela elevada carga parasitária do molusco (THIENGO *et al.*, 2005; GRAEFF-TEIXEIRA, 2007).

Apesar de ser reconhecida sua grande resistência e sua alta adaptabilidade poucos são os trabalhos que quantificam e classificam experimentalmente as estratégias adotadas pela espécie (RAUT & BARKER, 2002). Não existem registros consistentes do ciclo de vida dessa espécie no Brasil. Tais estudos permitem determinar os elementos que podem prevenir que o molusco atinja o *status* de praga, contribuindo pra estabelecer diretrizes sobre análise de risco, detecção precoce e controle (COLLEY & FISHER, 2009).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A espécie *Achatina fulica* Bowdich, 1822

2.1.1. Taxonomia e morfo-anatomia

O molusco terrestre *Achatina fulica* Bowdich, 1822 pertence ao Filo Mollusca, classe Gastropoda, Sub-classe Pulmonata, ordem Stylommatophora, sub-ordem Sigmurethra, superfamília Achatinoidea, família Achatinidae, do gênero *Achatina* (RUPPERT & BANERS, 1996).

Filo: Mollusca

Classe: Gastropoda

Sub-classe: Pulmonata

Ordem: Stylomatophora

Sub-ordem: Sigmurethra

Superfamília: Achatinoidea

Família: Achatinidae

Gênero: *Achatina* (Lamarck, 1799)

Esse molusco possui concha oval-cônica de coloração marrom, mosqueada de tons laranja amarelo e branco (PAIVA, 2004). THIENGO *et al.* (2007) re-descreveu a morfologia da concha para os animais encontrados no Brasil. Segundo esses autores a concha apresenta sutura impressa, ápice obtuso, protoconcha lisa, esbranquiçada, sete a nove voltas corporais, convexa, desenvolvida com bandas castanho-avermelhadas, columela de forma côncava truncada, espira cônica irregulares, volta corporal alargada na porção inferior, abertura oval, peristômio não pronunciado, lábio externo delgado, cortante, convexo, inserido na volta corporal formando um ângulo aberto, margem parietal esbranquiçada e umbílico fechado. Essas características podem ser observadas nas Figuras 1A e 1B.

O tamanho da concha de *A. fulica* é variável. GHOSE (1959) observou que a taxa de crescimento foi de 8,37 mm/mês em estudos realizados no Havaí, Estados Unidos. Segundo esse autor, jovens crescem 11mm/mês. TOMIYAMA (1993) registrou que a taxa de crescimento varia de acordo com a idade dos moluscos. Segundo esse autor a taxa de

crescimento (mm/mês) foi de 8,42 para adultos jovens, 1,99 para adultos intermediários e 0,45 para adultos senescentes. Entretanto, esse autor não informa a idade a que pertence cada uma das classes de tamanho que analisou. Segundo BEQUAERT (1950) as conchas totalmente desenvolvidas apresentam tamanho médio de 100 mm a 200 mm de comprimento. Espécimes de *A. fulica* coletadas no estado de São Paulo os valores máximos encontrados foram de 10 cm de comprimento e peso de 100 g (PAIVA, 2004).

O sistema reprodutor de *A. fulica* apresenta um conjunto de órgãos masculinos representados pela glândula prostática, ducto deferente, pênis e o saco dardo. A porção feminina é constituída pela glândula de albúmen, útero, vagina e espermateca. O ovotestis é o órgão que produz tanto espermatozóides quanto óvulos (WANVIPA, *et al.*, 1989). Segundo RAUT & BARKER (2002) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (BRASIL, 2006) os ovos do molusco exótico possuem cor branco-amarelada e medem cerca de 5mm.

2.1.2. Histórico da espécie no Brasil

Atualmente, *A. fulica* é considerada invasora em quase todos os continentes, inclusive regiões temperadas (RAUT & BARKER, 2002). A presença de *A. fulica* tem sido relatada em diversas regiões da África, Sudeste Asiático, Ilhas do Pacífico, Austrália, Japão e mais recentemente no continente americano (VASCONCELOS & PILE, 2001; COELHO, 2005).

Achatina fulica foi distribuída mundialmente pelo homem (TILLER *et al.*, 1993) visando a criação com fins comerciais (CIVEYREL & SIMBERLOFF, 1996). No Brasil a espécie foi introduzida ilegalmente na década de 1980 em uma feira agropecuária em Curitiba, e atualmente pode ser encontrada em todas as regiões (THIENGO *et al.*, 2007; PAIVA, 2004; TELES & FONTES, 2002). A presença da espécie foi relatada nas regiões norte, sul e sudeste (CARVALHO *et al.*, 2003). Desde então o molusco invasor foi aumentando seu domínio e atualmente, ocorre em populações elevadas na área urbana de vários municípios de 24 dos 26 estados e no Distrito Federal, sem registro somente para Acre e Amapá (TELES & FONTES, 2002; THIENGO *et al.* 2007; AGUDO-PADRÓN, 2009), gerando preocupação de órgãos governamentais e não governamentais.

ZILLER & ZALBA (2007) mencionam uma introdução ocorrida em 1972, mas sem maiores informações. A dispersão passiva, intencional ou acidental foi o principal meio de disseminação da espécie (COLLEY & FISHER, 2009; VASCONCELOS & PILE, 2001).

Enquanto uma segunda, com informações menos precisas, parece ter acontecido em 1975, na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais (BARÇANTE *et al.*, 2005). Segundo TELES & FONTES (2002) e FISCHER & COSTA (2010), duas introduções da espécie foram voluntárias com o objetivo de criação e comercialização do caramujo, ocorrendo em 1989 em Curitiba, Paraná e 1996-1998 em Santos, São Paulo.



Figura 1: Concha de *Achatina fulica* coletada na cidade de Valença, RJ, Brasil; A – Concha; B – Aspecto geral de um indivíduo vivo. Fotos: Evelyn Durço Chicarino (— = 1cm).

COLLEY & FISHER (2009) observaram em Guaraçepaba, Paraná, que *A. fulica* é constantemente reintroduzida nas comunidades através do transporte passivo em material de construção e através do deslocamento pelo ambiente, fato que inviabiliza o controle pontual feito pelos moradores. SIMIÃO & FISHER (2004) e FISHER & COLLEY (2004) também observaram a reintrodução em Pontal, Paraná. Segundo SIMIÃO & FISHER (2004) a baixa densidade de *A. fulica* como observado pelos autores em Pontal, Paraná, caracterizam uma introdução recente do animal.

2.1.3. Impactos

Segundo LOWE *et al.* (2004) *Achatina fulica* é considerado uma das cem piores espécies invasoras do planeta, devido a sua rusticidade, ao seus hábitos generalistas e ao seu elevado potencial reprodutivo, favorecendo a adaptação e a colonização de diferentes ambientes. O impacto causado por espécies invasoras evidencia, muitas vezes, a ineficiência na prevenção das invasões, sua detecção e controle (BYERS *et al.*, 2002).

2.1.3.1. Ambientais

Nas áreas onde o molusco foi introduzido, ele se tornou um sério problema ambiental, competindo em desigualdade com a malacofauna nativa (SIMONE, 199) devido à sobreposição de nichos (FARACO & LACERDA, 2004; ESTON, 2006), como a competição por alimento, por espaço e reprodução (TELES & FONTES, 2002; COELHO, 2005, COLLEY & FISHER, 2009). COLLEY & FISHER (2009) também observaram o consumo de vegetação nativa, incluindo sementes, frutos, folhas e brotos.

Segundo RAUT & BARKER (2002) o molusco pode atuar como vetor de patógenos associadas a sua grande população pode desencadear o colapso de muitas populações de animais e plantas endêmicas. *Achatina fulica* também pode exercer um grande efeito negativo na cadeia trófica, constituindo uma fonte de alimento em excesso para alguns animais, devido a sua grande população, que por conseqüência também pode aumentar muito a população de seu predador (COLLEY & FISHER, 2009). Estudos realizados no Paraná tem apontado o impacto ambiental o principal problema causado pela espécie invasora em áreas de Mata Atlântica (FISHER & COLLEY, 2004; 2005).

Achatina fulica apresenta boa adaptação, ocorrendo não somente em ambientes modificados, mas também florestas primárias e secundárias em outros locais, como a Índia (RAUT & BARKER, 2002). FARACO & LACERDA (2004) também observaram sua presença na Reserva Biológica de Poço das Antas, no estado do Rio de Janeiro. ZANOL *et al.* (2010) observaram sua presença em outras áreas de conservação ambiental no estado do Rio de Janeiro.

A invasão de *A. fulica* em áreas naturais sugere o início de uma saturação de sua população em áreas urbanas, fato que também dificulta em seu controle (FISHER *et al.*, 2006). Segundo RAUT & BARKER (2002) a invasão de *A. fulica* em áreas naturais apresenta um processo inicial de herbivoria das plantas nativas, seguido pela alteração do sistema ecológico natural, a supressão das espécies de moluscos nativos e contribui para o estabelecimento de outras espécies invasoras.

Em ambientes antrópicos, como em naturais, há evidências de danos causados a moluscos nativos principalmente da família Megalobulimidae (FISHER & COLLEY, 2005; FISHER, 2009). A falta de informação e identificação da espécie também agrava a situação, sendo muitas vezes nativos confundidos com *A. fulica* que leva ao extermínio errôneo do molusco (FISHER & COLLEY, 2004, COLLEY & FISHER, 2009).

O uso inadvertido e inadequado de moluscidas químicos e o controle biológico também podem afetar a biodiversidade local, levando também a depressão das populações de outros caramujos nativos, como *Thaumastus* spp. e *Orthalicus* spp., de baixa densidade ecológica, crescimento lento, reduzida fecundidade e hábitos alimentares especializados (PAIVA, 2004), e outros animais como pássaros ou outros predadores que se alimentam do animal envenenado (BARKER & WATTS, 2002) Nas figuras 7, 8 e 9 pode-se observar as três espécies nativas citadas acima.

Ainda não se sabe a dimensão dos danos ambientais causados pelo *A. fulica* no Brasil. Tais danos são difíceis de serem mensurados, pois esta avaliação exige uma comparação entre as condições ambientais antes e depois da chegada do molusco invasor (COLLEY & FISHER, 2009). Deve-se considerar também, que existem poucos estudos de biologia e ecologia de espécies nativas, e muitas ainda são desconhecidas, dificultando uma avaliação real do impacto causado pelo invasor (FISHER *et al.*, 2010).

2.1.3.2. Econômicos

Segundo THIENGO *et al.* (2007) e MEAD (1979) *A. fulica* tem acarretado sérios prejuízos tanto em ambientes urbanos como rurais, podendo ser encontrado em hortas jardins e quintais. Os impactos causados na agricultura pelo molusco invasor no Brasil não tem sido muito relevantes em grandes plantações, mas sim em plantações de subsistência. Este fato foi verificado por BARÇANTE *et al.* (2005) na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. SANTOS *et al.* (2002) aponta que o molusco também pode dizimar jardins e grãos armazenados.

ESTON *et al.* (2006) relatou que a espécie pode se alimentar de cerca de 500 espécies de plantas, dentre elas plantas nativas e exóticas de uso na alimentação e ornamentação, sendo sua presença já foi observada em cultivos de abóboras, alface, almeirão, batata-doce, feijões, mandioca, pepino, rami, em árvores frutíferas como tomate acerola, guaraná, mamão, morango e em plantas ornamentais como camarão vermelho, hibiscos, jiboia e orquídeas. FISHER (2009) observou a preferência do molusco por plantas exóticas, como buganvília, beijinho e hibisco. Segundo RAUT & CHOSE (1983), essas plantas são as preferidas por serem mais suculentas. O molusco invasor segundo ESTON *et al.* (2006) consome principalmente brotos e plantas jovens. RAUT & BARKER (2002) relatam que moluscos com até quatro meses de idade causam maiores danos as plantas, alimentando-se exclusivamente de brotos jovens e folhas suculentas. Um estudo realizado por FISHER & COLLEY (2005) no município de Guaraçepaba, Paraná, relataram que todos os entrevistados afirmaram que *A. fulica* representa um transtorno pelo fato de comer as plantas do quintal, além de liberar uma grande quantidade de muco e fezes sobre estas, o que faz os entrevistados não consumirem a planta. Porém em Morretes, Paraná, a maioria dos entrevistados afirmou não estar sofrendo economicamente pela presença do invasor (FISHER *et al.*, 2006). Segundo FISHER & COLLEY (2005) no Brasil plantações de bananeiras são facilitadores para o estabelecimento da espécie, fornecendo alimentos e sítios de repouso, sendo dentre as plantações as mais afetadas. ROCCO (2007) também relata sua presença principalmente em plantações de banana. COLLEY & FISHER (2009) apontam que apesar de sua alta densidade no Estado do Paraná, o impacto econômico do molusco não está evidente. O mesmo foi observado no município de Morretes, que também não revelou a existência de grandes prejuízos econômicos (FISHER *et al.*, 2006).

2.1.3.3. Saúde Pública

A elevada população de *A. fulica* no Brasil tem despertado a atenção dos cientistas, da sociedade e das autoridades que vêem na espécie exótica um possível hospedeiro intermediário de nematoides, podendo causar uma série de doenças de importância médico-veterinária (FISHER & COLLEY, 2005). A principal preocupação das autoridades e cientistas no mundo se dá pelo provável papel de *A. fulica* como hospedeiro intermediário de larvas de nematódeos *Metastrongyloidea* parasitos do ser humano, bem como de felídeos, cães e outros mamíferos, principalmente dos nematóides *Angiostrongylus costaricensis* MORERA e CÉSPEDES (1971) e *Angiostrongylus cantonensis* (CHEN, 1935) (*Angiostrongylidae*), causadores da angiostrongilíase meningoencefálica e angiostrongilíase abdominal (THIENGO *et al.*, 2007).

Casos de meningite eosinofílica já foram registrados para o município de Cariacica, estado do Espírito Santo (CALDEIRA *et al.*, 2007) e em Pernambuco (LIMA *et al.*, 2009). Testes laboratoriais também indicam que o molusco possui potencial para transmissão da angiostrongilíase, pois este apresenta baixa especificidade de hospedeiro (CARVALHO *et al.*, 2003; THIENGO *et al.*, 2005). O estudo epidemiológico realizado em Pernambuco também mostrou a participação ativa de *A. fulica* na transmissão (THIENGO *et al.*, 2010).

Atualmente larvas de *Aelurostrongylus abstrusus* (RAILLIET, 1898) e *Strongyluris-like*, nematódeos parasitos de pulmão de felídeos causando pneumonia, são os metastrongilídeos mais frequentemente detectados em *A. fulica* em todo Brasil, sendo encontradas nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Larvas de *Rabithis* sp também são encontradas constantemente infectando o molusco (THIENGO *et al.* 2008).

Segundo THIENGO *et al.* (2005) e GRAEFF-TEIXEIRA (2007), a elevada carga parasitária do molusco, associada a explosão populacional descontrolada no país evidencia a possibilidade de transmissão de outros tipos parasitoses aos humanos, até então desconhecidas.

2.1.4. Aspectos biológicos

2.1.4.1. Reprodução

Achatina fulica é um molusco hemafrodita protândrico com cópula múltipla, (TOMIYAMA, 2002). A presença de uma espermateca, permite o armazenamento de espermatozoides em condições desfavoráveis, principalmente de temperatura e umidade

(RAUT & GHOSE, 1979), com o retorno das condições ambientais favoráveis para a fecundação do oócito, fertilizando os óvulos longos períodos após a cópula (TOMIYAMA, 2002).

O tempo necessário para o início da atividade reprodutiva de *A. fulica* pode variar de acordo com condições estressantes, como redução de recursos alimentares, densidade populacional e fatores climáticos (SIMBERLOFF & GIBBONS, 2004).

Segundo MINISTÉRIO DA SAÚDE (BRASIL, 2008) no Brasil o molusco pode começar a se reproduzir entre quatro e cinco meses. Porém FERRAZ (1999) verificou de que o início da oviposição se dá entre cinco e seis meses. Em outros países, autores verificaram que a atividade reprodutiva acontece entre seis e nove meses de idade (GHOSE, 1959; MEAD, 1961).

FISHER & COLLEY (2004) observaram, para animais coletados em campo, no estado do Paraná, Brasil, que o menor tamanho de um animal que realizou postura foi de 3,4 cm de comprimento de concha e 0,04 cm de espessura do perístoma. Porém esses dados são confrontantes com os de TOMIYAMA (2002). Esse autor realizou estudo com animais coletados em vários países, no qual registrou que a espécie torna-se sexualmente madura quando o perístoma mede 0,05 cm. Segundo o autor, a partir do desenvolvimento do aparelho reprodutor feminino não há mais crescimento de concha.

O comportamento de corte e cópula foi descrito por TOMIYAMA (1994). Segundo esses autores a cópula pode durar em média seis a oito horas, sendo possível até mais de 24 horas de duração. Esse comportamento é elaborado, envolvendo o contato físico e utilização da rádula, a qual é passada pela concha ou pelo corpo do parceiro, estimulando o parceiro (TOMIYAMA, 1994). A transferência espermática ocorre com a introdução do falo, através do gonópore presente na base do tentáculo direito (FISHER & AMADIGI, 2010).

Achatina fulica apresenta o comportamento de enterrar seus ovos no solo em profundidades que varia entre 4 cm a 6,8 cm, em condições laboratoriais, e cerca 25 cm de profundidade em meio natural (FISHER, 2005). Observa-se também a oviposição sob folhoso, sobre o solo e outros locais desprotegidos (FISHER & COLLEY, 2005). Já em condições de laboratório FRANCO & BRANDOLINI (2007) verificaram a construção de covas de 4,0 cm a 6,8 cm, apontando também uma correlação entre profundidade do ninho e o número de ovos por postura. A oviposição se inicia após a identificação de condições favoráveis para a escavação, como consistência e umidade do solo. *A. fulica* apresenta preferência por terras mais secas para a oviposição (FISHER & COLLEY, 2005). Após terminado o processo de

deposição dos ovos o molusco recobre estes com terra (FISHER & AMADIGI, 2010). Caso condições ambientais não sejam favoráveis a postura de ovos pode ser interrompida (RAUT & BARKER, 2002). Alguns animais podem morrer ou entrar em estivação após a postura de ovos, que é considerada uma condição estressante (TOMIYAMA, 2002). A oviposição ocorre do décimo ao trigésimo dia após a cópula e varia de acordo com a disponibilidade de reservas, produção de albúmen, cálcio e outras condições fisiológicas. Em alguns casos os ovos fecundados podem permanecer retidos no útero até poucas horas antes da eclosão (FISHER & COLLEY, 2005).

Condições estressantes podem não somente afetar a postura de ovos, mas também o tempo para maturidade sexual, sendo precoce, atingindo a maturidade com menor tamanho, comprometendo o sucesso reprodutivo do molusco (COWIE, 1998; SIMBERLOFF & GIBBONS, 2004).

Dados sobre a fecundidade e época reprodutiva da *A. fulica* ainda são controversos na literatura. RAUT & BARKER (2002) observaram que a oviposição da espécie ocorre na estação úmida, de cinco a seis oviposturas, produzindo de duas a 13 oviposturas, de 13 a 442 ovos, durante toda sua vida.

Segundo IBAMA (BRASIL, 2006), a espécie pode realizar até cinco posturas ao ano, com 50 a 400 ovos por postura em condições de campo. VASCONCELLOS & PILE (2001) através de um estudo também realizado em campo, na cidade de Rezende, Rio de Janeiro, também relataram que o molusco pode realizar até cinco posturas, mas com cerca de 300 ovos cada. Em condições de laboratório, os moluscos produziram em média 99 ovos por postura (FISHER & AMADIGI, 2010). Segundo TOMIYAMA (1992), as condições laboratoriais podem limitar a oviposição do animal, principalmente se as condições climáticas, como temperatura e umidade relativa do ar forem mantidas constantes. NERING *et al.* (2004) através de um estudo, sob condições de laboratório realizado na cidade de Curitiba, Paraná, Brasil, observaram no primeiro ano em que os moluscos foram mantidos sob tais condições houve apenas uma postura, porém nos anos seguintes foram obtidas de 49 a 90 posturas. A ecolodibilidade de *A. fulica* pode atingir 90% (FISHER & AMADIGI, 2010). Entretanto, segundo esses autores, os recém-eclodidos não conseguiram sobreviver após o terceiro mês de vida.

FISHER & COLLEY (2005) observaram que *A. fulica* apresentaram um ciclo sazonal com uma ou duas gerações por ano, com a cópula ocorrendo principalmente durante a primavera e o outono. LAV *et al.* (1982) também relataram a presença de sazonalidade

reprodutiva em *A. fulica*, tendo sua dispersão de durante o ano todo, porém é particularmente evidente durante ou após o inverno. Esses dados são corroborados pelo padrão observado na Ilha Rasa por FISHER & COLLEY (2005).

Os ovos possuem baixa resistência a manipulação, mudança de substrato, temperatura, sendo considerado um período crítico do desenvolvimento juntamente com o desenvolvimento dos recém-eclodidos (RAUT & BARKER, 2002; FISHER, 2009). Segundo alguns autores a forma com que os moluscos depositam os ovos também é uma estratégia para sua proteção, onde os ovos da porção superior fornecem proteção aos demais (TOMIYAMA & YAMASHITA, 1998).

Autores mencionam a capacidade dessa espécie realizar autofecundação, porém foi relatado a postura de poucos ovos, em torno de 10, sendo muitos destes estéreis, e os recém eclodidos sem sucesso de sobrevivência (MEAD, 1961, 1979).

2.1.4.2. Crescimento

Em moluscos terrestres, em geral, observa-se o padrão de crescimento indeterminado (ALMEIDA & BESSA, 2001a, b; D'ÁVILA & BESSA 2005 a,b; SILVA *et al.* 2008; 2009). Esse padrão de crescimento parece ser ótimo quando a fecundidade aumenta com o aumento do corpo do animal (CICHON, 1999; SILVA *et al.* 2008).

As informações acerca do padrão de crescimento e taxa de crescimento de *A. fulica* também não são bem estabelecidas na literatura. GHOSE (1959) observou que o crescimento (mm/mês) foi de 8, 37 mm/mês em estudos realizados no Havaí, Estados Unidos. Segundo esse autor, jovens crescem em média 11mm/mês. TOMIYAMA (1993) registrou que a taxa de crescimento varia de acordo com a idade dos moluscos.

SIDEL'NIKOV & STEPANOV (2000) sugerem que em laboratório, a taxa de crescimento diminui proporcionalmente de acordo com a densidade populacional devido a diminuição de consumo alimentar mesmo que o alimento seja em excesso. MEIRELES *et al.* (2008) verificaram que a alimentação também exerce influencia efetivamente no crescimento de moluscos, entretanto não foram encontrados trabalhos de necessidade alimentar em *A. fulica*.

2.1.4.3. Ciclo de vida e investimento energético

Moluscos terrestres podem apresentar diversas estratégias de história de vida, estando estas relacionadas com a alocação de energia nos tecidos somáticos e nos tecidos relacionados com a reprodução (CARVALHO *et al.*, 2008; 2009).

Os recursos energéticos acumulados pelo molusco são distribuídos entre vários processos metabólicos que garantem a sua sobrevivência e otimizam seu sucesso reprodutivo (RAUT & PANIGRAHI, 1988; CICHON, 1999, HELLER, 2001). Devido a limitação desses recursos ocorre um antagonismo destes para manter diferentes funções fisiológicas (CONFORT, 2008). A forma com que os animais direcionam esses recursos ao longo de seu ciclo de vida caracterizam sua estratégia de vida (HELLER, 2001; RICKFLES, 2001).

Segundo CHICÓN (1999) os moluscos podem apresentar dois padrões de alocação de energia, indeterminado e o determinado. O crescimento indeterminado é caracterizado pelo direcionamento dos recursos energéticos antes da maturidade para o crescimento, após esse período a taxa de crescimento diminui, aliando-se a um maior crescimento e posteriormente maior produção de ovos. O padrão é mais comumente observado em gastrópodes terrestres é o indeterminado (D'ÁVILA & BESSA, 2005; MEIRELES, 2008; CARVALHO *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2009). Já no crescimento determinado, o molusco apresenta um tempo de vida curto associado a um auto esforço reprodutivo e poucos eventos reprodutivos (BAUR & BAUR, 2000; NORTON & BRONSON, 2005; CARVALHO *et al.*, 2008).

Quando a distribuição dos recursos energéticos ocorre de forma gradativa ao longo do ciclo de vida do molusco, espera-se maior sobrevivência, maior número de eventos reprodutivos e um menor número de filhotes por evento (HURD, 2001; SOUZA & MAGALHÃES, 2000; CARVALHO *et al.*, 2009). Porém, se houver um grande gasto energético em um curto período de tempo a longevidade e o número de eventos reprodutivos diminui e o número de filhotes por evento aumenta (HELLER, 2001; HURD, 2001).

O processo reprodutivo é um investimento caro, uma vez que o molusco utiliza uma grande parte das suas reservas energéticas na produção, transporte e armazenamento de gametas, para exibir o comportamento de corte, para cópula, fecundação, e o desenvolvimento dos embriões (HELLER, 2001; RAUT & BARKER, 2002).

Dentre os tipos de fecundação em moluscos terrestres o mais observado é a fecundação cruzada (BESSA & ARAÚJO, 1995a,b; ALMEIDA & BESSA, 2001a; CARVALHO *et al.*, 2009; RAUT & BAKER, 2002), por apresentar um baixo custo energético (HELLER, 2001) e

promover maior variabilidade genética, garantindo assim maior sucesso para a espécie (RICKFLES, 2001). Já a autofecundação apresenta um custo maior para o molusco. Além disto, esta estratégia muitas vezes é dificultada por mecanismos morfofisiológicos para garantir a variabilidade genética na população, ocorrendo uma diminuição do sucesso reprodutivo e da sobrevivência (HELLER, 2001; RICKFLES, 2001).

O conhecimento das estratégias de vida utilizadas pelos moluscos são complementares ao estudo de ecologia, filogenia, comportamento e biologia desses moluscos (CARVALHO *et al.*, 2009). E também auxiliam na elaboração de estratégias de controle de moluscos de importância epidemiológica e econômica (D'ÁVILA *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2013).

2.1.4.4. Resistência às condições ambientais

Achatina fulica é considerada uma espécie r-estrategista, uma vez que apresenta maior taxa de eclosão, explosão reprodutiva, com muitos ovos e de pequeno tamanho, menor sobrevivência de filhotes e maior de adultos, aumento do número de ovos com tamanho do corpo, menor tempo para o alcance da maturidade sexual (MacARTHUR & WILSON, 1967).

A alta resistência de *A. fulica* permite que a espécie viva em uma ampla variedade de temperaturas e altitudes, sendo registradas a mais de 1.500 metros de altitude, resistindo a temperaturas extremas, favorecendo sua ocupação em diferentes regiões no mundo e também favorece a ocorrência em ambientes alterados ou artificiais (RAUT & BARKER, 2002). Segundo FISHER (2009) os ovos são caracterizados pela fase mais susceptível, enquanto jovens e adultos são resistentes.

A concha é uma grande defesa contra inimigos naturais, esse fato pode ser observado através de cicatrizes encontradas em animais livres (SALGADO, 2010). Danos físicos na concha podem ser recuperados com facilidade (FISHER, 2005). Partes do corpo como cabeça, pé e tentáculos também podem ser protegidos pela entrada rápida na concha (SALGADO, 2010). Seu comportamento de enterrar e de agregar também é uma grande estratégia contra predadores e contra a maior exposição do molusco ao meio ambiente, principalmente a dessecação (FISHER, 2009). Esse comportamento é evidenciado em muitas espécies de moluscos terrestres, pois são animais muito susceptíveis à dessecação devido as suas características morfológicas, perdendo facilmente água pelo tegumento (COOK, 2001; D'ÁVILA *et al.*, 2004). A capacidade de retenção de água influencia a manutenção da

homeostase desses animais, podendo interferir sobre o controle da alimentação, do batimento cardíaco e da locomoção (COOK, 2001).

O muco glicoprotéico secretado pela superfície do corpo e membrana mucosa através de diversas glândulas pode ser utilizado em sua locomoção, alimentação, osmorregulação, reprodução, proteção e como antimicrobiano (LORENZI, 2008). O antimicrobiano denominado achatinin é uma glicoproteína relacionada ao transporte de cátions, que impede o crescimento de bactérias Gram-negativas e Gram-positivas, sendo extremamente importante para animais com contato direto com o solo (JEONG *et al.*, 2001; VIERA *et al.*, 2001).

Diante de condições abióticas adversas, principalmente baixas temperaturas e umidade, *A. fulica* apresenta o comportamento de armazenar os espermatozoides em uma bolsa copulatória (RAUT & GHOSE, 1979), até que o molusco encontre condições ambientais favoráveis para a fecundação dos óvulos, fertilizando os óvulos longos períodos após a cópula, podendo permanecer armazenado por volta de seis meses (TOMIYAMA, 2002; RAUT & BARKER, 2002).

A sazonalidade em moluscos pode ser acarretada por diversos fatores abióticos como comprimento do dia (HORN *et al.*, 2005; UDAKA *et al.*, 2007), pluviosidade e temperatura (LEAHY, 1984).

Segundo SANTOS (1982) os caramujos são capazes de alternar durante a vida períodos de atividade, períodos de inatividade e de vida latente. Esta alternância pode estar ligada a fatores intrínsecos ou extrínsecos, principalmente quando expostos a temperaturas extremas.

A estivação é um mecanismo importante de defesa de moluscos pulmonados, os quais beneficiam seu potencial de invasor e resistência frente a condições adversas (GUPTA *et al.*, 1978). Segundo RAUT & GHOSE (1977) *A. fulica* pode permanecer de 200 a 237 dias em estivação. Essa estratégia é favorável para a recolonização de um sítio após condições adversas naturais ou produzidas pelo homem, como a utilização de meios de controle como o sal, que deposto sobre o epifragma não desidrata o animal (FISHER, 2009). Porém a estivação pode influenciar na longevidade, reprodução e crescimento em moluscos de *A. fulica* (FERRAZ, 1999).

O estado de estivação de *A. fulica* acompanhado pela presença de um epifragma durante o inverno caracteriza uma das principais estratégias de sobrevivência e ocupação da espécie em diversos ambientes (RAUT & GHOSE, 1977). Diante de estímulos negativos o animal se retrai no interior da concha e a fecha com o epifragma formado a partir do perístoma e composto principalmente de carbonato de cálcio (FISHER & COLLEY, 2005). O molusco

garante com essa estratégia a manutenção de reservas energéticas e da água corporal em níveis que possibilitem sua sobrevivência, diminuindo área de exposição de seu corpo sujeita a evaporação (D'AVILA *et al.*, 2004). Na Figura 2 pode-se observar o epifragma em um molusco em estivação. *Achatina fulica* durante a estivação apresenta preferência por solo úmido, entretanto, pode estar suspenso e exposto em muros e paredes (FISHER & COLLEY, 2004). O molusco também pode ser encontrado em estivação em superfícies horizontais e enterrado (FISHER, 2009).

Um estudo realizado por FISHER (2009) mostrou a resistência de moluscos adultos e jovens a água doce e água salobra. A grande resistência de *A. fulica* ao meio aquático, tanto dulcícola como salobra, também foi verificada por MEAD (1961), podendo a espécie ser capaz de utilizar a correnteza de rios como forma de dispersão. Porém MEAD (1961) relata que é alta a mortalidade decorrente de alagamentos rápidos em que o animal não tenha chance de deslocamento vertical.



Figura 2- *Achatina fulica* em estado de estivação, evidenciando a presença do epifragma secretado para a proteção do molusco contra condições adversas. Foto: Evelyn Durço Chicarino (— = 1 cm).

2.1.4.5. Comportamento de moluscos

Moluscos terrestres são suscetíveis a variações ambientais, como temperatura (COOK, 2001; UDAKA *et al.*, 2007; FURTADO *et al.*, 2004), umidade (MARTIN & SOMMER, 2004; D'ÁVILA *et al.*, 2006) e fotoperíodo (ALMEIDA & BESSA, 2001; JUNQUEIRA *et al.*, 2003). Fatores bióticos como densidade populacional (COWIE, 1998; SIMBERLOFF & GIBBONS, 2004), presença de predadores (SCHILTHUIZEN *et al.*, 2006; HASEGAWA & SATO, 2009) e disponibilidade de alimento (PESCHEL *et al.*, 1996; MARTELL *et al.*, 2002; ALBURQUEQUE *et al.*, 2008) também afetam a fisiologia e o comportamento dos moluscos.

Os principais efeitos na fisiologia e no comportamento de gastrópodes terrestres estão relacionados ao equilíbrio hídrico (COOK, 2001). Diante das condições ambientais adversas, esses animais exibem estratégias fisiológicas e comportamentais que reduzem perdas d'água, como a estivação (RAUT & BARKER, 2002), o enterramento (COMBRINCK & VAN EEDEN, 1975) e o comportamento agregativo (CHASE *et al.*, 1980; STOREY, 2002; D'ÁVILA; BESSA, 2005). Mas também podem ser observadas alterações no desenvolvimento dos ovos (FURTADO *et al.*, 2004), deslocamento (NAOKUNE & OZAKI, 1986), peso, crescimento, reprodução e sobrevivência (FURTADO *et al.*, 2002; D'ÁVILA E BESSA, 2005; D'ÁVILA *et al.*, 2006).

Dentre os estudos comportamentais realizados com moluscos terrestres podemos observar abordagens sobre aspectos reprodutivos como oviposição (LEAHY 1980; 1983; RAUT & PANIGRAHI 1988; TOMIYAMA & MIYAMASHITA, 1992; TOMIYAMA, 2002; 2004; D'ÁVILA *et al.*, 2004; D'ÁVILA & BESSA, 2005 a,b; SILVA *et al.*, 2009; CARVALHO *et al.*, 2009) e acasalamento (FISHER & AMADIGI, 2010), alimentação (MEAD, 1961; RAUT & CHOSE, 1983; CAREFOOT & SWITZER-DUNLAP, 1989; RAUT & BARKER, 2002; FISHER *et al.*, 2008), forrageio (CALOW 1974; CHATFIELD 1976; BAILEY 1989; TOMIYAMA E NAKANE, 1993; MARTEL *et al.*, 2002), horário de atividade (CHATFIELD, 1976; HODASI, 1982; SANTOS, 1982; BAILEY, 1989; RAUT & PANIGRAHI, 1990; PANIGRAHI *et al.*, 1992; JUNQUEIRA *et al.*, 2004), comunicação química (CHASE & BOULANGER, 2004; LORENZI & MARTINS, 2008), trilha de muco (TOWNSEND 1974; COOK, 185; COOK 1992; KAROWE *et al.* 1993), agregação (DUNDEE *et al.* 1975; CHASE *et al.*, 1980; PAKARINEN, 1992 ANSELL, 2001; KOBAK, 2001; MARTELL *et al.*, 2002; D'ÁVILA *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2008), deslocamento

(NAOKUNE & OZAKI, 1986; SIMIÃO & FISHER, 2004) e seleção de habitat (COMBRINCK & VAN EEDEN 1975; FISHER, 2004; FISHER & COLLEY, 2004, 2005; FISHER, 2009).

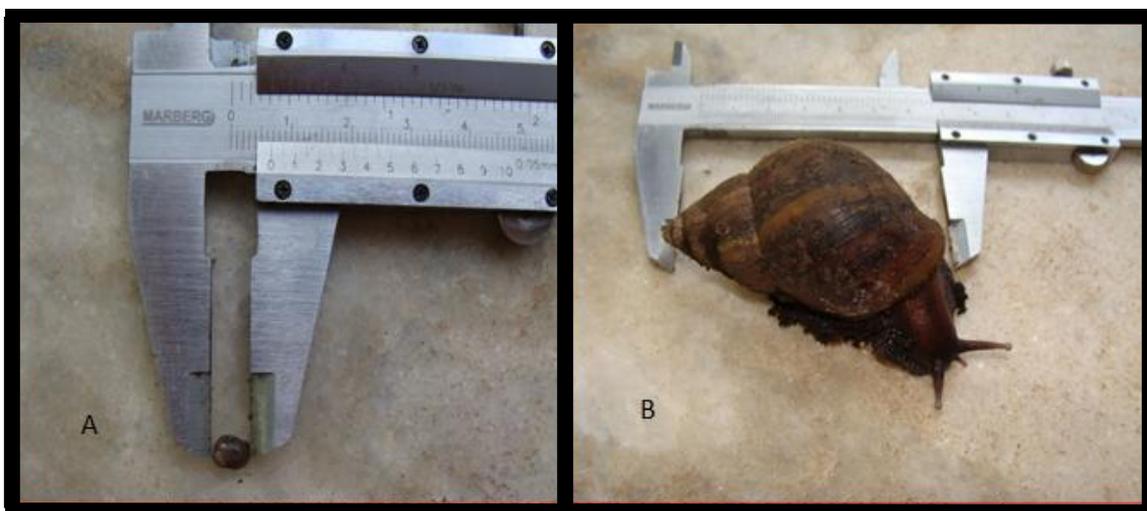
Conhecer o comportamento desses animais é importante para o desenvolvimento de estratégias de conservação das espécies bem como de medidas de controle populacional de pragas agrícolas.

Estudos a respeito do comportamento de moluscos terrestres podem ser importantes para ampliar informações acerca das espécies, e também contribuir para a elaboração de estratégias de controle, manejo e conservação (BESSA & ARAÚJO, 1995; D'ÁVILA & BESSA, 2005a,b).

3. HISTÓRIA DE VIDA DE *Achatina fulica* BOWDICH, 1822 (GASTROPODA, ACHATINIDAE) EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO.

3.1. Introdução

A espécie *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Achatinidae) (Fotografia 3A e 3B) conhecida popularmente como caramujo africano, é um molusco terrestre, nativo da região leste-nordeste da África (VASCONCELLOS & PILE, 2001) e reconhecida como uma das cem piores espécies invasoras no mundo (ALOWE *et al.*, 2004).



Fotografia: *Achatina fulica* em condições de laboratório (3A – recém - eclodido; 3B – adulto jovem). Foto: Evelyn Durço Chicarino.

Tal espécie foi introduzida ilegalmente no Brasil com o objetivo de comercialização, mas a não aceitação pelo mercado culminou no abandono das criações de maneira inadvertida, iniciando-se assim a sua proliferação (THIENGO, 2007). Segundo SIMIÃO & FISHER (2004) a resistência a condições ambientais adversas e o elevado potencial reprodutivo característicos da espécie culminaram na sua rápida dispersão. Esse fato é preocupante, pois *A. fulica* atua como hospedeiro intermediário de nematóides de importância médico-veterinária (THIENGO *et al.*, 2007; ZANOL *et al.*, 2011).

Apesar de *A. fulica* ser considerada uma espécie de alta adaptabilidade e grande resistência a condições desfavoráveis (COLLEY & FISHER, 2009) poucos são os trabalhos

que quantificam e classificam experimentalmente as estratégias adotadas pela espécie nos locais onde foi introduzida (COLLEY & FISHER, 2009).

Aspectos biológicos como o crescimento, ganho de massa corporal, reprodução e mortalidade moluscos terrestres sofrem influência de fatores bióticos e abióticos, como temperatura (SOUTH, 1982; RAUT & BARKER, 2002), umidade (D'ÁVILA & BESSA, 2005), dieta (BRANDOLINI & GOMES, 2002; MEIRELES *et al.*, 2010) disponibilidade de alimentos (LEAHY, 1980; BESSA & ARAÚJO, 1995; BRANDOLINI & GOMES, 2002; MEIRELES *et al.*, 2008), substrato (FURTADO *et al.*, 2004; D'ÁVILA & BESSA, 2005; JUNQUEIRA *et al.*, 2008), densidade populacional (SIDEL'NIKOV & STEPANOV, 2000; ALMEIDA & BESSA, 2001a,b; AUFDERHEID *et al.*, 2006; MEIRELES *et al.*, 2010) e competição intraespecífica e interespecífica (PEARCE, 1997; OLIVEIRA *et al.*, 2008; LUSTRINO *et al.*, 2010).

Moluscos terrestres também podem apresentar diferentes estratégias ao longo de sua vida, estando essas relacionadas com o padrão de alocação de recursos energéticos (SOUZA & MAGALHÃES, 2000; ALMEIDA & BESSA, 2001).

De forma geral, observa-se em moluscos terrestres o padrão de crescimento indeterminado, onde continuam a crescer depois da maturidade sexual ao longo da vida, ou se desacelera e cessa (CICON, 1999; ALMEIDA & BESSA, 2001a, b, D'ÁVILA & BESSA 2005 a,b; SILVA *et al.* 2008; 2009). Esse padrão de crescimento parece ser ótimo quando a fecundidade aumenta com o aumento do corpo do animal, ao contrário do crescimento determinado (CICON, 1999; FURTADO *et al.*, 2004; SILVA *et al.* 2008).

O antagonismo entre os investimentos energéticos na reprodução e crescimento também influenciam o tempo de vida do animal. Desse modo, a forma como o animal irá distribuir os recursos ao longo da vida influenciarão diretamente na sua longevidade. (HELLER, 2001, HURD, 2001).

Estudos sobre sua biologia de espécies invasoras como *A. fulica*, permitem determinar os elementos que podem prevenir que o molusco atinja o *status* de praga, ajudando na construção de modelos de crescimento populacional, projetando as expectativas de expansão da espécie. Também podem auxiliar em estratégias de manejo e tratamentos com substâncias moluscidas através do conhecimento de seus mecanismos fisiológicos relacionados à resistência à dessecação ou a estratégia reprodutiva.

Objetivou-se com este trabalho avaliar aspectos do crescimento, ganho de massa corporal, reprodução e mortalidade de *A. fulica*. Avaliando também para esses aspectos a influencia antes e após a maturidade sexual e o efeito do isolamento.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Moluscos

Para este estudo moluscos adultos da espécie *A. fulica* foram coletados município de Valença, Rio de Janeiro (Latitude: 22° 14' 44" S; Longitude: 43° 42' 01" O; Altitude: 560m). Com esses moluscos foram estabelecidas criações no Laboratório de Biologia de Moluscos, do Museu de Malacologia Professor Maury Pinto de Oliveira, na Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil (Latitude: 22° 26' 45.62"S; Longitude 44° 13' 9.25"W), onde também foram realizados os experimentos. Apenas foram utilizados animais nascidos em laboratório para os experimentos propostos, para se saber a idade e assegurar que não foram infectados por parasitos.

Foram utilizados 40 animais recém-eclodidos distribuídos em grupos de cinco indivíduos, mantidos agrupados em terrários de polietileno (34L) fechados com tecido de algodão e elástico. Como substrato foi utilizado terra vegetal (5 kg) esterilizada (100° C/1 hora) e umedecida com água de torneira.

A cada três dias os moluscos foram alimentados *ad libitum* com ração para aves de corte enriquecida com carbonato de cálcio na proporção 3:1 (BESSA & ARAÚJO, 1995). Nesse intervalo também foi umedecido o substrato com água de torneira. O tempo de acompanhamento dos animais do nascimento até a morte dos grupos experimentais durou 22 meses.

O trabalho foi realizado em condições naturais de fotoperíodo, temperatura e umidade relativa do ar.

3.2.2. Crescimento

O crescimento médio (cm) e taxa de crescimento (cm/mês) foram verificadas através de medições mensais do comprimento da concha com paquímetro (Kanon Mardened

Stainless, 1/2 in 1/20 mm). Foram comparados o comprimento médio e a taxa de crescimento antes e pós-maturidade sexual e nas estações seca e chuvosa.

3.2.3. Aumento de Massa Corporal

Foram avaliados a massa corporal média (g) e taxa de ganho de massa corporal (g/mês) através da pesagem dos moluscos mensalmente em balança analítica (Bosh SAE 200). Foram estabelecidas o massa corporal média e taxa de ganho de massa corporal antes e pós-maturidade sexual.

3.2.4. Mortalidade

A mortalidade foi contabilizada diariamente através da observação direta dos animais e retirada dos moluscos mortos no terrário. Também foi observado o número de indivíduos mortos entre os períodos pré e pós-maturidade sexual.

3.2.5. Efeito do isolamento sobre o crescimento

Para avaliar o efeito do isolamento 40 animais foram mantidos isolados em terrários de 6L contendo 2 Kg de terra vegetal esterilizada e umedecida com água de torneira. Os animais isolados foram alimentados conforme mencionado anteriormente. Foram avaliados os mesmos parâmetros de crescimento e ganho de peso e mortalidade segundo metodologia descrita anteriormente.

3.2.6. Reprodução de *Achatina fulica*

3.2.6.1. Maturidade sexual

A maturidade sexual foi determinada pelo início da atividade reprodutiva através da constatação da presença de ovos nos terrários. Para essa avaliação foram realizadas busca de ovos no terrário diariamente.

3.2.6.2. Período de incubação e eclodibilidade

Verificada a presença de oviposturas nos terrários, os ovos foram quantificados e transferidos para terrários de 500 mL com terra vegetal esterilizada (intervalos de três dias) e umedecida e observados durante 30 dias. Foi observado o tempo para eclosão e a taxa de eclosão média (número de filhotes eclodidos/número de ovos da ovipostura).

3.2.6.3. Fecundidade

Para avaliação da fecundidade média mensal foi observado o número de ovos produzidos por molusco vivo para os moluscos mantidos Agrupados. O número de ovos contabilizados foi dividido pelo número de moluscos vivos no terrário.

3.2.6.4. Registro de autofecundação

A capacidade de autofecundação foi determinada através da observação da produção de ovos pelos animais Isolados desde o nascimento. Para esse grupo também foi registradas a fecundidade média mensal, tempo de incubação e taxa de eclosão.

3.2.7. Preferência de sítio para ovipostura

Para avaliar a preferência por sítio de ovipostura, foi acompanhado durante todo o experimento para Isolados e Agrupados os sítios utilizados (Enterrados e Expostos) e comparadas suas frequências.

3.2.8. Alterações no metabolismo de carboidratos

Para as avaliações metabólicas foram utilizados moluscos Isolados e Agrupados, descritos sob as condições descritas anteriormente com idade entre 8 e 14 meses de vida. As idades foram selecionadas de acordo com as condições reprodutivas dos moluscos: período pré-maturidade (entre 8 e 10 meses), no momento da maturidade (11 meses) e pós maturidade (12 e 14 meses). Foram observadas diferenças no metabolismo de carboidratos entre isolados e agrupados e entre jovens e adultos.

3.2.8.1. Glicogênio e galactogênio

Para avaliar a relação da reprodução sobre o metabolismo de carboidratos as análises foram realizadas comparações dos substratos energéticos entre os grupos para cada idade, dentro dos grupos mês a mês e nos períodos pré-maturidade e pós-maturidade sexual (três meses antes e três meses após). A análise das amostras foi realizada no Laboratório de Biofísica, Departamento de Ciências Fisiológicas Instituto de Biologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, município de Seropédica, Rio de Janeiro.

Os animais foram mortos através da secção do cordão nervoso, retirados das conchas e dissecados em solução fisiológica para obtenção da glândula de albúmen, glândula digestiva e massa cefalopediosa. Os tecidos de cada órgão foram pesados individualmente em balança analítica (Bosch SAE 200) (magnificância = 10^{-4} g), acondicionados em recipientes plásticos, e mantidos em banho de gelo durante o procedimento, evitando desse modo a degradação enzimática dos carboidratos.

Foi obtido um “pool” de tecidos com um grama de peso fresco o qual foi processado para qualificação e quantificação dos polissacarídeos. Para obtenção dos precipitados de glicogênio e galactogênio, os tecidos da glândula digestiva, glândula de albúmen e massa cefalopediosa foram homogeneizados em frascos de Potter-Elvehjen contendo ácido tricloroacético (TCA) 10 % na proporção de 10 ml de TCA: 1 g de tecido e centrifugados a 1935xg durante cinco minutos. Após a centrifugação, foi feita a filtração do sobrenadante em papel filtro qualitativo e o sobrenadante filtrado foi aquecido em banho-maria a 40°C durante cinco minutos. Adicionou-se ao sobrenadante etanol gelado (na proporção de 2 ml etanol:1 ml sobrenadante) permanecendo a mistura em banho de gelo por 15 minutos e centrifugado novamente a 17300xg durante 10 minutos (PINHEIRO & GOMES, 1994).

Os precipitados obtidos foram submetidos a hidrólise ácida a quente (ácido clorídrico [HCl] 1M a 100°C) e posterior quantificação espectrofotométrica, através da técnica do 3,5 dinitro salicilato (3,5 DNS) (Sumner, 1925), com leitura de absorvância em comprimento de onda de 535 nm para quantificação destes dois substratos. Os resultados foram calculados pela Lei de Lambert-Beer com base em, pelo menos, três leituras coerentes e expressos em gramas de glicose ou gramas de galactose por grama de tecido, peso fresco.

3.2.8.2. Glicose

Para a determinação da concentração de glicose na hemolinfa de moluscos isolados e agrupados foi determinada através de 25µL hemolinfa foram coletados por punção cardíaca e em seguida, foi preparada um solução contendo 10 ml de soro ao meio contendo solução tampão fostato de sódio 0.05M, pH 7.45, aminoantipirina 0,03mM, 15mM de p-hidroxibenzoato de sódio e um mínimo de 12kU de glucose oxidase e 0,8 KU de peroxidase por litro e as absorbâncias foram lidas em 510 nm contra branco de reação e utilizado padrão de D-glicose 100 mg/dL (Doles Reagentes[®]). Leituras espectrofotométricas foram realizadas com três repetições e os resultados expressos em mg/dL (Doles[®]).

3.2.9. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar

Para avaliar os efeitos da temperatura e umidade relativa do ar foi feita uma correlação entre a mortalidade, taxa de crescimento e o ganho de massa corporal de *A. fulica*. Para avaliar os efeitos da temperatura e umidade relativa do ar na reprodução foi feita uma correlação entre a fecundidade e eclodibilidade de *A. fulica* e esse parâmetros abióticos.

3.2.10. Análise Estatística

Foi utilizado o teste de Kurskal-wallis (H), seguido pelo Teste de Student-Newman Kells (t) para comparação entre médias dos parâmetros de crescimento, ganho de massa, reprodução, concentração média de galactogênio, glicogênio e glicose, e mortalidade ao longo do experimento. A influencia da temperatura e URA foi utilizado o teste de Correlação Linear Múltipla (R^2), através do Programa BioEstat, versão 5.0, nível de significância de 0,05% (AYRES *et al.*, 2007).

3.3. Resultados

3.3.1. Crescimento Pré e Pós Maturidade Sexual

Foi confirmado o padrão de crescimento indeterminado em *A. fulica*, com crescimento após o alcance da maturidade sexual do animal (Gráfico 1). Todavia, foi verificada tendência a

homogeneidade do crescimento em Isolados como pode ser observado pela análise do coeficiente de variação na Tabela 1. O coeficiente de variação foi menor em todas as idades. Isso sugere que a presença de co-específicos interfere no crescimento.

Houve diferença no crescimento médio mensal do comprimento da concha a fase pré-maturidade para Isolados ($H=1,22$; $p=0,003$) e Agrupados ($H=0,86$; $p=0,02$) (Tabela 1). O mesmo foi observado no período pós-maturidade (Isolados $H=1,52$; $p=0,01$ e Agrupados $H=0,74$; $p=0,002$). Quando comparados os grupos verificou-se diferença, onde Isolados tiveram um crescimento médio mensal maior do que Agrupados os durante 13 meses iniciais (meses: 1: $H=1,22$; $p=0,04$, 2: $H=0,65$; $p=0,001$, 3: $H=0,89$; $p=0,02$, 4: $H=1,04$; $p=0,03$, 5: $H=2,42$; $p=0,04$; 6: $H=0,82$; $p=0,01$, 7: $H=1,06$; $p=0,04$, 8: $H=0,64$; $p=0,02$, 9: $H=2,66$; $p=0,03$, 10: $H=1,22$; $p=0,003$, 11: $H=0,58$; $p=0,01$, 12: $H=0,68$; $p=0,04$, 13: $H=1,09$; $p=0,02$) (Tabela 1).

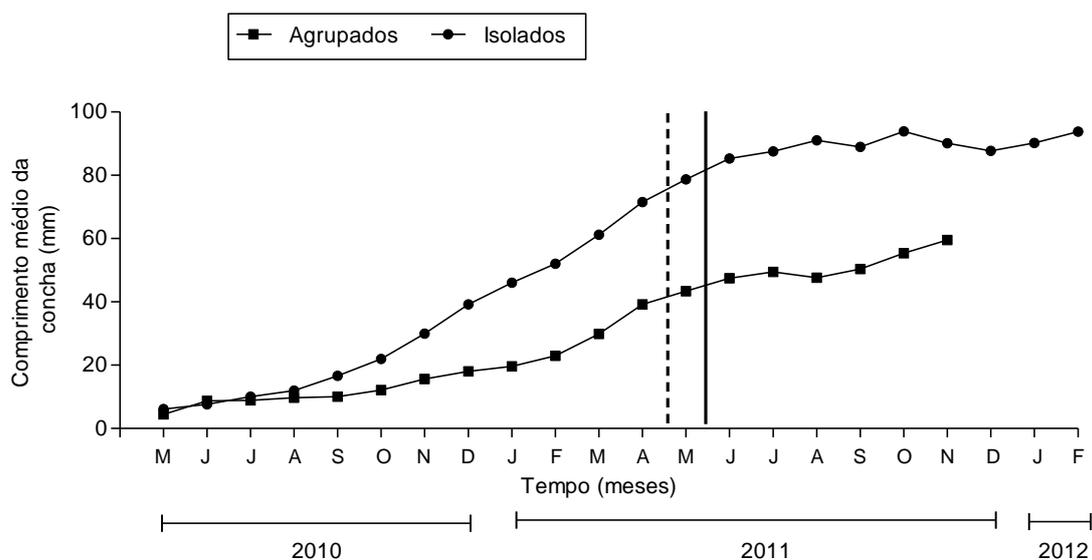


Gráfico 1: Crescimento mensal da concha (mm/mês) de *Achatina fulica* Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada corresponde ao tempo médio de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).

Tabela 1: Comprimento médio mensal da concha (mm) de *Achatina fulica* mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão - DP).

Meses	Isolados		Agrupados	
	Media + DP	CV (%)	Media + DP	CV (%)
Maio (2010)	6,09 \pm 9.05 ^{a, A}	150	4,44 \pm 1.36 ^{b, B}	31
Junho	7.60 \pm 1.01 ^{a, A}	22	8.70 \pm 5.19 ^{b, B}	60
Julho	10.06 \pm 1.96 ^{a, A}	19	9.81 \pm 9.10 ^{b, B}	71
Agosto	11.93 \pm 4.17 ^{a, A}	34	10.69 \pm 3.15 ^{b, B}	36
Setembro	16.59 \pm 8.02 ^{a, A}	42	11.78 \pm 3.91 ^{b, B}	38
Outubro	21.93 \pm 10.08 ^{a, A}	47	12.16 \pm 4.67 ^{b, B}	38
Novembro	29.93 \pm 13.56 ^{a, A}	45	14.64 \pm 6.00 ^{b, B}	39
Dezembro	39.21 \pm 20.66 ^{a, A}	52	18.03 \pm 6.01 ^{b, B}	39
Janeiro (2011)	46.02 \pm 21.89 ^{a, A}	47	19.60 \pm 8.05 ^{b, B}	41
Fevereiro	52.03 \pm 23.29 ^{a, A}	44	22.93 \pm 9.63 ^{b, B}	42
Março	61.21 \pm 21.31 ^{a, A}	34	22.84 \pm 12.96 ^{b, B}	43
Abril	71.52 \pm 20.87 ^{a, A}	29	39.21 \pm 16.33 ^{b, B*}	42
Maio	78.73 \pm 21.05 ^{a, A*}	26	43.39 \pm 19.32 ^{b, B}	44
Junho	85.26 \pm 19.11 ^{a, A}	22	47.45 \pm 20.44 ^{b, A}	43
Julho	87.56 \pm 18.62 ^{a, A}	21	49.45 \pm 20.45 ^{b, A}	42
Agosto	91.04 \pm 17.72 ^{a, A}	19	47.66 \pm 16.93 ^{b, A}	34
Setembro	88.94 \pm 15.64 ^{a, A}	16	50.35 \pm 16.00 ^{b, A}	32
Outubro	96.89 \pm 17.35 ^{a, A}	17	55.40 \pm 11.16 ^{b, A}	20
Novembro	98.16 \pm 18.18 ^{a, A}	17	59.50 \pm 3.05 ^{b, A}	5
Dezembro	87.70 \pm 17.76 ^{a, A}	18	-	
Janeiro (2012)	94.17 \pm 22.87 ^{a, A}	24	-	
Fevereiro	91.60 \pm 28.00 ^a	29	-	

^{a, A} Letras minúsculas indicam diferença dentro e letras maiúsculas indicam diferença entre os grupos (Kruskal Wallis, $p < 0,05$). * Maturidade sexual média.

3.3.2. Ganho de Massa Pré e Pós-Maturidade Sexual

O ganho médio de massa aumentou conforme a idade do animal, continuando após o período de maturidade sexual como observado no Gráfico 2. A massa final de 170 g e 37g foi encontrado para Isolados e Agrupados, respectivamente. O ganho de massa foi gradativo conforme o avançar do desenvolvimento animal, com os maiores valores médios registrados nos períodos pós-maturidade sexual para ambos os grupos. Para Isolados verificou-se diferença durante os 10 primeiros meses (1: $H=1,44$; $p=0,002$, 2: $H=1,88$; $p=0,04$, 3: $H=2,43$; $p=0,02$, 4: $H=1,06$; $p=0,001$, 5: $H=1,56$; $p=0,02$, 6: $H=0,89$; $p=0,04$, 7: $H=1,23$; $p=0,003$, 8: $H=0,072$; $p=0,04$, 9: $H=0,56$; $p=0,01$, 10: $H=1,06$; $p=0,003$) Já em Agrupados diferenças significativas foram observadas nos 8 primeiros meses (1: $H=2,89$; $p=0,03$, 2: $H=1,48$; $p=0,02$, 3: $H=2,77$; $p=0,02$, 4: $H=1,06$; $p=0,001$, 5: $H=1,92$; $p=0,03$, 6: $H=0,74$; $p=0,04$, 7: $H=2,63$; $p=0,003$ e 8: $H=1,33$; $p=0,02$).

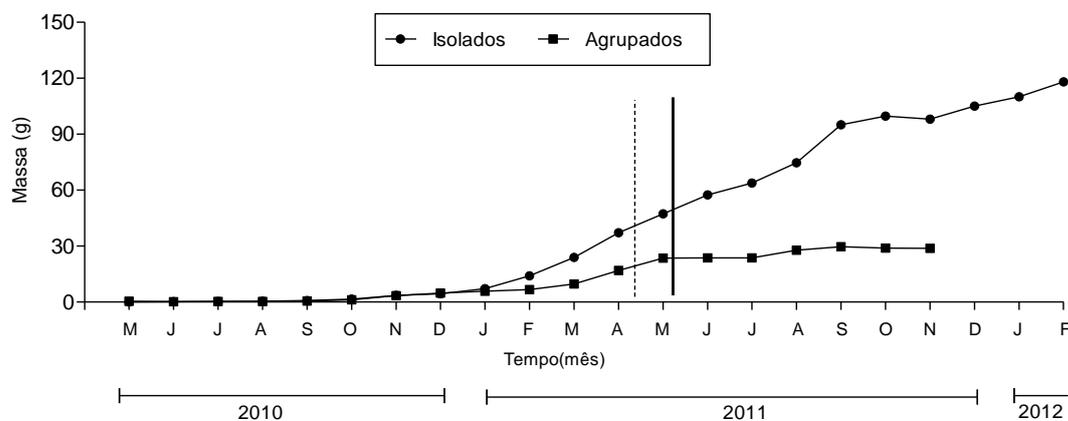


Gráfico 2: Ganho de massa corporal mensal (gramas/mês) de *Achatina fulica* Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada em preto corresponde ao tempo médio de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).

Através do Gráfico 2 podemos observar que animais Isolados ganharam muito mais massa e continuaram a ganhar massa em uma taxa muito mais expressiva após o alcance da maturidade. Já os Agrupados, que efetivamente reproduziram, tendeu a estabilização.

Para a taxa de ganho de massa corporal pré e pós-maturidade sexual em Isolados não foi identificada diferença estatística ($H=1,7901$; $p=0,1809$) (Tabela 2). O mesmo sendo observado para Agrupados ($H=0,445$; $p=0,5049$). Quando foi comparada a taxa de ganho de

massa corporal no período pré-maturidade ($H=1.3342$; $p=0,2481$) e pós-maturidade sexual ($H= 3,3521$; $p=0,0671$) entre os grupos não foram significativas (Gráfico 3).

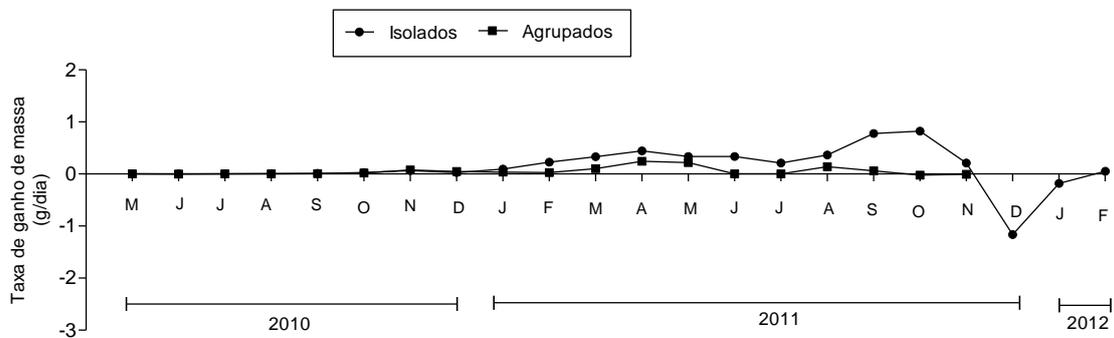


Gráfico 3: Taxa de ganho de massa corporal (gramas/dia) de *Achatina fulica* Isolados e Agrupados em condições de laboratório.

Os dados negativos observados no gráfico 3 nos meses de dezembro e janeiro, podem ser justificados pela maior mortalidade ocorrida em Isolados. Também foi observada diferença no ganho médio mensal de massa corporal em Isolados nas fases pré ($H=1,82$; $p=0,002$) e pós-maturidade ($H=2,33$; $p=0,01$). A taxa de ganho de peso sendo crescente, acompanhando o crescimento do comprimento da concha. O mesmo padrão se verificou em Agrupados (pré-maturidade: $H=1,02$; $p=0,02$; pós-maturidade: $H=0,92$; $p=0,03$). Já quando comparados entre os grupos foi verificado ganho médio mensal de massa maior para Isolados que Agrupados ($H=0,89$; $p=0,01$) durante o período pré-maturidade sexual (Tabela 2). O mesmo padrão foi observado no período pós-maturidade ($H=0,57$; $p=0,03$).

Tabela 2: Ganho médio mensal de massa corporal (g) de *Achatina fulica* mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão - DP).

Meses	Isolados		Agrupados	
	Media + DP	CV (%)	Media + DP	CV (%)
Maio (2010)	0.07 \pm 0.04 ^{a, B}	49	0,15 \pm 0,70 ^{b, B}	40
Junho	0.15 \pm 0.09 ^{a, B}	56	0,14 \pm 0,06 ^{b, B}	41
Julho	0.26 \pm 0.15 ^{a, B}	57	0,26 \pm 0,08 ^{b, B}	33
Agosto	0.40 \pm 0.56 ^{a, B}	135	0,31 \pm 0,09 ^{b, B}	30
Setembro	0.76 \pm 0.84 ^{a, B}	110	0,55 \pm 0,45 ^{b, B}	82
Outubro	1.58 \pm 1.10 ^{a, B}	69	1,17 \pm 1,03 ^{b, B}	88
Novembro	3.57 \pm 2.39 ^{a, B}	66	3,45 \pm 3,09 ^{b, B}	89
Dezembro	4.42 \pm 2.35 ^{a, B}	53	4,83 \pm 3,90 ^{b, B}	81
Janeiro (2011)	7.17 \pm 4.31 ^{a, B}	60	5,85 \pm 7,49 ^{b, A}	128
Fevereiro	14.01 \pm 12.04 ^{a, B}	90	6,69 \pm 7,98 ^{b, A}	193
Março	23.93 \pm 15.49 ^{a, A}	64	9,70 \pm 8,43 ^{b, A}	86
Abril	37.24 \pm 22.72 ^{a, A}	61	16,96 \pm 13,38 ^{b, A*}	78
Maio	47.32 \pm 30.22 ^{a, A*}	63	23.54 \pm 20,18 ^{b, A}	85
Junho	57.41 \pm 27.16 ^{a, A}	47	23,66 \pm 22,87 ^{b, A}	96
Julho	63.75 \pm 32,67 ^{a, A}	51	23,67 \pm 21,33 ^{b, A}	90
Agosto	74.73 \pm 42.42 ^{a, A}	56	27,85 \pm 2,47 ^{b, A}	88
Setembro	98.05 \pm 87.93 ^{a, A}	89	28,65 \pm 6,89 ^{b, A}	23
Outubro	122.70 \pm 93.73 ^{a, A}	76	28,76 \pm 0,33 ^{b, A}	22
Novembro	129.02 \pm 108.47 ^{a, A}	84	28,77 \pm 0,45 ^{a, A}	22
Dezembro	94.09 \pm 35.02 ^{a, A}	37		
Janeiro (2012)	85.50 \pm 43.98 ^a	49		
Fevereiro	91.01 \pm 93. 68 ^a	102		

^{a, A} Letras minúsculas indicam diferença dentro e letras maiúsculas indicam diferença entre os grupos (Kruskal Wallis, $p < 0,05$). * Maturidade sexual média.

3.3.3. Mortalidade

A mortalidade foi acompanhada durante 22 meses e pode ser observada na Tabela 3. Nas fases pré e pós- maturidade sexual não se verificou diferença tanto para Isolados quanto para Agrupados ($p>0,05$). Porém, a comparação entre os tratamentos mostrou que a mortalidade foi maior para Agrupados na pré-maturidade ($H=6,38$; $p=0,01$) e pós ($H=7,85$; $p=0,005$) (Gráfico 4).

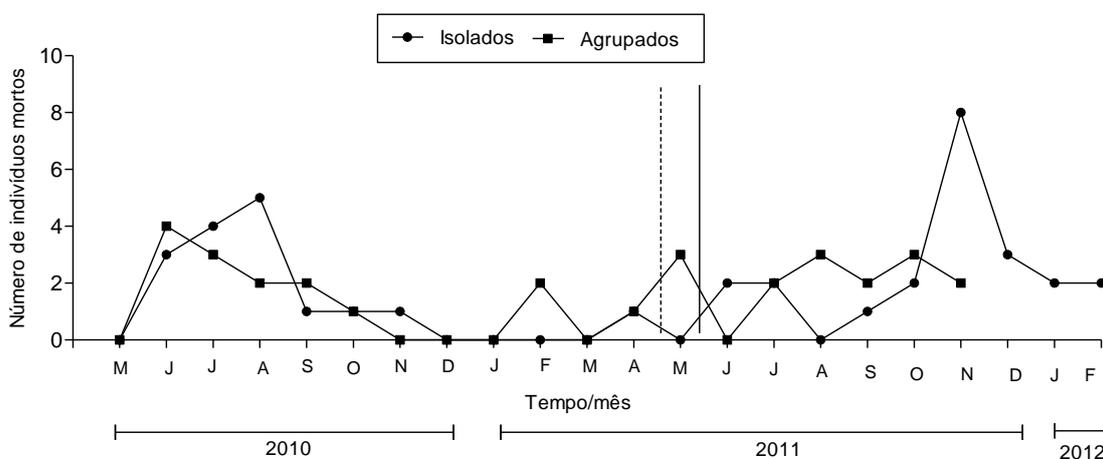


Gráfico 4: Número de indivíduos mortos de *Achatina fulica* Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada em preto corresponde ao tempo médio de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).

Para Isolados o número de indivíduos mortos foi diferente somente em novembro e dezembro de 2011, sendo maior nestes meses ($H=0,7481$; $p=0,003$ e $H=0,0765$; $p=0,0245$, respectivamente). Já para agrupados não foram observadas diferenças. Também não houve diferença quando comparado os tratamentos mês a mês (Tabela 3). Para indivíduos Isolados, o pico de mortalidade foi registrado em novembro de 2011, mantendo-se alta no mês de dezembro do mesmo ano, diminuindo nos meses seguintes.

Tabela 3: Número médio mensal de indivíduos mortos de *Achatina fulica* mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão – DP).

Meses	Isolados	Agrupados
	Media + DP	Media + DP
Maio (2010)	–	–
Junho	0,08 \pm 0,04 ^{a, A}	0,50 \pm 0,71 ^{a, A}
Julho	0,11 \pm 0,06 ^{a, A}	0,38 \pm 0,70 ^{a, A}
Agosto	0,18 \pm 0,09 ^{a, A}	0,25 \pm 0,43 ^{a, A}
Setembro	0,04 \pm 0,02 ^{a, A}	0,25 \pm 0,43 ^{a, A}
Outubro	0,04 \pm 0,02 ^{a, A}	0,13 \pm 0,33 ^{a, A}
Novembro	0,04 \pm 0,02 ^a	–
Dezembro	–	–
Janeiro (2011)	–	–
Fevereiro	–	0,25 \pm 0,43
Março	–	–
Abril	–	0,13 \pm 0,33*
Maio	0,04 \pm 0,02 ^{A*}	0,38 \pm 0,48 ^A
Junho	–	–
Julho	0,09 \pm 0,05 ^A	0,25 \pm 0,43 ^A
Agosto	0,10 \pm 0,05 ^{a, A}	0,38 \pm 0,70 ^{a, A}
Setembro	–	0,33 \pm 0,75 ^a
Outubro	0,05 \pm 0,03 ^A	0,50 \pm 1,12 ^{a, A}
Novembro	0,12 \pm 0,06 ^{a, A}	0,40 \pm 0,49 ^{a, A}
Dezembro	0,67 \pm 0,17 ^b	
Janeiro (2012)	0,29 \pm 0,14 ^a	
Fevereiro	0,33 \pm 0,47 ^a	

^{a, A} Letras minúsculas indicam diferença dentro e letras maiúsculas indicam diferença entre os grupos (Kruskal Wallis, $p < 0,05$). * Maturidade sexual média.

3.3.4. Reprodução: Maturidade sexual, autofecundação, fecundidade, tempo para eclosão, eclodibilidade e efeito do isolamento.

O tempo médio alcance para maturidade sexual entre os tratamentos diferiu estatisticamente ($H=0,68$; $p=0,002$), sendo maior para indivíduos Isolados. Para esses, o tempo mínimo para início da reprodução foi de 9,5 e máximo de 15 meses. Animais Agrupados iniciaram a atividade reprodutiva com tempo mínimo de 9 meses e máximo de 12 meses. Ambos os grupos tiveram seu primeiro evento reprodutivo no mês de abril de 2011. A variação do comprimento da concha e do peso de Isolados e Agrupados durante o período de maturidade sexual pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4: Comprimento da concha e massa corporal na maturidade sexual de moluscos da espécie *Achatina fulica* (com valores mínimo, máximo, média \pm desvio padrão - DP).

	Isolados			Agrupados		
	Mínimo	Máximo	Média \pm DP	Mínimo	Máximo	Média \pm DP
Tamanho na maturidade (cm)	7,0	12,5	7,8 \pm 5,1 ^a	4,8	6,9	3,9 \pm 1,6 ^b
Peso na maturidade (g)	40,57	174,31	47,32 \pm 30,22 ^a	19,48g	37,37g	16,96g \pm 13,38 ^b

^{a,b} Letras diferentes indicam diferença significativa entre os grupos (Kruskal Wallis, $p<0,05$).

A fecundidade foi significativamente maior para Agrupados ($H=0,82$; $p=0,03$). A tabela 5 demonstra o número de ovos por molusco, número de oviposturas por molusco e número de ovos por ovipostura (Tabela 5). Os ovos produzidos pelos animais Isolados não se desenvolveram durante o período de 30 dias de observação e foram, portanto, considerados inférteis ou inviáveis. Em animais Agrupados a taxa de eclosão foi de 36,6% \pm 22,8. Não se observou eclosão nos meses de abril e julho, eclodindo somente cerca de 66% dos indivíduos no mês de maio e 17,1% no mês de junho. O período de incubação dos ovos dos moluscos Agrupados variou de 6 a 20 dias, com tempo médio de 10,8 \pm 4,87 dias. diferindo significadamente o mês de maio e junho, onde em maio o tempo para de eclosão foi maior ($H=1,42$; $p=0,003$).

Tabela 5. Número de ovos por molusco, número de postura por molusco e número de ovos por ovipostura na espécie *Achatina fulica* Isolados e Agrupados (com valores mínimo, máximo, média \pm desvio padrão - DP).

	Isolados			Agrupados		
	Mínimo	Máximo	Média \pm DP	Mínimo	Máximo	Média \pm DP
Número de ovos/molusco	1	20	2,46 \pm 5,05 ^a	0,66	64,6	28,1 \pm 25,5 ^b
Numero de posturas/molusco	1	4	1,53 \pm 0,92 ^a	1	3	1,66 \pm 0,48 ^a
Número de ovos/ovipostura	1	9	1,69 \pm 1,85 ^a	1	194	70,1 \pm 64,7 ^b

^{a,b} Letras diferentes indicam diferença significativa entre os grupos (Kruskal Wallis, $p < 0,05$).

O pequeno número de ovos e a baixa viabilidade observado em animais Isolados na Tabela 5 sugerem que a fecundação não é uma estratégia favorável para a espécie. Indivíduos Isolados tiveram um período significativamente maior de atividade reprodutiva com a realização de oviposturas se estendendo de abril até junho, retornando em agosto e setembro, estacionando novamente e voltando em novembro do mesmo ano. Já Agrupados apresentaram posturas entre os meses de abril e julho de 2011. Apenas foi verificada diferença significativa no número médio de oviposturas entre isolados e agrupados no mês de abril (2011) ($H=0,44$; $p=0,002$), aonde se deu o início da atividade reprodutiva (Gráfico 5). Nos meses de abril e maio verificou-se uma explosão reprodutiva em animais Agrupados.

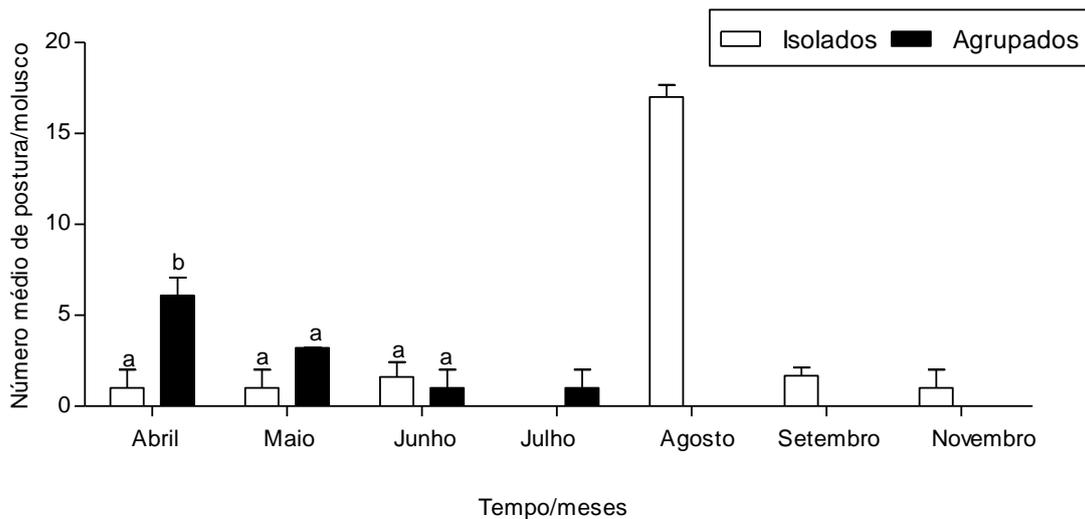


Gráfico 5: Número médio de posturas/molusco em indivíduos isolados e Agrupados de *Achatina fulica* em condições de laboratório no ano de 2011.

^{a,b} Letras diferentes indicam diferença entre os grupos e letras iguais indicam que não houve diferença significativa (Kruskal Wallis, $p < 0,05$).

Quando avaliado o número médio de ovos por postura entre os tratamentos mês a mês foi verificada diferença significativa somente nos meses de abril ($H=1,21$; $p=0,003$) e junho ($H=0,72$; $p=0,001$), sendo em ambos os meses maior para Agrupados (Gráfico 6).

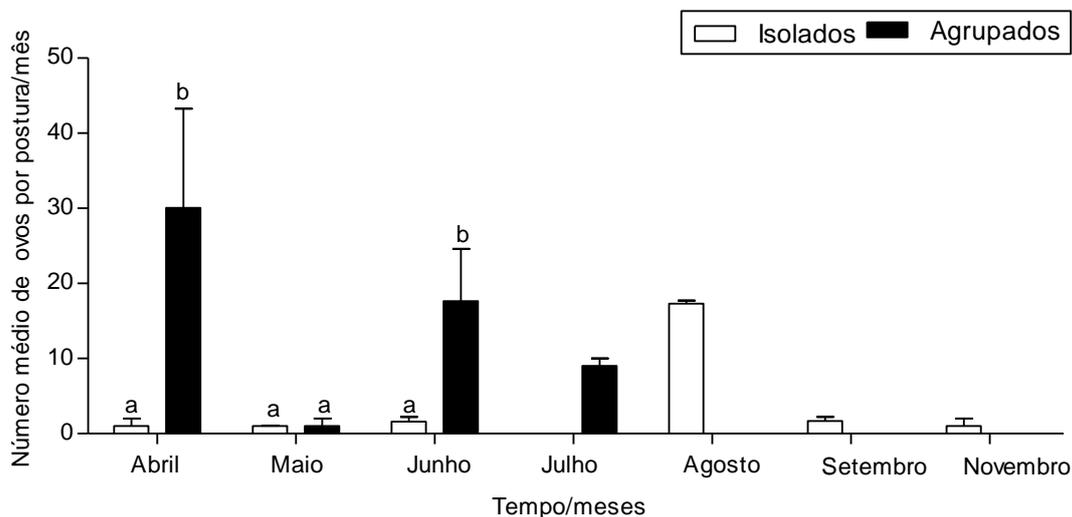


Gráfico 6: Número médio de ovos por postura/molusco em indivíduos isolados e Agrupados de *Achatina fulica* em condições de laboratório no ano de 2011.

^{a,b} Letras diferentes indicam diferença entre os grupos e letras iguais indicam que não houve diferença significativa (Kruskal Wallis, $p < 0,05$).

3.3.5. Preferência de sítio para oviposição

Observou-se também neste trabalho a preferência de realização de oviposturas Enterradas e Expostas no substrato, que foi significativamente diferentes entre os grupos para ambos sítios de ovipostura (Enterradas $H=1,23$; $p=0,004$ e Expostas $H=0,89$; $p=0,03$). Indivíduos Isolados utilizaram mais o sítio sobre o substrato, com cerca de 92% de suas posturas expostas. Para Agrupados registrou-se que 78% das oviposturas foram enterradas.

3.3.6. Influência da temperatura e umidade relativa do ar (URA) sobre os parâmetros de crescimento, reprodução e mortalidade

A temperatura ao longo do trabalho variou de 16 °C a 31°C com média de $23,2 \pm 12,4$ °C e a URA variou de 68% a 96%, com média de $84,5 \pm 70,2$.

A temperatura não influenciou o crescimento médio (Isolados: $t= -2,43$; $p=0,09$; $R^2=1,42$ e Agrupados $t= -2,02$; $p=0,06$; $R^2=1,69$) e a taxa de crescimento (Isolados: $t= -1,23$; $p=0,07$; $R^2=2,46$ e Agrupados: $t= -2,42$; $p= 0,09$; $R^2=1,77$). Resultados semelhantes foram observados em relação ao ganho de massa corporal ao longo do estudo (Isolados: $t=2,56$; $p=0,06$; $R^2=2,12$ e Agrupados $t=-1,89$; $p=0,1$; $R^2=1,88$) e taxa de ganho de peso (Isolados: $t=0,66$; $p=0,07$; $R^2=1,78$ e Agrupados $t=-1,44$; $p=0,3$; $R^2=1,02$). Porém, foi verificada correlação positiva entre a temperatura e mortalidade de moluscos Agrupados ($t=0,63$; $p=0,03$; $R^2=1,43$) (Tabela 6).

A temperatura não exerceu influência sobre a reprodução não sendo correlacionada com o número de oviposturas/molusco (Isolados $t=0,76$; $p=0,52$ e Agrupados $t=2,43$; $p=0,67$) e número de ovos/molusco (Isolados $t=0,56$; $p=0,84$ e Agrupados $t=-0,88$; $p=0,69$). Entretanto, foi observada correlação positiva entre a temperatura e tempo de incubação ($t=1,43$; $p=0,046$) e negativa entre a taxa de eclosão e temperatura ($t=-2,06$; $p=0,007$) (Tabela 6).

A umidade relativa do ar influenciou positivamente o crescimento médio (Isolados: $t=0,73$; $p=0,03$; $R^2=1,88$ e Agrupados: $t=0,82$; $p=0,02$; $R^2=1,46$) e a taxa de crescimento (Isolados: $t=0,65$; $p=0,002$; $R^2=2,06$ e Agrupados: $t=1,57$; $p=0,03$; $R^2=0,76$), verificando-se correlação positiva. Também houve correlação positiva entre a URA e o ganho de massa corporal médio (Isolados $t=1,42$; $p=0,003$; $R^2=0,89$ e Agrupados $t=2,04$; $p=0,02$; $R^2=1,45$) e a

taxa de ganho de peso (Isolados $t=0,82$; $p=0,03$; $R^2=1,44$ e Agrupados $t=2,22$; $p=0,013$; $R^2=0,76$), e mortalidade (Isolados $t=0,72$; $p=0,03$; $R^2=1,67$ e Agrupados $t=1,89$; $p=0,02$; $R^2=1,78$). Não foi verificada correlação significativa da URA ao longo do estudo sob número de oviposturas/molusco (Isolados $t=-1,22$; $p=0,96$ e Agrupados $t=1,22$; $p=0,56$) e para o número de ovos/molusco (Isolados $t=0,92$; $p=0,66$ e Agrupados $t=-0,45$; $p=0,31$). Porém foi identificada correlação significativa e positiva entre a URA e o tempo de incubação ($t=1,33$; $p=0,02$) e taxa de eclosão ($t=0,46$; $p=0,003$) (Tabela 6).

Tabela 6: Correlação entre a temperatura e a umidade relativa do ar e os parâmetros de crescimento, reprodução e mortalidade de *Achatina fulica*.

	Temperatura		Umidade	
	Agrupados	Isolados	Agrupados	Isolados
Crescimento médio	NS	NS	P	P
Taxa de crescimento	NS	NS	P	P
Peso médio	NS	NS	P	P
Taxa de ganho de peso	NS	NS	P	P
Mortalidade	NS	NS	P	P
Número de ovos/molusco	NS	NS	NS	NS
Número de oviposturas/molusco	NS	NS	NS	NS
Tempo de incubação	P		P	
Taxa de eclosão	P		P	

P: correlação positiva; NS: não houve correlação significativa.

3.3.7. Efeito sobre o Metabolismo de Carboidratos

A concentração de glicose na hemolinfa de *A. fulica* diferiu entre Isolados e Agrupados em todas as idades avaliadas, sendo maior para Isolados ($H=1,48$; $p=0,02$), com exceção das idades 8, 9 e 14 meses ($p>0,05$). Para a comparação mês a mês em Isolados verificou-se diferença significativa, onde a concentração de glicose foi aumentando até o

período da primeira ovipostura, diminuindo depois (mês 8: H=2,04; p=0,02, 9: H=0,57; p=0,01, 10: H=1,07; p=0,03, 11: H=0,92; p=0,001, 12: H=0,88; p=0,02, 13: H=2,64, p=0,01, 14: H=2,48; p=0,003). Em indivíduos Agrupados foi observado o mesmo padrão (mês 8: H=1,24; p=0,01, 9: H=0,77; p=0,04, 10: H=2,08; p=0,03, 11: H=1,98; p=0,01, 12: H=0,76; p=0,04, 13: H=1,64, p=0,03, 14: H=1,68; p=0,02). Foi observado concentrações de glicose maiores no período maturidade (Isolados H=1,02; p=0,024 e Agrupados H=0,64; p=0,003) (Tabela 7 e Gráfico 7).

Tabela 7: Concentração de glicose (mg/dL) em diferentes idades de *Achatina fulica* mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média ± desvio padrão – DP).

Meses/Idade	Isolados	Agrupados
	Media + DP	Media + DP
8 (janeiro)	0,21 ± 0,01 ^{b, B}	0,33 ± 0,01 ^{b, B}
9 (fevereiro)	0,31 ± 0,11 ^{b, B}	0,54 ± 0,02 ^{b, B}
10 (março)	0,65 ± 0,01 ^{b, B}	0,57 ± 0,01 ^{b, B}
11 (abril)	5,68 ± 0,03 ^{b, B *}	0,66 ± 0,01 ^{b, B*}
12 (junho)	2,88 ± 0,03 ^{b, B}	0,51 ± 0,02 ^{b, B}
13 (julho)	0,54 ± 0,02 ^{b, B}	0,31 ± 0,01 ^{b, B}
14 (agosto)	0,03 ± 0,02 ^{b, B}	0,19 ± 0,02 ^{b, B}

^{a,A} Letras minúsculas indicam diferença dentro e letras maiúsculas indicam diferença entre os grupos (Kruskal Wallis, p<0,05). * Maturidade sexual média.

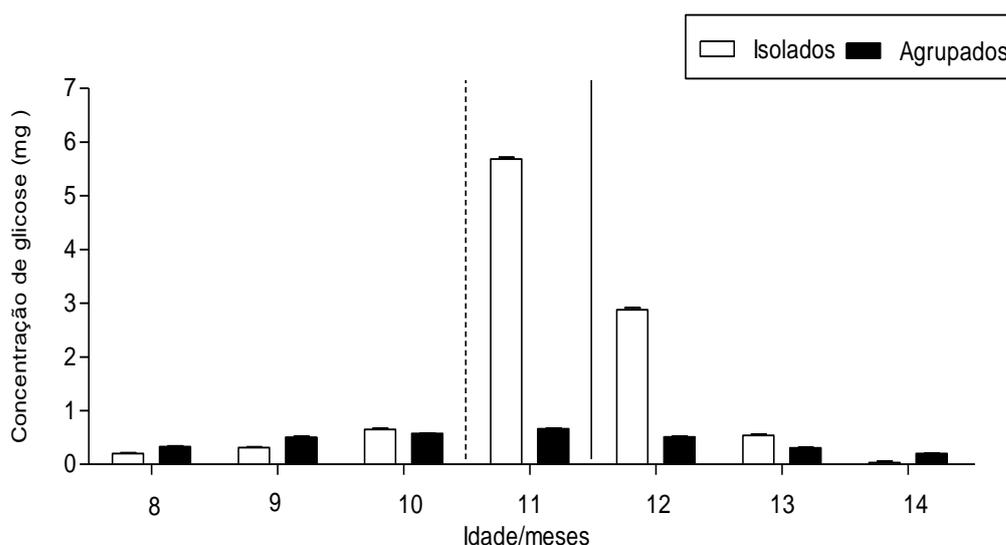


Gráfico 7: Concentração de glicose glândula na hemolinfa (mg/dL) em diferentes idades de *Achatina fulica* mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada em preto corresponde ao tempo de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).

A concentração de glicogênio na glândula digestiva foi significativamente maior para os Isolados nas idades 9 ($H=0,92$; $p=0,01$), 10 ($H=1,44$; $p=0,03$), 11 ($H=1,04$; $p=0,002$), 12 ($H=1,56$; $p=0,03$) e 14 meses ($H=0,73$; $p=0,001$) com exceção da idade 13 ($p>0,05$). Houve diferença estatística quando comparadas as concentrações de glicogênio nesse órgão entre indivíduos Isolados nas idades 9 e 10 ($H=1,66$; $p=0,02$), 11 e 12 ($H=1,87$; $p=0,04$) e 13 e 14 meses ($H=0,66$; $p=0,02$). De maneira diferente, em animais Agrupados não se observou diferença entre na concentração de glicogênio ao longo do tempo ($p>0,05$) (Tabela 8 e Gráfico 8).

A concentração de glicogênio na glândula digestiva no período pré-maturidade não diferiram para Agrupados e Isolados ($H=3,1$; $p=0,08$). Ao contrário, no período pós-maturidade, foi observada maior concentração de glicogênio em animais Isolados ($H=3,85$; $p=0,04$). Avaliando-se as concentrações dentro de cada tratamento pré e após maturidade, foi detectada diferença para Isolados ($H=3,9$; $p=0,002$) e Agrupados ($H=4,5$; $p=0,003$), apresentando mesmo padrão em ambos os períodos (Gráfico 8).

Tabela 8: Concentração de glicogênio na glândula digestiva (g de glicose/tecido, peso fresco) em diferentes idades de *Achatina fulica* mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão – DP).

Meses/Idade	Isolados	Agrupados
	Media + DP	Media + DP
8 (janeiro)	1,32 \pm 0,14 ^{a, A}	1,31 \pm 0,38 ^{a, A}
9 (fevereiro)	1,35 \pm 0,27 ^{b, B}	0,64 \pm 0,18 ^{a, B}
10 (março)	0,91 \pm 0,01 ^{a, B}	0,38 \pm 0,06 ^{a, B}
11 (abril)	0,45 \pm 0,05 ^{b, B*}	0,34 \pm 0,06 ^{a, B*}
12 (junho)	0,34 \pm 0,04 ^{a, B}	0,24 \pm 0,04 ^{a, B}
13 (julho)	0,61 \pm 0,58 ^{b, A}	0,16 \pm 0,01 ^{a, A}
14 (agosto)	0,72 \pm 0,01 ^B	0,09 \pm 0,02 ^B

^{a,A} Letras minúsculas indicam diferença dentro e letras maiúsculas indicam diferença entre os grupos (Kruskal Wallis, $p < 0,05$). * Maturidade sexual média.

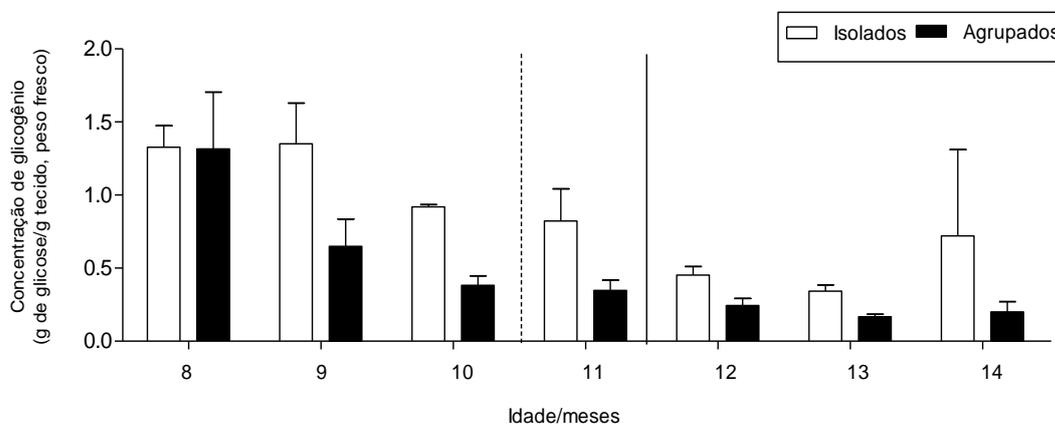


Gráfico 8: Concentração de glicogênio na glândula digestiva (g de glicose/tecido, peso fresco) em diferentes idades de *Achatina fulica* mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada corresponde ao tempo de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).

Na massa cefalopiedosa a concentração de glicogênio foi maior para Isolados, havendo diferença significativa em todas as idades analisadas ($p < 0,05$). Em diferentes idades

em Isolados foram estatisticamente significativas entre os meses 8 e 9, 9 e 10 e 10 e 11 (H=2,02; p=0,003, H=2,65; p=0,02, H=1,88; p=0,03 respectivamente). O mesmo padrão foi observado em Agrupados (8 e 9: H=1,44; p=0,02, 9 e 10: H=1,74; p=0,001 e 10 e 11: H=2,11; p=0,01). Tanto em Isolados quanto em Agrupados foi verificado o declínio da concentração de glicogênio na massa cefalopediosa após o primeiro evento reprodutivo, que se manteve até o fim do período analisado (Tabela 9 e Gráfico 9).

No período de pré-maturidade sexual foi registrada maior concentração de glicogênio na massa cefalopediosa nos moluscos Isolados (H=5,33; p=0,02). Resultado semelhante foi observado para o período pós-maturidade (H=4,58; p=0,03). Dentro do grupo Isolado também houve diferença entre os dois períodos, sendo a maior concentração de glicogênio observada na massa cefalopediosa antes da primeira ovipostura (H=4,5; p=0,03), ocorrendo igualmente em Agrupados (H=3,85; p=0,04).

Tabela 9: Concentração de glicogênio na massa cefalopediosa (g de glicose/tecido, peso fresco) em diferentes idades de *Achatina fulica* mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão – DP).

Meses/Idade	Isolados	Agrupados
	Media + DP	Media + DP
8 (janeiro)	1,42 \pm 0,06 ^{b, B}	0,15 \pm 0,001 ^{b, B}
9 (fevereiro)	1,59 \pm 0,04 ^{b, B}	0,28 \pm 0,01 ^{b, B}
10 (março)	0,77 \pm 0,02 ^{b, B}	0,07 \pm 0,002 ^{b, B}
11 (abril)	0,41 \pm 0,02 ^{b, A*}	0,08 \pm 0,003 ^{b, A*}
12 (junho)	0,35 \pm 0,06 ^{b, A}	0,04 \pm 0,008 ^{b, A}
13 (julho)	0,27 \pm 0,01 ^{b, A}	0,05 \pm 0,008 ^{b, A}
14 (agosto)	0,17 \pm 0,01 ^b	0,06 \pm 0,01 ^b

^{a,A} Letras minúsculas indicam diferença dentro e letras maiúsculas indicam diferença entre os grupos (Kruskal Wallis p<0,05). * Maturidade sexual média.

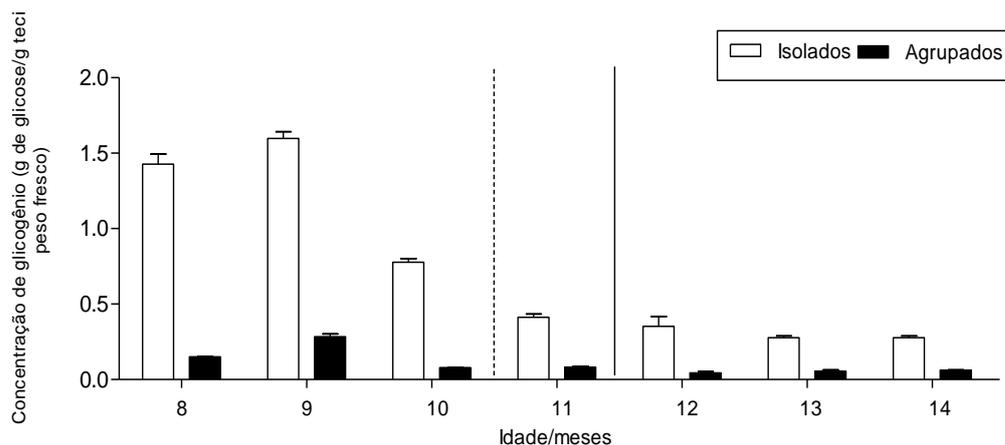


Gráfico 9: Concentração de glicogênio na massa cefalopediosa (g de glicose/g, tecido peso fresco) em diferentes idades de *Achatina fulica* mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada em preto corresponde ao tempo de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).

Foi observada diferença significativa na concentração de galactogênio na glândula de albume de *A. fulica* em cada idade antes e após maturidade sexual entre Isolados e Agrupados na glândula digestiva, com maiores concentrações identificadas para isolados em ambos os períodos (8 meses: $H=1,23$; $p=0,03$, 9: $H=1,02$; $p=0,001$, 10: $H=0,97$; $p=0,04$, 11: $H=1,56$; $p=0,02$, 12: $H=1,74$; $p=0,01$, 13: $H=0,76$; $p=0,03$ e 14: $H=1,32$; $p=0,01$). Em 12 meses entretanto a concentração média de galactogênio foi mais elevada em agrupados ($H=0,69$; $p=0,02$) (Tabela 10 e Gráfico 10). Quando comparada a concentração mensal de Agrupados e Isolados também foi verificada diferença para todas as idades analisadas, com aumento após o primeiro evento reprodutivo ($p<0,05$). Em Agrupados, porém observa-se um pico na concentração do galactogênio, com a diminuição dos valores após a idade 13 meses ($p<0,05$) (Tabela 10). Porém quando comparado antes e após maturidade sexual a concentração de galactogênio foi maior no período pós-maturidade para Agrupados ($H=4,5$; $p=0,032$), ao contrário do observado em Isolados ($H=3,49$; $p=0,62$) que não apresentou diferença significativa. Para a comparação entre o período pré-maturidade ($H=0,74$; $p=0,003$) e pós-maturidade ($H=1,02$; $p=0,04$) entre os grupos também não houve diferença (maior concentração em Isolados) (Gráfico 10).

Tabela 10: Concentração de galactogênio na glândula de albume (g de galactose/g de tecido, peso fresco) em diferentes idades de *Achatina fulica* mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (com valores de média \pm desvio padrão – DP).

Meses/Idade	Isolados	Agrupados
	Media + DP	Media + DP
8 (janeiro)	3,74 \pm 0,05 ^{a, B}	2,27 \pm 0,04 ^{b, B}
9 (fevereiro)	5,34 \pm 0,02 ^{a, B}	4,25 \pm 0,09 ^{b, B}
10 (março)	7,98 \pm 0,22 ^{a, B}	4,28 \pm 0,04 ^{b, B}
11 (abril)	12,05 \pm 0,21 ^{a, B*}	11,13 \pm 0,17 ^{b, B*}
12 (junho)	11,56 \pm 0,11 ^{a, B}	15,46 \pm 0,08 ^{b, B}
13 (julho)	18,81 \pm 0,24 ^{a, B}	10,86 \pm 0,86 ^{b, B}
14 (agosto)	14,10 \pm 0,07 ^a	7,61 \pm 0,06 ^b

^{a,A} Letras minúsculas indicam diferença dentro e letras maiúsculas indicam diferença entre os grupos (Kruskal Wallis, $p < 0,05$). * Maturidade sexual média

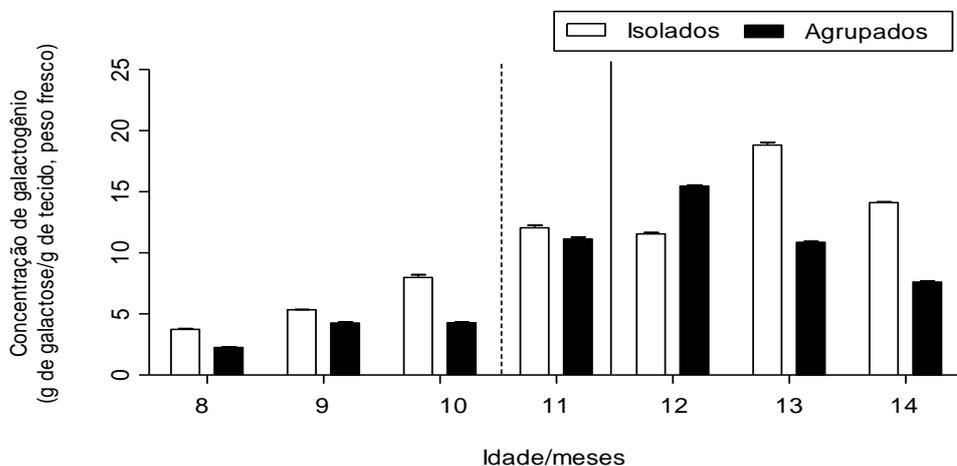


Gráfico 10: Concentração de galactogênio na glândula de albume (g de galactose/g de tecido, peso fresco) em diferentes idades de *Achatina fulica* mantidos Isolados e Agrupados em condições de laboratório (linha pontilhada em preto corresponde ao tempo de alcance da maturidade para Agrupados e linha contínua para Isolados).

3.4. Discussão

Foi verificado que após o primeiro evento reprodutivo o crescimento não cessou, porém houve uma desaceleração tanto no comprimento da concha como no ganho de massa corporal de *A. fulica*. Tais resultados sugerem que o padrão de crescimento apresentado por este gastrópode é do tipo indeterminado. Esse padrão é caracterizado por um investimento energético contínuo no seu crescimento mesmo após o início da produção de ovos. Nossos dados são corroborados por aqueles verificados por RAUT & BARKER (2002) para a espécie *A. fulica* em condições de laboratório, no qual defende este mesmo padrão de crescimento.

O crescimento indeterminado parece ser uma ótima estratégia quando a produtividade de ovos aumenta com o tamanho do corpo (CICON, 1999; D'ÁVILA & BESSA, 2005; SILVA *et al.* 2008; CARVALHO *et al.*, 2009), parecendo ser favorável ao sucesso reprodutivo, uma vez que os indivíduos compensem sua baixa fecundidade em um dado momento, através de uma maior produtividade futura, garantida pelo aumento do tamanho de seu corpo e maior desenvolvimento dos órgãos do aparelho reprodutor (MONTEIRO & KAWANO, 1998; CICON, 1999; HELLER, 2001; FURTADO *et al.*, 2002).

Esse padrão foi relatado para outras espécies de gastrópodes terrestres como observado em *Subulina octona* (Bruguière, 1879) (ARAÚJO & BESSA, 1995; ALMEIDA & BESSA, 2001a, b; D'ÁVILA & BESSA 2005 a,b) e *Leptinaria unilamellata* (d'Orbigny, 1835) (Subulinidae) (CARVALHO *et al.*, 2009), *Bulimulus ternuissimus* (d'Orbigny, 1835) (Bulimilidae) (SILVA *et al.* 2008; 2009), *Bradybaena similaris* (Férussac, 1821) (Bradybaenidae) (JUNQUEIRA *et al.*, 2008), *Achatina (Achatina) achatina* (Linnaeus, 1758) (HODASI 1979, 1982) (Achatinidae) e *Lymnaea columella* (Say, 1817) (Lymninaidae) (SOUZA & MAGALHÃES 2000, GUTIERREZ *et al.* 2001).

O tamanho dos recém - eclodidos, jovens e adultos utilizados nesse estudo estão de acordo com outros autores. CRAZE & MAREOMOOTOO (2002) e TOMIYAMA (2002), que classificaram animais recém-eclodidos medindo até 10 mm, jovens entre 10 e 40 mm, adultos jovens 40 a 70 mm e adultos maiores que 70 mm, entretanto, os autores não informam quanto tempo (dia/mês) os animais levaram para atingir cada classe de tamanho. GHOSE (1959) observou que adultos em oito meses de idades mediam em média 67 mm, filhotes 16,5 mm em 41 dias, jovens 73,8 mm em 95 dias e adulto jovens 81 mm em 111 dias em estudos realizados no Havaí, Estados Unidos. KEKAUOHA (1996), também no Havaí, verificou filhotes de 9,0mm em 35 dias e jovens 74,0mm em 94 dias.

Em relação à taxa de crescimento, GHOSE (1959) observou que jovens crescem em média 11 mm/mês. Porém nesse estudo, *A. fulica* obteve um menor crescimento nas idades estabelecidas, quando comparado aos dados obtidos por esses autores em outros países. TOMIYAMA (1993) no Japão registrou que a taxa de crescimento varia de acordo com a idade dos moluscos. Segundo esse autor a taxa de crescimento (mm/mês) foi de 8,42 para adultos jovens 1,99 para adultos intermediários e 0,45 para adultos senescentes de *A. fulica*. Entretanto, esse autor também não descreve o tempo para o alcance das idades conforme as classes de tamanho por ele definidas. Esses dados são confrontantes aos nossos resultados, onde não se verificou diferença na taxa de crescimento do comprimento da concha e ganho de massa corporal nos períodos pré e pós-maturidade sexual para animais Isolados e Agrupados.

Estudos em campo demonstram discordância entre o comprimento máximo da concha de *A. fulica* pode atingir. Já foram registrados comprimento variando entre 10 a 15 cm (GODAM, 1983; RAUT & GHARA, 1990; CIVEYREL & SIMBERLOFF, 1996; VINCI *et al.*, 1998; GRASE & MAUREOMOOTOO, 2002; COLLEY & FISHER, 2009).

O peso médio dos indivíduos apresentou padrão semelhante ao encontrado para o crescimento. Todavia, os resultados verificados no presente estudo são discordantes aos verificados por outros autores com idades semelhantes. PALHARES & BOSSA (2004) que verificaram peso de 30-35 gramas ao final dos 120 dias e MENDES & MACHADO (1998) verificaram peso médio de 20 g com a mesma idade, confrontando com 40g encontradas no presente estudo. Já ALBUQUERQUE *et al.* (2009) relataram que os animais que apresentaram comprimento de concha de 0,6 cm pesavam menos de um grama, e quando com 9,5 cm de comprimento pesavam cerca de 100 gramas, porém esses autores não relatam a idade dos moluscos. No presente estudo observamos que animais com comprimento médio da concha de 9,4cm apresentaram peso médio de 85,5 gramas, com o peso máximo observado de 122,7 gramas. Segundo GODAN (1983) o molusco pode chegar a pesar até 200 gramas.

O isolamento influenciou o crescimento de *A. fulica*, sendo que Isolados atingiram tamanho e peso maiores que agrupados durante todo o período estudado. Outras espécies de gastrópodes terrestres como *B. similaris* (ALMEIDA & BESSA, a 2001; CARVALHO *et al.*, 2008) e *L. unilamellata* (ALMEIDA & BESSA, b, 2001), *B. tenuissimus* (SILVA *et al.*, 2008), *Theba pisana* (Muller, 1774) (Thebaidae) (LAZARIDOU-DIMITRIADOU & DAGUZAN, 1981), mantidos em condições laboratoriais, também apresentaram maior crescimento nos indivíduos isolados do que agrupados. Os resultados obtidos demonstram, portanto, que o crescimento de *A. fulica* é dependente da densidade populacional.

Outros autores já verificaram que a densidade populacional pode exercer forte influência sobre o crescimento, mortalidade e reprodução de várias espécies de molusco, resultando desta forma, no retardo do crescimento e na baixa fecundidade DAN & BAILEY (1982) e CHASE (1988). Para *A. fulica* foi observada a influencia negativa densidade populacional sobre aspectos biológicos da espécie. Foi sugerido que tais efeitos se devem à diminuição de consumo alimentar, mesmo que o alimento seja em excesso e também devido a outros fatores como a disputa por território (SIDEL'NIKOV & STEPANOV, 2000; RAUT & BARKER, 2002; IRELAND, 1991; SOARES *et al.*, 1999; HAYASHI *et al.*, 2000; FISHER & COLLEY, 2005; SOARES *et al.*, 2008).

Assim, é possível sugerir que Isolados obtiveram um maior crescimento, por não haver outro competidor por espaço ou alimento em seu terrário. Alguns autores relacionam a produção de muco como importante fator inibitório do crescimento do molusco, por apresentar na sua composição feromônios que modulariam negativamente este comportamento (PEARCE, 1978; EGONMWAN, 1991).

O crescimento da concha ocorre primeiro do que o crescimento da massa corporal, devido a necessidade de espaço para que os tecidos moles possam crescer de fato. Inicialmente a massa corporal aumenta por acúmulo de líquido, representando um crescimento desta, e somente depois se dá o crescimento somático com o crescimento efetivo dos tecidos. O mesmo pode ser observado em moluscos parasitados que desenvolvem o gigantismo, quando analisamos a massa seca desses animais, não é verificada diferença significativa entre eles, ocorrendo o crescimento da concha, porém não há tempo hábil para que os tecidos acompanhem este aumento, havendo apenas acúmulo de líquido nestes tecidos. Este fato poderia explicar o aumento do tamanho da concha se dar primeiro ao ganho de massa corporal.

Deve-se levar em consideração também, que os moluscos tratados como Isolados possuem um suprimento de nutrientes exclusivo, assim, quando chega a fase de seu ciclo de vida aonde há necessidade de um maior investimento energético em processos biológicos, como a reprodução e o crescimento, esses animais podem obter esses recursos de uma forma muito mais eficiente do que os tratados como Agrupados, aos quais têm que disputar por nutrientes e espaço físico com seus co-específicos. Desta forma, fica evidente quando comparamos a taxa de crescimento e o ganho de massa corporal com os dados referentes as concentrações dos substratos energéticos de glicose e glicogênio.

Segundo TOMPSON e LEE (1986), a concentração de glicose encontrada na hemolinfa dos moluscos é regulada principalmente pelo sistema neuro-endócrino, assim, podemos esperar que alterações significativas neste parâmetro só ocorram em situações onde há grande demanda de energia, como podemos verificar aos 11 meses de idade para os moluscos Isolados. Nesta mesma idade, é observado um ganho de massa corporal efetivo nos moluscos, aonde a concentração de glicose aumenta na hemolinfa por suprir a demanda energética dos demais tecidos, conseqüentemente com a redução na concentração de glicogênio na glândula digestiva, recurso que é destinado para suprir a demanda energética geral do organismo do animal.

Moluscos Isolados não possuíam a necessidade de disputar pelo espaço físico, desta forma, apresentando um tamanho e massa corporal maior, se deslocando mais para explorar o território e obter alimento, assim fazendo com que o glicogênio da massa cefalodepiosa, cuja função é suprir a demanda energética associada ao deslocamento passe a ser consumido em maior escala, reduzindo desta forma, a partir do 10º – 11º mês de idade em diante.

Verifica-se claramente um padrão fisiológico para os animais Isolados, diferindo-se totalmente do observado para Agrupados.

Quando comparados os gráficos 8 e 12, podemos observar uma relação inversa entre o número de ovos e o conteúdo de galactogênio, aonde o maior número de ovos produzidos, está levando a um maior acúmulo de galactogênio no seu interior para a formação do fluído polivitelínico.

Outra hipótese é que indivíduos Isolados preferiram esperar o aparecimento de um parceiro sexual, investindo neste tempo no crescimento, sendo favorável o maior tamanho para uma maior produção de ovos futura, apresentando um tempo maior para alcance da maturidade.

Deve-se também levar em consideração que o processo de autofecundação é um investimento energético muito caro, outro motivo para o animal esperar o aparecimento de um parceiro sexual, e direcionar seus recursos para outras funções biológicas.

No início da atividade reprodutiva o comprimento da concha de Isolados mostrou-se significativamente maior que Agrupados. O tamanho na maturidade de animais Isolados (51-78) foi semelhante ao verificado por LANGE (1950) que observou em condições laboratoriais molusco entre 57-88 mm no primeiro evento reprodutivo. O tamanho de concha de Agrupados, entretanto, foi menor que o encontrado em outros autores. FISHER & COLLEY (2004) encontraram em campo animais reprodutivos com 34 mm de comprimento da concha.

TOMIYAMA & MIYASHITA (1992) encontraram indivíduos da espécie em maturidade sexual com tamanho do comprimento da concha entre 40,2 e 76,2 mm. Dados sobre o peso de *A. fulica* durante o período de maturidade sexual não foram encontrados na literatura.

O agrupamento favoreceu o alcance da maturidade sexual com média de 10 meses na espécie. Outras espécies de moluscos terrestres também apresentaram menor tempo alcance da maturidade sexual em animais agrupados (ALMEIDA & BESSA, 2001; SILVA, 2008).

Diferente do observado no presente estudo, PAWSON & CHASE (1984), observaram que *A. fulica*, em condições laboratoriais, atinge maturidade sexual aos quatro meses de desenvolvimento. Segundo dados do Ministério da Saúde (BRASIL, 2008), *A. fulica* em campo iniciou a atividade reprodutiva se inicia entre quatro e cinco meses de vida em condições de campo. FERRAZ (1999) verificou de que o início da oviposição se dá entre cinco e seis meses em condições de campo. Trabalhos realizados nos Estados Unidos são conflitantes. GHOSE (1959) e MEAD (1961) verificaram que a atividade reprodutiva acontece entre seis e nove meses de idade enquanto KONDO (1964) registrou quatro meses e LANGE (1950) um ano para início da reprodução.

Observa-se, portanto, que os dados referentes ao início da atividade reprodutiva em *A. fulica* mostram variações, tanto em condições laboratoriais, quanto em condições de campo. Segundo SIMBERLOFF & GIBBONS (2004), o tempo necessário para o início da atividade reprodutiva de *A. fulica* pode variar de acordo com condições estressantes, como redução de recursos alimentares, densidade populacional e fatores climáticos. Deste modo, atingindo a maturidade com menor tamanho, comprometendo seu sucesso reprodutivo (COWIE, 1998).

Foi observado mais de um evento reprodutivo para *A. fulica* em para ambos os grupos. Em indivíduos Agrupados houve a produção de ovos contínua, em um curto período de tempo, ao contrário de Isolados. Em Agrupados, a fecundidade (número de ovos por moluscos) foi maior que Isolados. Outros trabalhos já demonstraram o aumento da fecundidade em moluscos terrestres como *B. ternuissimus* (SILVA *et. al.* 2008) e *B. similaris* (ALMEIDA & BESSA, 2001) observaram que *A. fulica* pode realizar de duas a 13 oviposturas ao ano. Segundo esses autores, a espécie pode realizar de cinco a seis oviposturas por estação com intervalos de um mês aproximadamente, produzindo de 13 a 442 ovos, durante toda sua vida. Já TOMIYAMA & MIYASHITA (1992) verificaram que *A. fulica* pode colocar de 13 a 137 ovos por posturas, aproximando-se mais de nossos resultados.

Segundo IBAMA (BRASIL, 2006), a espécie pode realizar ate cinco posturas ao ano, com 50 a 400 ovos por postura em condições de campo. VASCONCELLOS & PILLE (2001)

através de um estudo também realizado em campo, (Rezende, Rio de Janeiro), também relataram que o molusco pode realizar até cinco posturas, com cerca de 300 ovos cada. Em condições de laboratório, os moluscos produziram em média 99 ovos por postura (FISHER & AMADIGI, 2010). Outro estudo em mesma condição obteve de 130 a 243 ovos, com média de 205 ovos/postura (FRANCO & BRANDOLINI, 2007).

Para TOMIYAMA (1992), as condições laboratoriais podem limitar a oviposição do animal, principalmente se as condições climáticas, como temperatura e umidade relativa do ar forem mantidas constantes. NERING *et al.* (2004) observou que em condições de laboratório (Curitiba, Paraná) no primeiro ano os moluscos realizaram apenas uma postura, porém nos anos seguintes foram obtidas de 49 a 90 posturas. Observa-se também o aumento do número de ovos de postura até o terceiro ano de vida e então começa a decair (RAUT & BARKER, 2002).

Diferente do verificado em outros trabalhos, a taxa de eclosão observada em nosso trabalho foi baixa. FISHER & AMADIGI (2010) em condições de laboratório verificaram que ecolodibilidade foi cerca de 90%. Resultados similares foram obtidos por PAWSON & CHASE (1984) e TOMIYAMA & MIYAMASHITA (1992), com eclodibilidade de 85% a 95% dos filhotes.

Apesar de terem realizado oviposturas, os ovos provenientes de parentais Isolados não se desenvolveram, estando estes inférteis, considerando deste modo. Assim, a capacidade de se reproduzir através de autofecundação não foi confirmada para *A. fulica* no presente estudo. Poucos autores consideram que a espécie realiza autofecundação, sendo relatada ovipostura de poucos ovos, em torno de 10, sendo muitos destes estéreis, e os recém-eclodidos sem sucesso de sobrevivência (MEAD, 1961, 1979). Do mesmo modo, PAWSON & CHASE (1984) verificaram que ovos não fecundados haviam sido colocados por *A. fulica* em condições de isolamento estando de acordo com os resultados obtidos. A ocorrência autofecundação é variável para moluscos terrestres apesar. Em algumas espécies foi registrada a capacidade de realizar autofecundação, porém com redução do sucesso reprodutivo (ALBUQUERQUE DE MATOS, 1989; BAUR *et al.* 1998; ALMEIDA & BESSA, 2001; SILVA *et al.* 2008).

Segundo TOMIYAMA (2002) o sucesso reprodutivo de *A. fulica* se deve principalmente na cópula recíproca, onde ambos animais são fecundados e a variabilidade genética é maior. O hermafroditismo simultâneo é favorecido por uma combinação de custos

baixos e oportunidades limitadas para ganhos em sucesso reprodutivo através da função masculina (CHARNOV, 1979).

Deve-se também levar em consideração que o processo de autofecundação é um investimento energético dispendioso, outro motivo para o animal esperar o aparecimento de um parceiro sexual, e direcionar seus recursos para outras funções biológicas.

Os resultados obtidos demonstraram o aumento na concentração de galactogênio nos meses referentes a atividade reprodutiva para ambos os grupos, porém apenas nos Agrupados tenha se observado uma redução dessa reserva após o início da liberação de ovos. Assim, conclui-se que Isolados não utilizaram o galactogênio durante a reprodução, devido ao insucesso na fertilização. Outro fator que pode ter influenciado a eclodibilidade dos ovos de Isolados e Agrupados é o fato de terem exibido o comportamento de oviposição sobre o solo, deixando assim, seus ovos mais desprotegidos, mais susceptíveis a mudanças de temperatura e umidade do ar, ou até mesmo ao contato mecânico do animal com estes ovos. Ao contrário Agrupados tiveram um cuidado maior, exibindo o comportamento normal, já observado por outros autores para a espécie, enterrando seus ovos, assim estando protegidos pela umidade da terra e de seu muco (MEAD, 1961; RAUT & BARKER, 2002, COLLEY & FISHER, 2009). O cuidado maior de indivíduos Agrupados com seus ovos também pode ocorrer devido ao canibalismo de seus co-específicos, o que não ocorreria em Isolados.

Segundo FRANCO & BRANDOLINI (2007) em condições naturais, quando verificado que o solo estava compactado, *A. fulica* não apresentou o comportamento de escavação, realizando suas posturas sobre o solo. Porém deve se ressaltar que não foi o caso deste trabalho. Outros autores observaram outra importância do enterramento dos ovos, uma vez que os recém-eclodidos permanecem enterrados nas semanas iniciais do seu desenvolvimento para se protegerem, devido a concha frágil e ao corpo semitransparente, se protegendo de predadores, substâncias como moluscidas, e dos raios solares (RAUT & BARKER, 2002).

Os ovos e os recém-eclodidos possuem baixa resistência a manipulação, mudança de substrato, temperatura, sendo considerado um período crítico para o desenvolvimento de *A. fulica* (RAUT & BARKER, 2002; FISHER & COLLEY, 2004, FISHER, 2009). Segundo TOMIYAMA & YAMASHITA (1998) a forma com que os moluscos depositam os ovos também é uma estratégia para sua proteção, onde os ovos da porção superior fornecem proteção aos demais.

O tempo para eclosão de jovens em *A. fulica* observado no presente estudo está de acordo com o verificado em outros estudos. RAUT & BARKER (2002), nos Estados Unidos obtiveram tempo médio para eclosão dos ovos é de 14 dias. Já NISBET (1974) em mesma localidade, verificou que tempo para eclosão era entre quatro e 10 dias.

Alguns autores através de estudos de marcação e recaptura em campo verificaram que *A. fulica*, em outros países e no Brasil, pode viver entre cinco e nove anos, porém esses dados são conflitantes. O principal conflito está na inclusão e não do tempo de estivação na contagem da longevidade do animal (MEAD, 1961; KONDO, 1964; MEAD 1969; FERRAZ, 1999; RAUT & BRAKER, 2002). Porém em laboratório observamos um tempo de vida mais curto, mas vale ressaltar que no laboratório as condições de alimentação e umidificação do substrato são constantes e os animais não passaram por períodos de estivação.

Segundo ZERA & HARSHMAN (2001) a mortalidade se torna mais evidente em relação à idade dos indivíduos, sendo mais evidente em recém-eclodidos e adultos senescentes. Porém em nosso estudo a mortalidade foi semelhante nas fases pré e pós-maturidade. Entretanto, o agrupamento mostrou-se negativo durante a estação chuvosa. Na estação chuvosa os animais são mais ativos o que pode ter ocasionado aumento da competição por alimento e de espaço o que pode ter refletido em maior mortalidade.

Durante a vida do animal existe a necessidade do direcionamento de energia para os diferentes parâmetros do ciclo de vida, sendo a reprodução um momento decisivo na sobrevivência do animal. O isolamento também influenciou na reprodução de *A. fulica*, modificando sua estratégia de alocação de recursos, obtendo maior longevidade relacionada ao não esgotamento das reservas com a reprodução, maior crescimento e baixa fecundidade em relação aos Agrupados. A plasticidade de ciclo de vida já foi observada em outros moluscos terrestres por efeito do isolamento (SILVA *et al.*, 2013) e condições ambientais (HELLER, 1982; HELLER, 1990; COWIE, 1984, STAIKOU, 1998).

A análise de carboidratos ao longo das fases pré e pós-maturidade sexual foram coerentes com a atividade reprodutiva. Como esperado no período de pré-maturidade sexual, as concentrações de glicose e glicogênio foram maiores, enquanto foi verificada baixa concentração de galactogênio, caracterizando a fase jovem, onde os recursos energéticos eram somente direcionados para o seu crescimento e sobrevivência. Já na fase adulta, se verificou o deslocamento energético do crescimento para a reprodução, com redução na síntese de glicogênio na glândula digestiva, aumento deste na massa cefalopediosa e aumento e galactogênio, para ambos tratamentos. Autores observaram um padrão similar de alocação de

energia em diferentes fases de desenvolvimento de *L. unilamellata* (CARVALHO *et al.*, 2009) e *B. tenuissimus* (SILVA *et al.*, 2013). Segundo GERAERTS (1992) as reservas de glicogênio e galactogênio são as maiores fontes de energias utilizadas na reprodução dos moluscos. O aumento da reserva de glicogênio também está relacionado a uma diminuição da glicose na hemolinfa (PINHEIRO, 1996).

Achatina fulica apresentou crescimento indeterminado, significando que apesar do direcionamento de glicogênio para a reprodução, pequena parte ainda era usada para o crescimento dos músculos e sobrevivência. RAVEN (1956) e McMAHON (1957) observaram um aumento de glicogênio nos tecidos durante o desenvolvimento do molusco. Segundo NORTON & BROSON (2005) apesar dos conflitos energéticos esta estratégia não afeta a capacidade reprodutiva do animal, sendo esta compensada pelo aumento do número de ovos. SILVA (2009) verificou que em moluscos senescentes da espécie *B. tenuissimus* a concentração de glicogênio e galactogênio tornam muito reduzidas e sugere que os animais a utilizem apenas para manutenção das funções orgânicas com interrupção do crescimento e reprodução. A redução desses dois parâmetros também foi observado para *A. fulica* no presente estudo.

Conforme a produção de ovos, o galactogênio tende a diminuir e depois aumentar novamente antes do próximo evento reprodutivo, deste modo o animal consegue manter energia para sua sobrevivência (ROSA *et al.*, 2004). Em nosso estudo houve o aumento deste carboidrato, porém não observamos um declínio na concentração deste carboidrato após a primeira postura de ovos, devido a continuidade de oviposturas nos meses seguintes tanto em Isolados como em Agrupados. Esse carboidrato constitui uma reserva utilizada principalmente como fonte energética para formação do fluido perivitelínico, que possui a função de nutrir o embrião durante o desenvolvimento (TOMPA, 1984; HORSTMANN, 1956).

De acordo com HYMAN (1967) e COOK (2001), entre os fatores que regulam o ciclo de vida dos pulmonados, a temperatura e a URA são os mais decisivos. Muitos moluscos terrestres diante de condições adversas param de alimentar-se, entrando em estivação, ou diminuem seu consumo alimentar e, assim, crescem lentamente, ou acabam morrendo (MICHELSON, 1961; NISBET, 1974; GHOSE, 1963; HYMAN, 1967; RAUT & GHOSE, 1986; QUIJON *et al.*, 2001; FURTADO *et al.* 2004, SULIKOWSKA-DROZD, 2005; HORNY *et al.*, 2005). De maneira geral, a influência da temperatura foi pequena para *A. fulica*, porém a URA influenciou em mais aspectos de sua biologia como mortalidade, crescimento, ganho de massa e reprodução, considerando então, a URA o fator abiótico que

mais influencia a biologia de *A. fulica* em condições laboratoriais. ALBUQUERQUE *et al.* (2009) observaram que a temperatura, umidade e precipitação pluviométrica influenciaram tanto o crescimento, quanto o peso e a densidade populacional de *A. fulica* coletados em campo. A influência desses fatores abióticos no crescimento e mortalidade pode ser observar para outras espécies de moluscos como *S. octona* (D'ÁVILA & BESSA, 2005) e *Succinea putris* (Linnaeus, 1758) (DATKAUSKIENE, 2005).

Segundo FISHER (2009) os ovos de *A. fulica* são pouco resistentes a alterações climáticas, sendo susceptíveis a baixas temperaturas e favorecidos pela alta umidade do ar. NUMATA *et al.* (2007) também observaram que a temperatura e a umidade influenciaram na eclodibilidade dos ovos de *Lehmannia valentiana* (Férussac, 1823), ocorrendo acima de 85% UR e entre 15°C e 20°C. NISBET (1974) verificou que a temperatura e umidade também influenciaram na eclodibilidade dos ovos de *A. fulica*, *Archachatina marginata* (Swainson, 1821), *Achatina achatina* (Linné, 1758) e *Achatina phantera* (Férussac, 1832).

Achatina fulica é considerada uma espécie r-estrategista segundo RAUT & BARKER, (2002) e TOMIYAMA (2002), característica comum em espécies invasoras (RICKFLES, 2001). Neste estudo a espécie também se comportou de tal maneira, apresentando crescimento indeterminado, taxa de eclosão baixa, poucos eventos reprodutivos, muitos ovos por ovipostura, com uma explosão reprodutiva nos primeiros eventos.

MEAD (1979) no Haváí observou que a temperatura mínima tolerável para o desenvolvimento normal de *A. fulica* é de 9°C mínima e máxima de 29°C, com temperatura ideal de 26°C. Segundo RAUT & GHOSE (1977), na Índia verificaram que animais resistiam a temperaturas mínimas de 0°C e ovos 15°C, e temperatura máxima de 45°C. Para este mesmo autor a umidade deveria se manter acima de 58% para que o animal não entrasse em estivação. Já RAUT & BARKER (2002) também na Índia, verificou que para que animais não exibissem o comportamento de estivação a umidade deveria estar maior que 65%. Um estudo realizado em Londres mostrou que *A. Fulica* vive bem em condições de temperatura entre 23°C e 28°C, com temperatura ideal de 25°C (NISBET, 1974).

3.5. Conclusão

Podemos observar através deste estudo que *A. fulica* apresentou características comuns observadas em gastrópodes terrestres em condições de laboratório, tais como crescimento

indeterminado e influencia da densidade na sua biologia. A espécie também se comportou como r-estrategista, apresentando baixa taxa de eclosão, poucos eventos reprodutivos, muitos ovos por ovipostura e uma explosão reprodutiva nos primeiros eventos. A autofecundação não se mostrou uma estratégia favorável para *A. fulica*, não havendo fecundação dos ovos. A espécie se demonstrou ovípara. Sugere-se que as condições utilizadas podem ter influenciado em outros aspectos, como a estivação que não foi observada e a mortalidade da espécie, já que outros estudos apontam maior longevidade do animal. As características observadas na história de vida de *A. fulica* em condições de laboratório são importantes para subsidiar estudos sobre as características da população, manejo e controle da espécie.

4. ETOGRAMA BÁSICO, HORÁRIO DE ATIVIDADE E ASPECTOS COMPORTAMENTAIS COMPARADOS E INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS EM JOVENS E ADULTOS DE *Achatina fulica* BOWDICH, 1822 (GATROPODA: ACHATINIDAE).

4.1. Introdução

A introdução de espécies exóticas é considerada a segunda maior causa de extinção de espécies, o que afeta diretamente a biodiversidade (CORADIN & TORTATO, 2006). *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) é nativa da região leste-nordeste da África (VASCONCELLOS & PILE, 2001), sendo atualmente considerada uma das 100 piores espécies invasoras no mundo (ALOWE *et al.* 2004).

Nas áreas onde foi introduzida, *A. fulica* se tornou um sério problema ambiental, principalmente devido à sobreposição de nichos, competindo por alimento e espaço para reprodução com a fauna nativa (ESTON *et al.*, 2006; COLLEY & FISHER, 2009). O impacto causado por espécies invasoras evidencia a ineficiência na prevenção, detecção e controle das invasões (BYERS *et al.* 2002).

Fatores bióticos como densidade populacional (COWIE, 1998; SIMBERLOFF & GIBBONS, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2008), presença de predadores (SCHILTHUIZEN *et al.*, 2006; HASEGAWA & SATO, 2009) e disponibilidade de alimento (PESCHEL *et al.*, 1996; MARTELL *et al.*, 2002; ALBURQUEQUE *et al.*, 2008) e também fatores abióticos, como temperatura (COOK, 2001; UDAKA *et al.*, 2007), umidade (MARTIN & SOMMER, 2004; D'ÁVILA *et al.*, 2006) e fotoperíodo (ALMEIDA & BESSA, 2001; JUNQUEIRA *et al.*, 2003; LUSTRINO *et al.*, 2010), afetam a fisiologia e o comportamento dos moluscos.

Estudos comportamentais de *A. fulica* já foram desenvolvidos por vários autores que avaliaram principalmente aspectos reprodutivos como oviposição (TOMIYAMA & MIYAMASHITA, 1992; TOMIYAMA, 2002; 2004) e acasalamento (FISHER & AMADIGI, 2010), alimentação (MEAD, 1961; RAUT & CHOSE, 1983; CAREFOOT & SWITZER-DUNLAP, 1989; RAUT & BARKER, 2002; FISHER *et al.*, 2008), forrageio (TOMIYAMA & NAKANE, 1993), horário de atividade (SANTOS, 1982), comunicação química (CHASE & BOULANGER, 2004; LORENZI & MARTINS, 2008), agregação (CHASE *et al.*, 1980),

deslocamento (NAOKUNE & OZAKI, 1986; SIMIÃO & FISHER, 2004) e sítio de repouso (FISHER, 2009).

Entretanto, são poucos os trabalhos que avaliam alterações comportamentais de moluscos de diferentes classes etárias em laboratório. Tais estudos podem contribuir para a elaboração de estratégias de controle eficientes (BESSA & ARAÚJO, 1995; JUNQUEIRA *et al.*, 2003; D'ÁVILA & BESSA, 2005a,b).

Assim, o objetivo deste estudo foi elaborar o etograma básico de adultos de *A. fulica* e comparar a atividade de jovens e adultos dessa espécie através da quantificação da frequência dos atos comportamentais exibidos. Foi avaliada também influência da temperatura e umidade relativa do ar na atividade de jovens e adultos.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Moluscos

Os moluscos utilizados nesse foram obtidos de criações matrizes e acondicionados e alimentados conforme o descrito no Capítulo 3.

4.2.2. Etograma básico

Para elaboração do etograma básico da espécie, 15 moluscos adultos foram distribuídos em grupos de cinco moluscos/grupo (com três repetições). Os animais foram agrupados três dias antes das observações nos seus respectivos grupos para aclimação.

Foram feitas observações durante 24 horas consecutivas utilizando o método de varredura “*Scan Sample*” (ALTMANN, 1974), com intervalos de 20 minutos.

As observações durante o período de escotofase foram realizadas utilizando uma lanterna envolvida com papel celofane vermelho, na tentativa de diminuir a interferência sobre o comportamento dos animais. Os atos comportamentais observados foram adaptados dos descritos por JUNQUEIRA *et al.* (2004) (Tabela 1).

Para verificação do horário de atividade os períodos de atividade e repouso foram comparados durante a fotofase e escotofase e expressados em número médio (média \pm desvio padrão). Os comportamentos exibidos foram expressados em frequência.

4.2.3. Comparação comportamental entre jovens e adultos

Para essa análise os moluscos também foram distribuídos em grupos de cinco moluscos/grupo (com três repetições para cada idade). Apenas foram realizadas observações durante a escotofase (de 19:00 horas a 07:00 horas), período de maior atividade para a espécie. As observações comportamentais foram feitas conforme citado anteriormente durante três dias consecutivos, totalizando 36 horas. Os animais foram agrupados três dias antes das observações nos seus respectivos grupos para aclimação.

Os atos comportamentais foram registrados para ambas as idades e expressados em número médio (média \pm desvio padrão). Os atos comportamentais alimentar, deslocar e explorar foram comparados.

4.2.4. Influência da temperatura e umidade relativa do ar sobre a atividade de jovens e adultos

As observações foram realizadas em condições naturais de temperatura, umidade relativa do ar. Para avaliar a influencia da temperatura (T°C) e umidade relativa do ar (URA) sobre os atos comportamentais dos moluscos (jovens e adultos), tais observações foram realizadas sob condições controladas desses fatores.

4.2.5. Análise estatística

Para as comparações entre atividade e repouso e entre as frequências dos atos comportamentais, considerando os diferentes grupos de faixa etária, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Student-Newman-Keuls.

Para avaliar a influência da temperatura e umidade relativa do ar sob a atividade dos animais foi somado a média de todos os intervalos de observação ao longo das 36 horas e utilizado o teste de Regressão Linear Simples. Todas as análises foram realizadas no software BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007), com nível de significância de 5%.

Tabela 11: Caracterização dos atos comportamentais de *Achatina fulica* jovens e adultos em condições de laboratório.

Categoria comportamental	Caracterização
Atos que caracterizam repouso	
Repousar Total	O molusco permanece imóvel na superfície do substrato, na parede do terrário ou na tampa, sobre algum objeto ou enterrado (pote de ração).
Repouso Horizontal	O molusco permanece imóvel na superfície do substrato, ou na tampa ou ainda sobre algum objeto (pote de ração).
Repouso Vertical	O molusco permanece imóvel na parede do terrário.
Enterrado	Condição onde o molusco permanece enterrado no solo.
Atos que caracterizam atividade	
Deslocar Total	O molusco se movimenta no substrato ou na parede do terrário, por vezes realizando movimentos laterais com a cabeça.
Deslocar Horizontal	O molusco se movimenta no substrato, por vezes realizando movimentos laterais com a cabeça.
Deslocar Vertical	O molusco se movimenta na parede do terrário, por vezes realizando movimentos laterais com a cabeça.
Enterrando	O molusco posiciona seu corpo formando um ângulo agudo com o substrato, empurrando a terra com a região anterior do corpo. Neste movimento os tentáculos permanecem retraídos.
Explorar	O molusco ergue a região anterior do corpo exibindo movimentos laterais, ascendentes e descendentes e movimentação dos tentáculos.
Alimentar	Este comportamento pode ser exibido tanto no repouso quanto no deslocamento. O molusco toca o alimento com os tentáculos posteriores, ergue a cabeça e toca novamente com a superfície anterior da cabeça, movimentando os tentáculos para cima e para baixo. Pega uma porção de alimento e apresenta movimentação da boca e palpos orais.
Defecar	O molusco elimina seus excretas através do gonóporo, estando em movimento, repouso ou enterrado.
Emergir	Em condições de enterramento, o molusco ergue seu corpo para fora da concha, deslocando a terra que o recobre e movimentando-se em direção à superfície do substrato.
Interagir	O molusco apresenta um comportamento exploratório, movimentando seus tentáculos em direção ao corpo dos seus co-específicos, tocando-os ou mesmo subindo na sua concha.

4. 3. Resultados

4.3.1. Etograma básico

A espécie apresentou comportamento noturno sendo a atividade maior durante esse período ($t=11,50$; $p=0,001$). Durante a fotofase o repouso foi maior ($t=12,00$; $p=0,001$) (Gráfico 11). Foram considerados todos os atos referentes ao repouso total para esta análise.

Foram observados os seguintes atos: repouso total (repouso vertical e repouso horizontal), deslocamento total (deslocamento vertical e deslocamento horizontal), enterrado, enterrando, explorar, alimentar, defecar, emergir e interagir. O gráfico 12 mostra a frequência de cada ato comportamental.

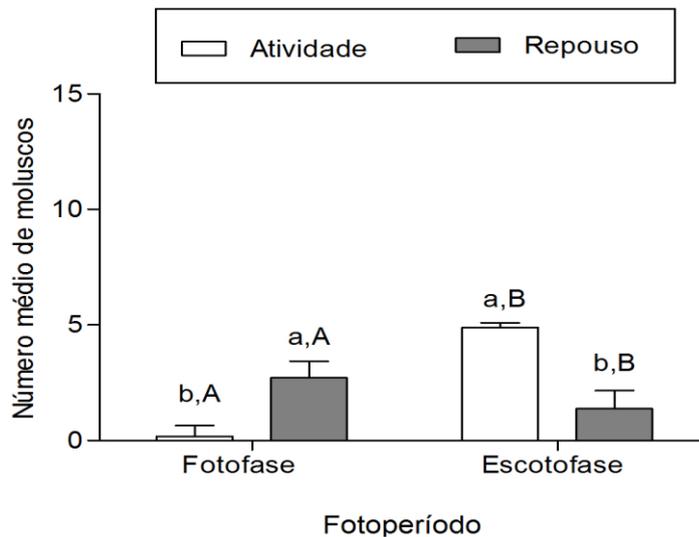


Gráfico 11: Comparação entre a atividade e repouso de *Achatina fulica* durante a fotofase e escotofase.

* Letras minúsculas representam diferença atividade e repouso na mesma fase e letras maiúsculas representam diferença entre atividade e repouso entre as duas fases.

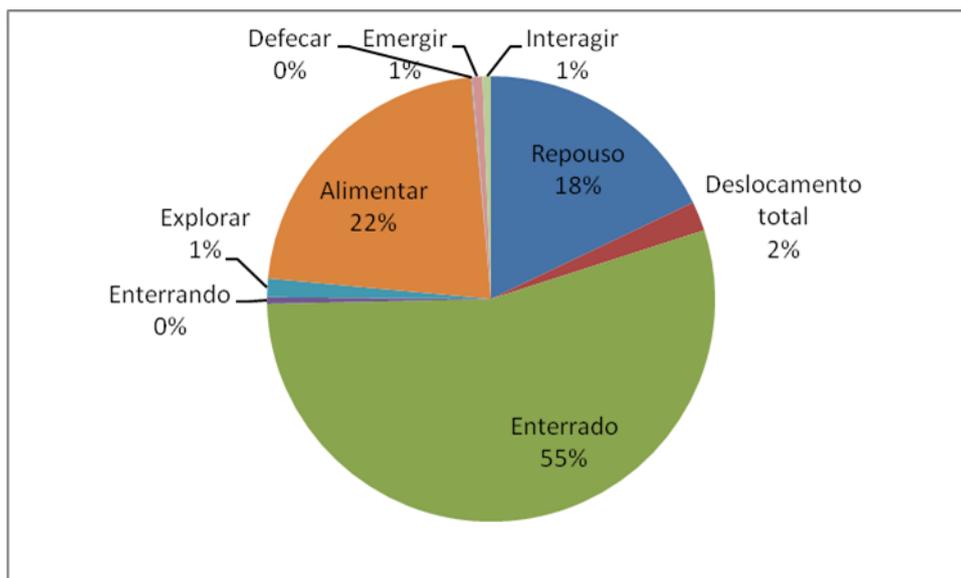


Gráfico 12: Percentual de cada ato comportamental exibido por *Achatina fulica* ao longo de 24 horas.

4.3.2. Comparação comportamental entre jovens e adultos

Os adultos foram mais ativos que os jovens ao longo do estudo ($H=27,24$; $p=0,0001$). Indivíduos adultos se mostraram ativos desde 19:00 cessando a atividade as 5:00 horas. Já os jovens iniciaram sua atividade somente a partir das 21:00 até as 3:00 horas, apresentando um período mais curto de atividade. Esses resultados podem ser observados no Gráfico 13. Nos horários de atividade sobrepostos verificou-se maior atividade de adultos ($p<0,05$).

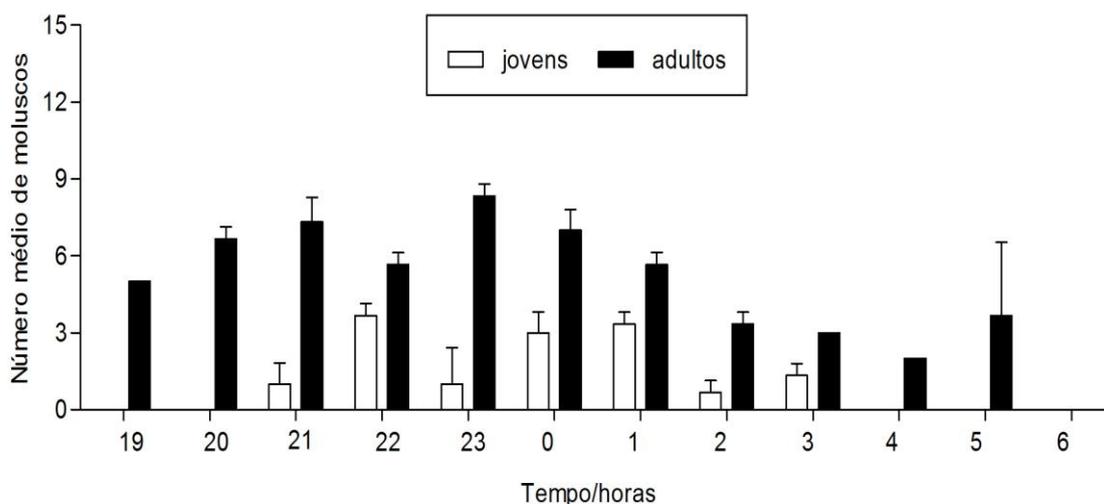


Gráfico 13. Número médio de moluscos jovens e adultos da espécie *Achatina fulica* ativos durante o período de observação.

Tanto para moluscos jovens como para adultos, o ato comportamental mais observado foi “enterrado”. Verificou-se diferença estatística para o comportamento “enterrar”, sendo que os jovens permaneceram mais tempo enterrados do que adultos ($H=14,37$; $p=0,0002$) (Gráfico 14).

Houve diferença para o ato “repousar” (repouso total), sendo maior para adultos ($H=55,39$; $p=0,0001$) (Gráfico 14). Adultos também repousaram mais sobre o substrato (repouso horizontal) do que os jovens ($H=55,38$; $p=0,0001$), porém não houve diferença para o repouso vertical (nas paredes do terrário) ($t=0,04$; $p=0,84$) para as duas idades (Gráfico 15).

O ato “deslocar” (deslocamento total) foi mais frequente entre os moluscos adultos ($H=28,49$; $p=0,0001$) (Gráfico 14). Adultos se deslocaram mais verticalmente do que jovens ($H=26,61$; $p=0,0001$), enquanto para o deslocamento horizontal não houve diferença ($t=0,03$; $p=0,85$) (Gráfico 15).

Não foi observada diferença para o comportamento “alimentar” ($t=1,34$; $p=0,25$), “enterrando” ($t=0,04$; $p=0,84$), explorar ($t=2,05$; $p=0,15$) e emergir ($t=0,72$; $p=0,40$) (Gráfico 14) no total das observações.

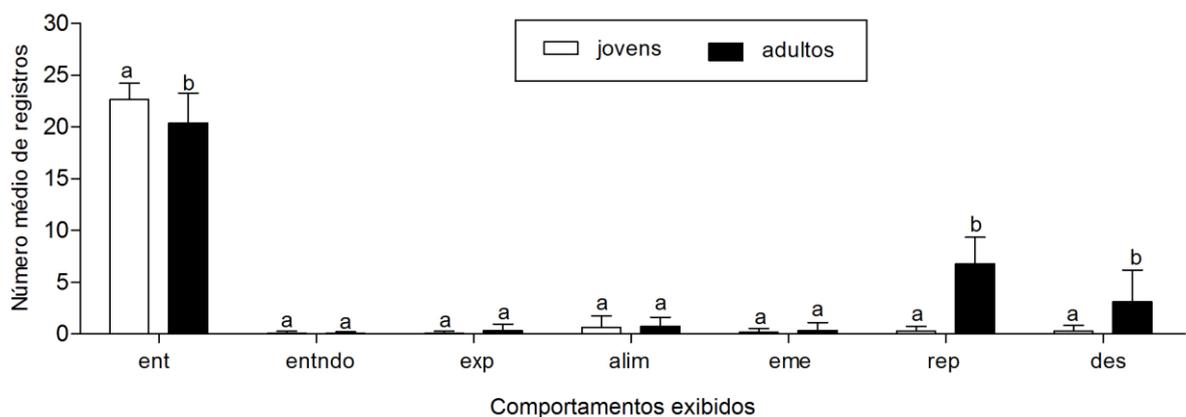


Gráfico 14: Número médio de registros de cada ato comportamental exibido por jovens e adultos de *Achatina fulica* durante a escotofase; ent - enterrado; entndo - enterrando; exp - explorar; alim - alimentar; eme - emergir; rep - repouso; des - deslocamento. *Para cada ato comportamental, diferentes letras indicam diferença estatística ($p < 0,05$).

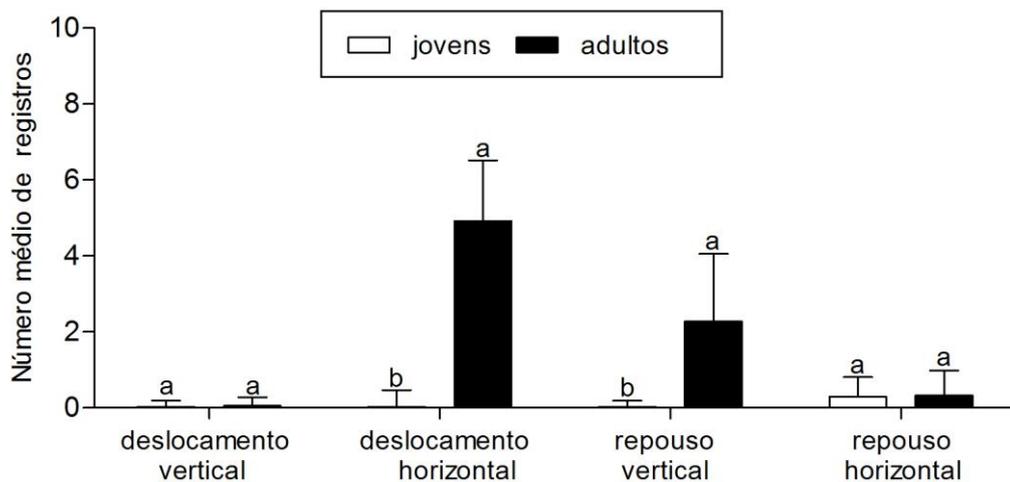


Gráfico 15: Número médio de deslocamento vertical e horizontal e repouso vertical e horizontal entre jovens e adultos de *Achatina fulica* durante a escotofase *Para cada ato comportamental, diferentes letras indicam diferença estatística ($p < 0,05$).

Verificou-se sobreposição no horário de deslocamento dos animais de diferentes idades, Dentre os horários sobrepostos verificou-se diferença no deslocamento, onde adultos se deslocaram mais do que jovens ($p < 0,05$) (Gráfico 16). Animais adultos se deslocaram durante quase toda a escotofase enquanto os jovens iniciaram sua atividade às 20:00 e cessaram por volta de 2:00 horas, como pode ser observado também no Gráfico 18.

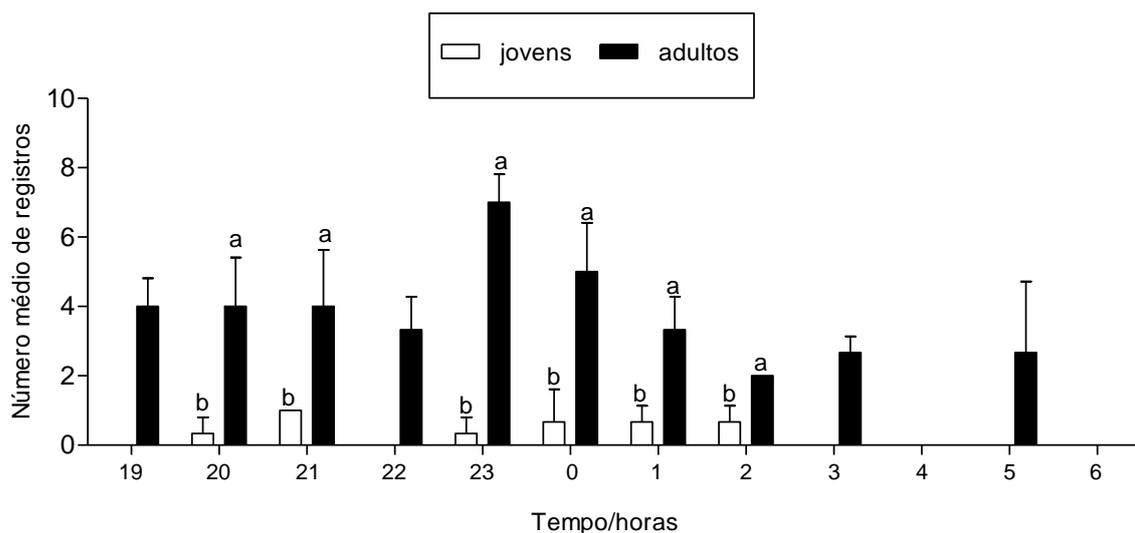


Gráfico 16: Deslocamento comparado de jovens e adultos de *Achatina fulica* durante a escotofase.

Jovens apresentaram um período para a alimentação restrito de 4 horas, sobrepondo com animais adultos que se alimentaram por um total de 6 horas. Durante os horários de alimentação sobrepostos não se verificou diferença entre as idades ($p>0,05$) (Gráfico 17).

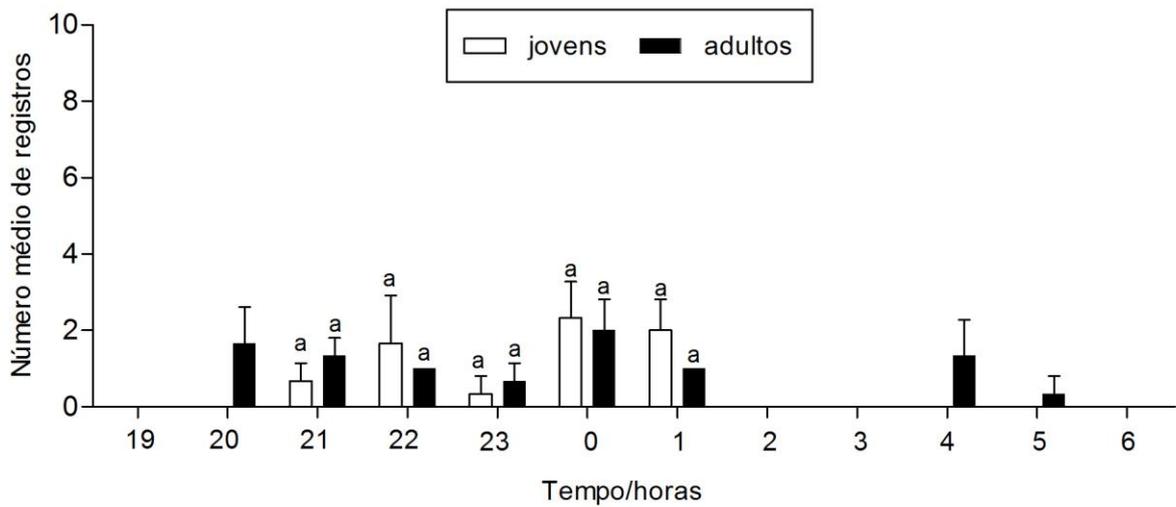


Gráfico 17: Alimentação comparada entre para jovens e adultos de *Achatina fulica* durante a escotofase.

Para o comportamento “explorar”, não se verificou diferença entre as idades no total das observações. Indivíduos jovens exploraram somente no horário de 01:00, sobrepondo-se com os adultos que exploraram por maior tempo, entre 19:00 e 21:00 e entre 01:00 e 03:00 horas. Durante a sobreposição entre as diferentes idades não se verificou diferença ($p<0,05$) (Gráfico 18).

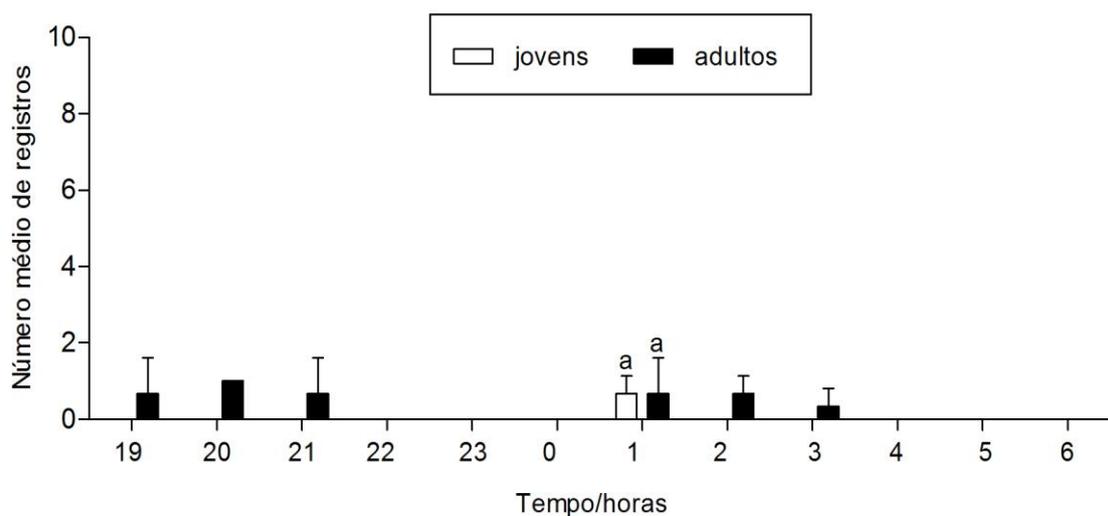


Gráfico 18: Exploração comparada entre jovens e adultos de *Achatina fulica* durante a escotofase.

Somente espécimes adultos realizaram o ato “defecar”. Nenhum animal, jovem ou adulto, exibiu o comportamento “interagir” ao longo das observações.

A umidade relativa do ar registrada durante os três dias de observações variou de 82 a 86, com média de $84,3 \pm 6\%$, e não influenciou a atividade dos moluscos jovens e adultos ($t = -1,57$; $p = 0,12$ e $t = 1,90$; $p = 0,07$, respectivamente). A temperatura ambiente variou de 22 a 26, com média de $23,3 \pm 2^\circ\text{C}$, influenciando tanto jovens ($t = 2,85$; $p < 0,01$) como adultos ($t = 5,69$; $p < 0,01$). Assim, quanto maior a temperatura, maior a atividade.

4.4. Discussão

Moluscos terrestres são dependentes de condições ambientais, principalmente da temperatura e umidade, cujos efeitos no comportamento relacionam-se ao equilíbrio hídrico, afetando a fisiologia, o comportamento e a biologia destes organismos (PRIOR, 1985; COOK, 2001; D’ÁVILA *et al.*, 2006).

Para combater os efeitos nocivos de condições ambientais adversas, durante os períodos com maior perigo de dessecação, a espécie pode exibir estratégias fisiológicas e comportamentais que reduzem perdas d’água como a estivação (MEAD, 1961; RAUT & GHOSE; GUPTA *et al.*, 1978, 1977; RAUT & BARKER, 2002; TOMIYAMA, 2002; FISHER & COLLEY, 2004; FISHER, 2009), maior atividade durante o período noturno

(CHASE *et al.*, 1980; SANTOS, 1982; OGASAWARA & TASAKI, 1990; PANJA, 1995), agregação (CHASE *et al.*, 1980; TOMIYAMA, 2000), enterramento (FISHER, 2009) e escolha por sítios de repouso protegidos (FISHER & COLLEY, 2004, 2005; FISHER, 2009).

O hábito noturno observado nos adultos de *A. fulica* através do etograma básico corroboram com os observados por outros autores para *Achatina achatina* (Linné, 1758) (Hodasi, 1982), *Subulina octona* (Brugüière, 1789) (BESSA & ARAÚJO, 1995), *Achatina fulica* (SANTOS, 1982; OGASAWARA & TASAKI, 1990; PANJA, 1995, RAUT & BARKER, 2002), *Arion intermedius* Normand, 1852 (BOHAN *et al.*, 2000), *Arion lusitanicus* Mabille, 1868 (GRIMM & PAILL, 2001) e *Bradybaena similaris* (Férussac, 1821) (ALMEIDA & BESSA, 2001).

Condições adversas de temperatura e umidade podem interferir na atividade de *A. fulica*. Para que esses animais iniciem sua atividade, a umidade relativa do ar deve estar acima de 50% (HODASI, 1982; TAKEDA & OZAKI, 1986; THAKUR & KUMARI, 1998) e isso está de acordo com as condições observadas em nosso estudo. A ausência de correlação significativa entre a URA e a atividade dos moluscos provavelmente se deveu à pequena variação nos valores de URA, devido ao reduzido período de observações (três noites). Quando a umidade se encontra elevada, a água penetra na cavidade corporal do molusco, reduzindo a osmolaridade da hemolinfa, iniciando assim a atividade (CHASE *et al.*, 1980).

A temperatura registrada durante os dias de observação influenciou positivamente a atividade dos moluscos de ambas as idades. Estes dados estão de acordo com FISHER (2009), que considera *A. fulica* uma espécie muito sensível a variações de temperatura.

Animais adultos foram mais ativos do que jovens no total das observações, contrapondo os resultados prévios obtidos por TOMIYAMA (2002) que verificou que os jovens são mais ativos e os adultos mais territoriais. Já FISHER & COLLEY (2005) em ambiente natural não verificaram diferença na atividade segundo o tamanho dos indivíduos. Assim, acreditamos que provavelmente a baixa densidade de moluscos adultos no terrário possa não ter influenciado no seu comportamento de defesa do território ou por parceiros sexuais, mas sim para a estratégia de dispersão.

Por outro lado, TOMIYAMA & NAKANE (1993) observaram também em ambiente natural que animais jovens se deslocavam num intervalo de tempo menor do que adultos.

Além do enterramento, o repouso é outra forma de se proteger de condições desfavoráveis. A retração da massa cefalopédica para o interior da concha e a imobilização

caracterizam comportamentos relacionados à economia da água e energia (STOREY, 2002; D'ÁVILA *et al.*, 2004).

Adicionalmente os animais jovens se mantiveram mais enterrados do que os adultos ao longo do experimento. O mesmo padrão tem sido observado em campo por COSTA (2010) em condições de campo e por FISHER (2009) em condições laboratoriais.

FRANCO & BRANDOLINI (2007) por sua vez verificaram que *A. fulica* apresenta o comportamento de enterrar nos dias de temperaturas mais elevadas. Dessa maneira, este padrão comportamental demonstrado por indivíduos jovens caracteriza ato de refúgio em resposta a condições ambientais adversas e estivação, bem como uma alternativa de aquisição de nutrientes a partir do solo, uma vez que, considerados a fase mais sensível e por isso, a fase mais crítica de desenvolvimento e estabelecimento do animal em um determinado nicho ecológico, ajudando a explicar nossos resultados (RAUT & BRAKER, 2002; SIMIÃO & FISHER, 2004). Além disto, por animais adultos serem considerados mais resistentes as adversidades ambientais quando comparados aos animais jovens, bem como em função da maior facilidade de ocorrência de cópula, indivíduos adultos permaneceram mais sobre o solo (FISHER & COLLEY, 2005). Assim a maior atividade dos moluscos adultos em relação aos jovens verificada aqui possivelmente pode advir deste fato.

Ambos os estágios de desenvolvimento utilizaram os mesmos sítios para repouso e deslocamento, podendo haver competição pelo espaço. Similarmente FISHER (2009), constatou que ambos os estágios utilizavam os mesmos sítios, porém animais de tamanho médio e grande se mantiveram mais sobre substratos verticais e jovens em substratos horizontais. FISHER (2009), por outro lado verificou que o deslocamento vertical seria mais frequentemente observado em indivíduos menores, uma vez que, os menores pesos e tamanhos do animal, facilitariam tal deslocamento, não sendo essa relação observada para o deslocamento horizontal. Segundo RAUT & BARKER (2002) a escolha pelo sítio de repouso está relacionado á sua necessidade alimentar, sendo em razão disto, animais jovens encontrados preferencialmente no nível do solo, animais de tamanho médio sobre as plantas, e indivíduos adultos situados novamente sobre o solo.

O deslocamento e repouso vertical e horizontal de *A. fulica* também tem sido observados por outros autores. O uso do sítio de repouso vertical pode ser uma possível estratégia para se dispersar, recolonizar e se proteger de condições ambientais adversas como alagamentos e alta densidade populacional (FISHER & COLLEY, 2004; SIMIÃO & FISHER, 2004; ALBURQUEQUE *et al.*, 2008; FISHER, 2009), com indivíduos adultos se

deslocando mais verticalmente e repousando mais horizontalmente do que jovens. Porém FISHER (2009) não verificou tal diferença.

COSTA (2010) observou que o deslocamento de *A. fulica* é intercalado com o comportamento exploratório. Durante o comportamento de explorar o animal utiliza seus tentáculos oculares para detectar substâncias voláteis (CHASE & CROLL, 1981). Além dos tentáculos oculares, os animais, adultos ou jovens, também utilizam movimentos da cabeça e tentáculos bucais para explorar o ambiente (COSTA, 2010). A glândula pediosa também é responsável pela locomoção e comunicação química da espécie, contendo ferormônios a base de mucopolissacarídeos, lipídeos e proteínas (CHASE & TOLLOCZOKO, 1985). Entretanto, os resultados aqui apresentados não revelaram de maneira significativa o comportamento exploratório durante o deslocamento dos moluscos.

Os comportamentos de deslocamento e exploração estão intrinsecamente ligados com a alimentação. O hábito alimentar da espécie pode variar conforme seu estágio ontogenético (FISHER *et al.*, 2008). Assim animais recém-eclodidos alimentam-se exclusivamente da casca do ovo, dos ovos inférteis e do solo, indivíduos jovens se alimentam de brotos e folhas suculentas enquanto os adultos preferem alimentos em decomposição (RAUT & BARKER, 2002). VINCE *et al.* (1988) e ALBUQUERQUE *et al.* (2008) verificaram ainda que a espécie, *A. fulica*, possuía dieta generalista, reduzindo assim a competição entre os indivíduos de diferentes idades. Já RAUT & CHOSE (1983) relataram que os animais mantidos sob alimentação restrita apresentaram as mesmas preferências pelos alimentos oferecidos que os mantidos com dieta diversificada.

RAUT & GHOSE (1983) também acreditam que possa haver uma forte competição de alimento por animais de uma mesma população, pelo fato de a espécie não possuir nenhuma estrutura física, como garras ou o bico de uma ave, para a disputa pelo alimento utilizam a estratégia de “consumo rápido”, ingerindo a maior quantidade de alimento em um menor tempo possível. THAKUR & KUMARI (1998) verificaram que há um aumento do consumo de acordo com a idade do animal. Este fato pode explicar o menor tempo para exploração, deslocamento e alimentação exibidos por indivíduos jovens verificados em nosso estudo, porém com mesma frequência que adultos, podendo haver uma maior pressão de competição em animais jovens.

O alimento para essa espécie talvez não seja um fator tão limitante por ser aparentemente uma espécie generalista e possuir hábito alimentar conforme o estágio de desenvolvimento, porém por outro lado deve-se levar em conta a alta densidade populacional

em que esses animais vivem, podendo ocorrer competição pelo alimento. Verifica-se assim um autocontrole populacional nesta espécie. Que também caracteriza a espécie como r-estrategista.

A interação entre coespecíficos não é normalmente observada para *A. fulica*. Segundo ZHUKOV & BAIKOVA (2001), esses animais usam principalmente a orientação de deslocamento individual, sendo raras as interações físicas com animais de mesma espécie. Apesar de ter observado interação no etograma básico, não se verificou tal ato durante o experimento de comparação dos comportamentos entre adultos e jovens.

4.5. Conclusão

Foi possível concluir a partir do etograma básico desenvolvido no presente estudo, e das análises comportamentais verificadas para jovens e adultos de *A. fulica* que a presente espécie não apresentou atos comportamentais fortemente modulados por fatores abióticos e bióticos. Em adição indivíduos adultos de *A. fulica* exibiram um comportamento mais ativo quando comparado com indivíduos jovens, embora este ato não foi acompanhado com a maior exploração do ambiente, bem como com o aumento no consumo de alimento. Desta maneira, estudos que abordem aspectos comportamentais são importantes para ampliar informações acerca da espécie contribuindo para a elaboração de estratégias de controle e prevenção acerca da disseminação desse hospedeiro e conseqüentemente das parasitoses por ele transmitidas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Achatina fulica apresenta crescimento indeterrminado, desacelerando após a maturidade sexual. A condição de isolamento influencia o crescimento, sendo maior. A densidade influencia em maior mortalidade.

Quanto aos aspectos reprodutivos *A. fulica* realizou oviposição em animais Isolados, porém seus embriões não foram férteis. A maturidade sexual ocorre no mesmo período de tempo entre os grupos. Isolados alcançam a maturidade sexual com maior tamanho e ganho de massa. Ambos os grupos apresentam vários eventos reprodutivos ao longo do estudo. A fecundidade de Agrupados é maior. *Achatina fulica* demonstrou ser uma espécie r-estrategista.

A concentração de galactogênio após o primeiro evento reprodutivo é maior. Nesse período há a diminuição da concentração de glicose. As concentrações de glicose e glicogênio são maiores na fase jovem, ao contrário do galactogênio. Sendo também maiores em animais Isolados. Na fase adulta, há o deslocamento energético do crescimento para a reprodução, uma vez que o glicogênio da massa cefalopediosa é maior do que na glândula digestiva.

Quanto aos aspectos comportamentais, adultos são mais ativos que os jovens. Os comportamentos exibidos por *A. fulica* são enterrar, enterrando, repousar, defecar, emergir, alimentar e deslocar. Jovens permanecem mais enterrados do que adultos. Adultos repousam e deslocam mais verticalmente mais do que jovens.

A temperatura influencia no maior tempo de incubação e de eclosão dos ovos. Já a umidade relativa do ar influencia positivamente o crescimento médio, taxa de crescimento, ganho de massa corporal médio, taxa de ganho de peso, mortalidade, tempo de incubação, taxa de eclosão, tempo de eclosão, número de posturas e de ovos por molusco para ambos os grupos. A umidade relativa do ar não influencia na atividade de jovens e adultos. Porém a temperatura influencia positivamente em ambas idades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUDO-PADRÓN, I.A. 2009. Recent terrestrial and freshwater molluscs of Rio Grande do Sul State, RS, Southern Brazil Region: a comprehensive synthesis and check list. **Visaya** **8**: 2-14.

AHAMED, M. & RAUT, S.K. 2008. Changes in proximate constituents and the fate of aestivating *Achatina fulica* Bowdich. **Sciences** **78** (4): 343-350.

ALBUQUERQUE, F.S.; PESO-AGUIA, M.C. & ASSUNÇÃO-ALBURQUEQUE, M.J.T. 2008. Distribution, feeding behavior and control strategies of the exotic land snail *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata) in the northeast of Brazil. **Brazilian Journal of Biology** **68** (4): 837-842 .

ALBUQUERQUE DE MATOS, R. M. 1989. Ciclo vital e reprodução em *Helix aspersa* com aplicações a helicicultura. **IV Simposium Internacional de Reprodução Animal** – 8 a 10 de fevereiro de 1989 – Lisboa – Portugal.

ALBUQUERQUE, F.S.; PESO-AGUIA, M.C. & ASSUNÇÃO-ALBURQUEQUE, M.J.T. 2008. Distribution, feeding behavior and control strategies of the exotic land snail *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata) in the northeast of Brazil. **Brazilian Journal of Biology** **68** (4): 837-842.

ALTMANN, J. 1974. Observational study of behavior: Sampling methods. **Behaviour** **48**: 227-265.

ALOWE, S.; BROWNE, M. & BOUDJELAS, S. 2004. **100 of the world's worst invasive alien species**. A selection from the global invasive species database. Disponível em: [at:www.issg.org/database](http://www.issg.org/database). Acessado em: 20/05/2011.

ALMEIDA, M.N. & BESSA, E.C.A. 2001a. Estudo do crescimento e da reprodução de *Bradybaena similaris* (Férussac) (Mollusca, Xanthonychidae) em laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia** **18**(4): 1115-1122.

ALMEIDA, M. N. & BESSA, E. C. A. 2001b. Estudo do crescimento e da reprodução de *Leptinaria unilamellata* (D`orbigny) (Mollusca, Subulinidae) em laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia** **18**(4): 1107-1113.

AYRES, M.; AYRES, J. R.; AYRES, M. D. L. & SANTOS, A. A. S. 2007. **BioEstat versão 5.0 – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. Available from: www.mamiraua.org.br/downloads/programas

ANSELL, A.D. 2001. Dynamics of aggregation of a gastropod predator/scavenger on a New Zealand harbour beach. **Journal of Molluscan Studies**, Londres, **67**: 329-341.

AUFDERHEIDE, J.; WARBRITTON R.; POUNDS, M. P.; STAPLES, C.; CASPERS, N. & FORBES, V. 2006. Effects of husbandry parameters on the life- history traits of the apple snail, *Marisa cornuarietis*: effects of Efeito da densidade populacional em *Bulinulus tenuissimus*. **Revista Brasileira de Zoociências** **12** (1): 51-58. 2010.

ARAÚJO J. L. B. & BESSA, E.C.A. 1995. Oviposição, tamanho de ovos e medida do comprimento da concha em diferentes fases do desenvolvimento de *Subulina octona* (Brugüière) (Pulmonata, Subulinidae) em condições de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia** **12** (3): 647-654.

BAILEY, S.E.R. 1989. Foraging behavior of terrestrial gastropods: integrating field and laboratory studies. **Journal of Molluscan Studies** **55**: 263-272.

BARÇANTE, J. M. P.; BARÇANTE, T.A.; DIAS, S. R. C. & LIMA, W. S. 2005. Ocorrência de *Achatina fulica*, Bowdich, 1822, (Mollusca: Gastropoda: Achantinoidea) no estado de Minas Gerais, Brasil. **Boletim Museu de Biologia Mello Leitão** **18**: 65-70.

BARKER, G.M. & WATTS, C. 2002. **Management of the invasive alien snail *Cantareus aspersus* on conservation land**. Department of Conservation, Wellington. 344p.

BAUR, B. & BAUR, A. 2000. Social facilitation affects longevity and lifetime reproductive success in a self-fertilizing land snail. **Oikos** **88**: 612-620.

BERRY & CHAN .1968. Reproductive condition and tentacle extirpation in Malayan *Achatina fulica* (Pulmonata). **Australian Journal Zoology**, Collingwood **16** (5):849-855.

BEQUAERT, J. C. Studies in the Achatinidae, a group of African land snails. 1950. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College** **105** (1): 1-216.

BESSA, E.C.A. & ARAÚJO J.L.B. 1995. Oviposição, tamanho de ovos e medida do comprimento da concha em diferentes fases do desenvolvimento de *Subulina octona* (Brugüière) (Pulmonata, Subulinidae) em condições de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia** **12**(3): 647-654.

BYERS, J.E.; REICHARD, S.; RANDALL, J. M.; I.; PARKER, M.; SMITH, C.S; LONDALE, W.M.; ATKINSON, A.E.; SEASTEDT, T.R.; WILLIAMSON, M.; CHORNESKY, E. & HAYES, D. 2002. Directing research to reduce the impacts of nonindigenous species. **Conservation Biology** **16**: 630-640.

BOHAN, D. A.; GLEN, D. M.; WILTSHIRE, C. W. & HUGHES, L. 2000. Parametric intensity and the spatial arrangement of the terrestrial herbivores *Deroceras reticulatum* and *Arion intermedius*. **Journal of Animal Ecology** **69**: 1031-1046.

BRANDOLINI, S. V. P. B. & GOMES, A. P.S . 2002. Influencia de diferentes dietas sobre o crescimento, sobrevivência e reprodução de *Leptinaria unilamellata* (D'orbigny, 1835) (Gastropoda: Subulinidae) em laboratório. **Revista Brasileira de Zociências** **4**: 169-177.

BRASIL. 2006. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis- **Parecer Técnico n 006/03**- GGFAU- Brasília. 12p.

BRASIL. 2008. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigilância e Controle de Moluscos de Importância Epidemiologia**, Série A Normas e Manuais Técnico, 2º ed., Ed. MS, Brasília –DF. 345p.

CHASE, R.; CROLL, R.P. & ZEICHNER, L.L. 1980. Aggregation in snails, *Achatina fulica*. **Behavioral and Neural Biology**, New York **30**: 218-230.

CHASE, R. & CROOL, R.P. 1981. Tentacular function in snail olfactory orientation. **Journal of Comparative Physiology**, New York **143** (3):357-362.

CHASE, R. & TOLLOCZOKO, B. 1985. Secretory glands of the snail tentacle and their relation to the olfactory organ (Mollusca: Gastropoda). **Zoomorphology**, Berlin **105** (1):60-67.

CHASE, R & BOULANGER, C.M. 2004. Attraction of the snail *Achatina fulica* to extracts of conspecific pedal glands. **Behavioral Biology** **23** (1):107-11.

CIVEYREL, L. & D. SIMBERLOFF. 1996. A tale of two snails: is the cure worse than the disease? **Biodiversity and Conservation** **5**: 1231-1252.

COLLEY, E. & FISCHER, M.L. 2009. Avaliação dos problemas enfrentados no manejo do caramujo gigante africano *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata) no Brasil. **Zoologia** **26** (4):674-683.

COWIE, N, 1988. Patterns of introduction non-indigenous non-marine snails and slugs in the Hawaiian Islands. **Biodiversity and Conservation** **7**: 349-368.

COMBRINK, C. & VAN EEDEN, J.A.. 1975. The influence of the substratum on population increase and habitat selection by *Lymnaea natalensis* KRS. and *Bulinus (B.) tropicus* (KRS) (Mollusca: Basommatophora). **Natuurwetenskappe**. 24.

CALDEIRA R.L.; MENDONÇA, C.L.; GOVEIA, C.O.; LENZI, H.L.; GRAEFF-TEIXEIRA.; LIMA, W.S.; MOTA, E.M.; PECORA, I.L.; MEDEIROS, A.M.Z. & CARVALHO, O.S. 2007. First record of molluscs naturally infected with *Angiostrongylus cantonensis* (Chen, 1935) (Nematoda: Metastrongylidae) in Brazil. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz** **102** (7): 887-889.

CALLOW, P. 1974. The feeding strategies of two freshwater gastropods, *Ancylus fluviatilis* Müll. and *Planorbis contortus* Linn. (Pulmonata), in terms of ingestion rates and absorption efficiencies. **Oecologia** **20**: 33-49.

CAREFOOT, T.H. & SWITZER-DUNLAP, M. (1989). Effect of amino acid imbalance in artificial diets on food choice and feeding rates in two species of terrestrial snails *Cepaea nemoralis* and *Achatina fulica*. **Journal of Molluscan Studies** **55** (3):323-8.

CARVALHO, O.S.; TELES, H.M.S.; MOTA, E.M.; LAFETÁ, C.; MENDONÇA, G.F. & LENZI, H.L. 2003. Potentiality of *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca: Gastropoda) as intermediate host of the *Angiostrongylus costaricensis* Morera & Céspedes 1971. **Revista Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** **36** (6):743-745.

CARVALHO, C. M.; BESSA, E. C. A. & D'ÁVILA, S. 2008. Life history strategy of *Bradybaena similaris* (Férussac, 1821) (Mollusca, Pulmonata, Bradybaenidae). **Molluscan Research** **28** (3): 171-174.

CARVALHO, C. M.; SILVA, J. P.; MENDONÇA, C. L. F.; BESSA, E. C. A.; D'ÁVILA, D. Life history strategy of *Leptinaria unilamellata* (d'Orbigny, 1835) (Mollusca, Pulmonata, Subulinidae). 2009. **Invertebrate Reproduction and Development** **53** (4): 211-222.

CHASE, R., CROLL, R. P. & ZEICHNER, L. L. 1988. Agregation in snails *Achatina fulica*. **Behavioral and Neural Biology** **30**: 218-230.

CHASE, R & BOULANGER, C.M. 2004. Attraction of the snail *Achatina fulica* to extracts of conspecific pedal glands. **Behavioral Biology** **23** (1):107-11.

CHARNOV, E. L., 1979, Simultaneous hermaphroditism and sexual selection. **Proceedings of the National Academy of Sciences** **76**: 2480-2484.

- CHATFIELD, J.E. 1973. Aspects of feeding and growth in land snails. **Malacologia** **14**: 391-392.
- CHEN, D. Dangerous agricultural pest – some terrestrial mollusks. 1994. **Plant Quarentine Shangay** **8** (1): 37-44.
- CICHON, M. 1999. Growth after maturity as a suboptimal strategy. **Acta Oecologica** **20** (1): 25-28.
- CIVEYREL, L. & D. SIMBERLOFF. 1996. A tale of two snails: is the cure worse than the disease? **Biodiversity and Conservation** **5**: 1231-1252.
- CICON, M. 1999. Growth after maturity as a suboptimal strategy. **Acta Oecologica** **20** (1): 25-28.
- CIVEYREL, L. & D. SIMBERLOFF. 1996. A tale of two snails: is the cure worse than the disease? **Biodiversity and Conservation** **5**: 1231-1252.
- COELHO, L. M. 2005. **Informe técnico para o controle do caramujo africano (*Achatina fulica* Bowdich, 1822) em Goiás**. Goiânia. 12p.
- COLLEY, E. & FISHER, M. L. 2009. Avaliação dos problemas enfrentados no manejo do caramujo gigante africano *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata) no Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba. **26** (4): 674-683.
- COOK, A. (1985). Functinal aspects of trail following by the carnivorous snail *Euglandina rosea*. **Malacologia** **26** (1-2): 173 – 181.
- COOK, A. 1992. The function of trail following in the pulmonate slug, *Limax pseudoflavus*. **Animal Behaviour** **43**: 813-821.
- COOK, A. 2001. Behavioral ecology, Em BARKER, G. M. (Ed.). **The biology of terrestrial molluscs**. New Zealand: CABI Publishing. 552p.
- COOK, A. & RADFORD, D.J. 1988. The comparative ecology of four sympatric limacids slugs in Northern Ireland. **Malacologia** **28**: 131-146.
- CORADIN, L. & TORTATO, DT. 2006. **Espécies Exóticas Invasoras: Situação Brasileira**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília: MMA.
- COSTA, L.C.M. 2010. **Medidas de controle de *Achatina fulica***. In **O caramujo gigante africano *Achatina fulica* no Brasil** (M.L. Fischer & L.C.M. Costa, eds). Champagnat Editora – PUCPR, Curitiba, p. 203-229.
- COWIE, N, 1984. Patterns of introduction non-indigenous non-marine snails and slugs in the Hawaiian Islands. **Biodiversity and Conservation** **7**: 349-368.
- COWIE, N, 1988. Patterns of introduction non-indigenous non-marine snails and slugs in the Hawaiian Islands. **Biodiversity and Conservation** **7**: 349-368.
- CONFORT, A. 2008. Biological aspects of senescence. **Biological Review** **29**(3), 284-329.

COMBRINK, C. & J.A. VAN EEDEN. 1975. The influence of the substratum on population increase and habitat selection by *Lymnaea natalensis* KRS. and *Bulinus* (B.) tropicus (KRS) (Mollusca: Basommatophora). **Natuurwetenskappe** 24.

DAN, N. & S.E.R. BAILEY. 1982. Growth, mortality, and feeding rates of the snail *Helix aspersa* at different population densities in the laboratory and the depression of activity of helioid snails by other individuals, or their mucus. **Journal of Molluscan Studies** 48: 257-265.

DATKAUSKIENE, I. 2005. Characteristic of life span and reproduction period of *Succinea putris* (L.) (Gastropoda: Stylomatophora) **Ekologija** 3: 28-33.

D'ÁVILA, S.; DIAS, R.J.P.; BESSA, E.C.A. & DAEMON, E. 2004. Resistência à dessecação em três espécies de moluscos terrestres: aspectos adaptativos e significado para o controle de helmintos. **Revista Brasileira de Zoociência** 6 (1): 115-127.

D'ÁVILA, S. & BESSA, E.C.A. 2005a. Influência de diferentes substratos e umidade sobre o crescimento e número de ovos produzidos por *Subulina octona* (Brugüière) (Mollusca, Subulinidae), sob condições de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia**. 22: 349-353.

D'ÁVILA, S. & BESSA, E.C.A. 2005b. Influência do substrato sobre a reprodução de *Subulina octona* (Brugüière) (Mollusca, Subulinidae), sob condições de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia** 22: 197-204.

D'ÁVILA, S. D.; DIAS, R. J. P. & BESSA, E. C. A., 2006. Comportamento agregativo em *Subulina octona* (Brugüière) (Mollusca, Subulinidae). **Revista Brasileira de Zoologia** 2 (2) :357-363.

DUNDEE, S.D., M. Tizzard & M. Traub. 1975. Agregative behavior in veronicellid slugs. **The nautilus** 89 (93): 69-71.

ELWELL, A.S. & M.J. ULMER. 1971. Notes on the biology of *Anguispira alternata* (Stylomatophora: Endodontidae). **Malacologia** 11 (1): 199-216.

ESTON, M. R.; MENEZES, G. V.; ANTUNES, A. Z.; SANTOS, A. S. R. & SANTOS, A. M. R. 2006. Espécie invasora em unidades de conservação: *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) no Parque Estadual Carlos Botelho, Sete Barras, SP, Brasil (nota científica). **Revista Instituto Florestal**. São Paulo 18:173-179.

FARACO, F.A. & LACERDA, A.C.R. 2004. Contaminação biológica em unidades de conservação – o caso do caramujo africano (*Achatina fulica*, Mollusca, Gastropoda). **In Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação**. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Rede Nacional Pró Unidades de Conservação, Curitiba. p. 78-84.

FERRAZ, J. 1999. **O escargot**: criação e comercialização, São Paulo. Ed Icone. 302p.

FISCHER, M.L. & E. COLLEY. 2004. Diagnóstico da ocorrência do caramujo gigante africano *Achatina fulica* Bowdich, 1822 na APA de Guaraqueçaba. **Estudos de Biologia** 26 (54): 43-50.

FISCHER, M.L. & E. COLLEY. 2005. Espécies invasoras em reservas naturais: caracterização da população de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 na Ilha Rasa, Guaraqueçaba, Paraná. **Biota Neotropica** 5 (1): 1-17.

- FISCHER, M.L.; M.S. SIMIÃO; E. COLLEY; R.D. ZENNI; D.A.T. SILVA & N. LATOSKI. 2006. 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 Neotrópica** 6 (2):14-26.
- FISHER, M. L.; COSTA, L. C. M. & NERING, I. S. 2008. Consumo alimentar de *Achatina fulica*. **Bioikos**, Campinas 22 (2):91-100.
- FISHER, M. L. 2009. Reações da espécie invasora *Achatina fulica* a fatores abióticos: perspectivas para manejo. Zoologia (Curitiba, Impresso) 0-0, GRA, TAB.
- FISHER & AMADIGI, 2010. História natural da *Achatina fulica*. In: O caramujo Gigante Africano no Brasil. **Champagnat**. 50-99p.
- FRANCO, D. O. & BRANDOLINI, S. V. P. B. 2007. Comportamento reprodutivo de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca, Gastropoda) sob condições experimentais. **Revista Brasileira de Zoociências** 9 (1): 57-61.
- FURTADO, M. C. V.; BESSA, E. C. A. & CASTAÑÓN, M. C. M. 2002. Hystological characterization of ovotestis of *Bradybaena similaris* (Férussac,1821) (Mollusca, Xanthonychidae) in different developmental phases, kept isolated or in groups, under laboratorial conditions. **Revista Brasileira de Zoociências** 4 (2): 229-300.
- FURTADO, M. C. V., BESSA, E. C. A. & CATANON, M. C. M. N. 2004. Ovotestis de *Bradybaena similaris* (Férussac, 1821) (Mollusca, Chanthonychidae): histologia e produção de gametas. **Revista Brasileira de Zoociências** 6 (1):7-17.
- GERAERTS, W.P.M. 1992. Neurohormonal control of growt and carboidrate metabolism by the light green cells in *Limnaea stagnalis*. **General and Comparative Endocrinology** 86: 433 – 444.
- GRAEFF-TEIXEIRA, C. 2007. Expansion of *Achatina fulica* in Brazil and potential increased risk for angiostrongyliasis. **Sociedade Tropical de Medicina** 101:743-744.
- CRAZE, P. G.; MAUREMOOTO, J. R. 2002. A test of methods for estimating population size of the invasive land snail *Achatina fulica* in dense vegetation. **Journal of applied ecology** 39: 653-660.
- GHOSE, K. C. 1959. Observations on the mating and ovoposition of two land pulmonates *Achatina fulica* Bowdich, 1822 and *Macrochlamys indica* Gowdin-Austen. **Journal of Bombay Natural History Society**, Bombay 52:183-187.
- GODAN, D. Pests slugs and snails. 1983. Berlin, **Springer-Verlag**.
- GRIMM, B. & PAILL, W. 2001. Spatial distribution and home-range of the pest slug *Arion lusitanicus* (Mollusca: Pulmonata). **Acta Oecologica** 22 (4): 219-227.
- GUPTA, G.; GAUTAM, S.S.S. & Abras, S.R. 1978. A estivating giant African snail population in south Andaman during 1973, 1974 and 1975. **The Veliger**, Berkeley 21: 135-136.
- GUTIÉRREZ, A.; G. PERERA; M. YONG & L. WONG. 2001. THE EFFECT OF ISOLATION ON THE LIFE-STORY TRAITS OF *Pseudosuccinea columella* (Pulmonata: Lymnaeidae). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de janeiro 96 (4): 577-581.

- HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, W. M.; TATEISHI, A. 1997. **Ganho De Peso Do Escargot *Achatina fulica*, submetidos a diferentes densidades em caixas plásticas.** In: Encontro Brasileiro de Malacologia, Florianópolis. Resumos. p.96.
- HAIRES; V. R. BOSCOLO; E. M. GALDIOLI & V. R. B. FURUYA. 2000. Diferentes fontes protéicas em dietas para o caracol gigante (*Achatina fulica*) na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia** **29** (6): 2080-2086.
- HASEGAWA, H. & SATO, S. 2009. Predatory behaviour of the naticid *euspira fortunei*: why does it drill the left shell valve of *ruditapes philippinarum*? **Journal of Molluscan Studies** **75**: 147–151.
- HELLER, 1982; Heller, J. 1982. Natural history of *Theba pisana* in Israel. **Journal of Zoology** **196**: 475-487.
- HELLER, J. 1990. Longevity in Molluscs. **Malacologia** **31** (2): 259-295.
- HELLER, J. 2001. Life History Strategies *In*: BARKER, G. M. 2001 (Ed.). **The biology of terrestrial molluscs.** CABI Publishing. 552p. 413-445 p.
- HYMAN, L. H. 1967. **The invertebrates**, vol. 1, Mollusca I. United States: McGraw-Hill book Company. 792 p.
- HODASI, J. K. M. 1979. Life story studies of *Achatina (Achatina) achatina* (Linné). **Journal of Molluscan Studies** **45**: 328-339.
- HODASI, J.K.M. 1982. The effects of different light regimes on the behavior and biology of *Achatina (Achatina) achatina* (Linné). **Journal Molluscan Studies** **48**: 283-293.
- HORN, A.C., ACHAVAL, M. & ZANCAN, D. 2005. The annual reproductive cycle of the snail *Megalobulimus abbreviatus* (Bequaert, 1948) (Gastropoda, Pulmonata). **Brazilian Journal of Biology** **65** (3): 459-467.
- HORSTMANN, H. J. 1956. The galactogen content of the eggs of *Limnaea stagnalis* during development. **Embryonal Entwicklung Biochem** **328**: 342-347.
- HURD, H. 2001. Host fecundity reduction: a strategy for damage limitation? **Trends Parasitol** **17**: 363-368.
- IRELAND, H. 1991. The effect of dietary calcium on growth, shell thickness and tissue calcium distribution in the snail *Achatina fulica*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford **111**:1116-1119.
- JEONG, J.; TOIDA, T.; MUNETA, Y.; KOSIISHI, I.; IMANARI, T.; LINHARDT, R.J.; CHOI, H.S.; WU, S.J. & KIM, Y.S. 2001. Localization and characterization of chitin sulfate in the body of the giant African snail *Achatina fulica*. **Compilation Biochemical Physiological** **130**: 513–519.
- JUNQUEIRA, F. O.; D'AVILA, S.; BESSA, E. C. A. & PREZOTO, F. 2003. Ritmo de atividade de *Bradybaena similaris* (Férussac, 1821) (Mollusca, Xanthonychidae) de acordo com a idade. **Revista de Etologia** **5**: 41-46.
- JUNQUEIRA, F.O.; PREZOTO, F.; BESSA, E.C.A. & S. D'ÁVILA. 2004. Horário de atividade e etograma básico de *Sarasinula linguaeformis* Semper, 1885 (Mollusca, Veronicellidae), em condições de laboratório. **Revista Brasileira de Zootecnia** **6** (2): 237-247.

- JUNQUEIRA, F. O.; ARÉVALO, E.G. & BESSA, E. C. A. 2008. Influência do substrato sobre aspectos do ciclo de vida de *Bradybaena similaris* (Férussac, 1821) (Mollusca, Bradybaenidae), sob condições de laboratório. **Revista Brasileira de Biociências** 6 (4): 347-354.
- KAROWE, D.N., PEARCE, T.A. & W.R. SPALLER. 1993. Chemical communication in the freshwater snails: behavioral responses to mucous trails of *P. parkeri* (Gastropoda, Pulmonata) and *Capeloma decisum* (Gastropoda, Prosobranquia). **Malacological review** 26: 9-14.
- KOBAK, J. 2001. Light, gravity and conspecifics as cues to site selection and attachment behaviour of juvenile and adult *Dreissena polymorpha* Pallas, 1971. **Journal of Molluscan Studies**, Londres, 67: 183-189.
- KONDO, Y. 1964. Growth rates in *Achatina fulica* Bowdich. **The Nautilus** 78, 6–15.
- LANGE, W. H. Jr. 1950. Life history and feeding habits the giant African snail on Saipan. **Pacific Science**, Honolulu 4:323-335.
- LAV, S., ZHANG, Y., LIU, H.-X., HU, L., YANG, K., STEINMANN, P., CHEN, Z., WANG, L.-Y., UTZINGER, J. & ZHOU, X.-N. 1982. Invasive snails and an emerging infectious disease: results from the first national survey on *Angiostrongylus cantonensis* in China. **Tropical Disease** 3 (2): 362-368.
- LAZARIDOU-DIMITRIADOU, M. & DAGUZAN, J. 1981. Etude de l'effet du "groupment" des individus chez *Theba pisana* (Mollusque Gasteropode Pulmone Stylommatophore). **Malacologia** 20 (2): 195-204.
- LEAHY, W. M. 1980. Comportamento e características anatomofuncionais da reprodução em *Bradybaena similaris* (Molusco Pulmonado). **Ciência e Cultura** 36: 1389-1392.
- LEAHY, W.M. 1983. Comportamento e características anatomofuncionais da reprodução em *Bradybaena similaris* (Molusco pulmonado). **Ciência e Cultura** 36 (98): 1389-1392.
- LEAHY, W.M. 1984. Comportamento e características anatomofuncionais da reprodução em *Bradybaena similaris* (Molusco Pulmonado). **Ciência e Cultura** 36: 1389-1392.
- LIMA, A.R.M.C.; MESQUITA, S.D.; SANTOS, S.S.; AQUINO, E.R.P.D.; ROSA, L.R.S.; DUARTE, F.S.; TEIXEIRA, A.O.; COSTA, Z.R.S. & FERREIRA, M.L.B. 2009. Alicata disease: neuroinfestation by *Angiostrongylus cantonensis* in Recife, Pernambuco, Brazil. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria** 67 (4):1093-1096.
- LOWE, S.; BROWNE, M. & BOUDJELAS, S. 2004. **100 of the world's worst invasive alien species**. A selection from the global invasive species database. Disponível em: [at:www.issg.org/database](http://www.issg.org/database). Acessado em: 20/05/2011.
- LORENZI, A. T. & MARTINS, M. F. 2008. Análise Colorimétrica e Espectroscópica do Muco de Caracóis Terrestres *Achatina* sp Alimentados com Ração Diferenciada. **Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science** 37: 572-579.
- LUSTRINO, D.; TUNHOLI- ALVES, V.M.; TUNHOLI, V.M.; BESSA, E.C.A. & J. PINHEIRO. 2008. *Allamanda cathartica* L. (apocynacea) seeds induces changes on carbohydrates deposits of *Bradybaena similares* (Férussac, 1821) (Mollusca, Bradybaenidae). **Revista Brasileira de Zoociências** 10 (1): 23-27.
- MacARTHUR, R. & WILSON, E.O. 1967. **The Theory of Island Biogeography**, Princeton University Press, 447p.

- MARTELL, K. A.; TUNNICLIFFE, V.; MACDONALD, I. R. 2002. Biological features of a buccinid whelk (Gastropoda, Neogastropoda) at the endeavor venefields of Juan de Fuça ridge, northeast Pacific. **Journal of Molluscan Studies** **68**: 45-53.
- MARTINS, M. F. & PACHECO, P. 1998. Desempenho reprodutivo do escargot *Achatina fulica* resultados preliminares. In: **Congresso Brasileiro de Zoologia**, 22. Recife. p. 386.
- MARTIN, K. & SOMMER, M. 2004. Relationships between land snail assemblage patterns and soil properties in temperate-humid forest ecosystems. **Journal of Biogeography** **3**:531–545.
- MEAD, A.R. 1961. The giant African snail: a problem in economic malacology. **The University of Chicago Press**, Chicago. 211p.
- MEAD, A.R. 1979. Economic malacology with particular reference to *Achatina fulica*, p. 1-150. In: V. Fretter & J. Peaks (Eds). Pulmonate. London, **Academic Press**. 417p.
- MEIRELES, L. M. O.; SILVA, L. C.; JUNQUEIRA, F. O. & BESSA, E. C. A. 2008. The influence of diet and isolation on growth and survival in the land snail *Bulimulus tenuissimus* (Mollusca: Bulimulidae) in laboratory. **Revista Brasileira de Zoologia** **25** (2): 224-227.
- MEIRELES, L.; SILVA, L. C.; JUNQUEIRA, F.O.; LOPES, J.F.S. & BESSA, E.C.A. 2010. Influência da densidade populacional sobre crescimento e fecundidade de *Bulimulus tenuissimus* (d'Orbigny, 1835) (Mollusca, Bulimulidae). **Revista Brasileira de Zociências** **12** (1): 51-58p.
- McMAHON, H.P. 1957. Activity patterns of *Lymnaea stagnalis* (L.) in relation to temperature conditions: a preliminary study. **Malacological Review** **6** (1): 59.
- MICHELSON, E. H. 1961. The effects of temperature on growth and reproduction of *Australorbis glabratus* in the laboratory. **American Journal of Hygiene**, Baltimore, **73**:66-74.
- MONTEIRO, W. & T. KAWANO. 1998. Crescimento de órgãos do aparelho reprodutor durante o desenvolvimento de *Biomphalaria tenagophila* (Orbigny) (Mollusca, Planorbidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro **58** (4): 693-705.
- NAOKUNI & OZAKI, 1986. Induction of locomotor behavior in the giant African snail, *Achatina fulica*. **Comparative Biochemistry and physiology** **83**(1):77-82.
- NERING, I.S. FISHER, M.L.& COSTA, L.C.M. 2004. Avaliação preliminar da sazonalidade da ovoposição de *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) em laboratório. In. **Anais do Encontro Anual de Etologia**, Campos. 22p.
- NEUHAUSS, E.; M. FITARELLI; J. ROMANZINI & C. GRAEFF-TEIXEIRA. 2007. Low susceptibility of *Achatina fulica* from Brazil to infection with *Angistrongylus costaricensis* and *A. cantonensis*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** **102**: 49-52.
- NISBET RN. 1974. The life of archatinidae in London. **Society London** **41**:1171.
- NORTON, C.G. & BRONSON, J.M. 2005. The relationship of body size and growth to egg production in the hermaphroditic freshwater snail, *Helissoma tricolvis*. **Jornal of Molluscan Studies** **72**: 143-147.
- NUMATA, H.; MORI, M., GOTO, S.G. & NUMATA, H. 2007. Seasonal reproductive cycle in relation to tolerance to high temperatures in the terrestrial slug *Lehmannia valentiana*. **Invertebrate Biology** **126**,2: 154–162.

PAIVA, C. do L. (Ed.). *Achatina fulica* (Moluscos): agrícola e ameaça à saúde pública no Brasil. Página lançada em 10 de maio de 1999 e atualizada em 25 de abril de 2004. Disponível em: http://www.geocities.com/lagopaiva/achat_tr.htm. Acessado em: 25/05/2011.

PAWSON, P. A. & CHASE, R. 1984. The life reproductive activity of *Achatina fulica* (Bowdich) in laboratory culture. *Molluscan Studies* 50: 85 – 91.

PAKARINEN, E. 1992. Feeding avoidance of terrestrial gastropods to conspecific and nonspecific material. *Journal Molluscan Studies* 58 (2):109-120.

PANIGRAHI, A., MAHATA, S.K & S.K. RAUT.1992. Circadian rhythm in norepinephrine and epinephrine contents in the brain of the garden slug, *Laevicaulis alte* (Férussac). *Apex* 7 (2): 59- 65.

PANJA, U. K. 1995. **Activity pattern in respect to homing of the giant african land snail, *Achatina fulica* Bowdich.** Calcutá, 112 páginas. Dissertação de mestrado. Universidade de Calcutá.

PESCHEL, M.; STRAUB, V. & TEYKE, T. 1996. Consequences of food-attraction conditioning in the *Helix*: a behavioral and eletrophysiological study. *Journal Compilation Physiological* 178: 317-327.

PEARCE, T.A. 1997. Interference and resource competition in two land snails: adults inhibit conspecific juvenile growth in field and laboratory. *Journal of Molluscan Studies* 63: 389-399.

PESCHEL, M.; STRAUB, V. & TEYKE, T. 1996. Consequences of food-attraction conditioning in the *Helix*: a behavioral and eletrophysiological study. *Journal Comp. Physiological* 178: 317-327.

PINHEIRO, J. 1996. Influence of starvation on the glycogen and galactogen contents in the snail *Bradybaena similis* (Ferrussac, 1821) (Molusca: Gastropoda). *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 39: 349-357.

PINHEIRO, J. & GOMES, E.M. 1994. A method for glycogen determination in molluscs. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 37: 569-576.

PRIOR, D. 1985. Wather-regulatory behavior in terrestrial gastropods. *Biological Research* 60:403-424.

QUIJON *et al.*, 2001 Quijón, P., E. Jaramillo, and H. Contreras. 2001. Distribution and habitat structure of *Ocypode gaudichaudii* H.Milne Edwards & Lucas, 1843, in sandy beaches of northern Chile. *Crustaceana* 74 (1):91–103.

OGASAWARA, T. & TASAKI, K. 1990. Bimodality in the nocturnal behavior of the giant land snail, *Achatina fulica*. *Tohoku Journal Experimental Medicine* 161 (2):129-135.

OLIVEIRA, A. P. M.; TORRES, E. J. L.; MALDONADO, A.; ARAÚJO, J. L. B.; FERNANDEZ, M. A.; THIENGO, S. C. 2008. *Achatina fulica* como hospedeiro intermediário de nematódeos de interesse médico-veterinário em Goiás, Brasil. *Revista de Patologia Tropical*, Goiânia 39 (3): 199-210.

RAUT, S. K.& PANIGRAAHI, A. 1990. Feeding rhythm in the garden slug *Laevicaulis alte* (Soleolifera: Veronicellidae). *Malacological Review* 23: 39-46.

RAUT, S.K. & GHARA, T.K., 1990. Impact of individual's size on density of the snail pest *Achatina fulica* Bowdich (Gastropoda: Achatinidae). *Bollettino Malacologico* 25 (9): 301-306.

- RAUT, S. K. & CHOSE, L. C. 1977. Factors influencing mortality in land snails *Achatina fulica* Bowdich, 1822 and *Macrochlamys indica* Gowin-Austen during aestivation. **Proceedings of the Zoological Society Calcuta**, Calcuta **32**:107-120.
- RAUT, S.K. & CHOSE, L.C. 1986. Food preference and feeding behavior of two pestiferous snails, *Achatina fulica*. Bowdich, 1822 and *Macrochlamys indica* Gowin-Austen. **Records of the Zoological Survey of India**, Calcuta **80**:421-440.
- RAUT, S.K. & CHOSE, L.C. 1977. Factors influencing mortality in land snails *Achatina fulica* Bowdich, 1822 and *Macrochlamys indica* Gowin-Austen during aestivation. **Proceedings of the Zoological Society**, Calcuta **32**:107-120.
- RAUT, S.K. & GHOSE, L.C. 1983. Food preference and feeding behavior of two pestiferous snails, *Achatina fulica*. Bowdich, 1822 and *Macrochlamys indica* Gowin-Austen. **Records of the Zoological Survey of India**, Calcuta **80**: 421-440.
- RAUT, S.K. & A. PANIGRAHI. 1988. Egg-nesting in the garden slug *Laevicaulis alte* (Férussac) (Gastropoda, Soleolifera). **Malacological Review** **21**: 101-104.
- RAUT, K. & G. BARKER. 2002. *Achatina fulica* Bowdich and others Achatinidae pest in tropical agriculture, p. 55-114. In: G. BARKER (Ed.). **Mollusks as croup pest**. London, UK. CABPublishing, 400p.
- RAVEN, C. P. 1956. Morphogenesis: The Analysis of Molluscan Development. **Pergamon Press**, London 2:432-441.
- RICKLEFS, E.R. 2001. **A Economia da Natureza**. 5ª Edição. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. RJ, 503 p.
- ROCCO, S. C. **Infecção natural de nematódeos parasitas em *Achatina fulica* Ferussac (Gigante Africano) (gastropoda: Pulmonata: Stylommatophora) relacionada com as condições sanitárias em vida livre e em criações comerciais no Estado de São Paulo**; São Paulo; s.n; 2007. 140 p. ilus, tab, graf. Apresentada em São Paulo (Estado). Secretaria da Saúde. Coordenadoria de Controle de Doenças. Programa de Pós-Graduação em Ciências para obtenção do grau de Doutor, 2007.
- ROSA, R., COSTA, P.R. & NUNES, M.L. 2004. Effect of the sexual maturation on the tissue biochemical composition of *Octopus vulgaris* and *O. defilippi* (Mollusca, Cephalopoda). **Marine Biology** **145**: 563-574.
- RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. 1996. **Zoologia dos invertebrados**. 6. ed. São Paulo: Roca. p. 332-352.
- SALGADO, NC. 2010. **Morfologia e taxonomia: recharacterização de 25 *Achatina* (*Lissachatina*) *fulica* (Mollusca, Gastropoda, Stylommatophora, Achatinidae)**. In: O caramujo Gigante Africano no Brasil. Champagnat. Curitiba. 14-47p.
- SANTOS, E. 1982. **Moluscos do Brasil: vida e costumes**. Belo Horizonte. Editora Itatiaia. 442p.
- SANTOS, S.B.; MONTEIRO, D.P. & THIENGO, S.C. 2002. *Achatina fulica* (Mollusca: Achatinidae), na Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro: implicações para a saúde ambiental. **Biociências**, Porto Alegre **10**: 159-162.

SCHILTHUIZEN, M.; ANGELIQUE, V. T.; MERIJN, S.; THOR-SENG, L. S.; SHEENA, J.; BERJAYA, B.E. & JAAP J. V. 2006. Microgeographic evolution of snail shell shape and predator behavior. **Journal Evolution** **60** (9): 1851–1858.

SIDEL'NIKOV, A. P. & STEPANOV, I. I. 2000. Effect of the population density on growth and regeneration in the snail *Achatina fulica*. **Izvestiya Rossijskoi Akademii Nauk Seriya Biologicheskaya**, Nauk **5**: 525-532.

SILVA, L. C.; MEIRELES, L. M. O.; JUNQUEIRA, F. O. & BESSA, E. C. A. 2008. Development and reproduction in *Bulimulus tenuissimus* (Mollusca, Bulimulidae) in laboratory. **Revista Brasileira de Zoologia** **25** (2): 220-223.

SILVA, L. C.; MEIRELES, L. M. O.; JUNQUEIRA, F. O. & BESSA, E. C. A. 2009. Influência da umidade do substrato sobre crescimento, produção de ovos e sobrevivência de *Bulimulus tenuissimus* (d'Orbigny, 1835) (Mollusca, Bulimulidae) sob condições de laboratório. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre **7** (2): 144-149.

SILVA, L. C. 2009. **História de vida de *Bulimulus tenuissimus* (d'Orbigny, 1835) (Mollusca, Bulimulidae): variação no conteúdo dos substratos energéticos de acordo com a idade e sazonalidade**. Juiz de Fora, 97 páginas. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora.

SILVA, L. C.; MEIRELES, L. M. O.; JUNQUEIRA, F. O.; PINHEIRO, J. & BESSA, E. C. A. 2013. Seasonal changes of energy reserves in *Bulimulus tenuissimus* (d'Orbigny, 1835) (Mollusca, Bulimulidae). **Animal Biology** **62**: 111-118.

SIMIÃO, M.S. & M.L. FISCHER. 2004. Estimativa e inferência do método de controle do molusco exótico *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Stylommatophora; Achatinidae) em Pontal do Paraná, litoral do Estado do Paraná. **Cadernos de Biodiversidade** **4**: 74-83.

SIMBERLOFF, D. & GIBBONS, L. 2004. Now you see them, now you don't- population crashes of established introduced species. **Biological Invasions, Netherlands** **6**:161-172.

SIMONE, L.R.L. 1999. Mollusca Terrestres. In: Brandão, C.R. & E.M. Canello, (Org.). Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX: **Invertebrados Terrestres**. FAPESP, São Paulo, Brazil. 423p.

SIMONE, L.R.L. 2006. **Land and freshwater molluscs of Brazil**. EGB, FAPESP, São Paulo, Brazil. 349p.

SOARES, C. M.; C. HAYASHI & I. C. COCITO. 1999. Exigência de proteína para o caracol gigante (*Achatina fulica*) em fase de crescimento. **Acta Scientiarum** **21** (3): 683- 686.

SOARES, C.M.; C. HAYASHI. & I. COCITO. 2008. Exigência de Proteína para o Escargot Francês, *Helix aspersa maxima* em Fase de Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia** **31** (2): 835-841

SOUTH, H. 1982. A comparison of the life cycle of *Deroceras reticulatum* (Müller) and *Arion intermedius* Normand (Pulmonata: Stylommatophora) at different temperatures under laboratory conditions. **Journal Molluscan Studies** **48**: 233-244.

SOUZA, C.P. & K.G. MAGALHÃES. 2000. Rearing of *Lymnaea columella* (Say, 1917), intermediate host of *Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro **95** (5): 739-741.

SOUZA, R. M.; ALVES, A. G.C. & ALVES, M. S. 2007. Conhecimento sobre o molusco gigante africano *Achatina fulica* entre estudantes de uma escola pública na Região Metropolitana do Recife. **Biotemas** **20** (1): 81-89.

SULIKOWSKA-DROZD, A. 2005. Habitat choice in the Carpathian land snails *Macrogastra tumida* (Rossmässler, 1836) and *Vestia turgid* (Rossmässler, 1836) (Gastropoda: Clausiliidae). **Journal of Molluscan Studies** **71**: 105 – 112.

STAIKOU, A.E. 1998. Aspects of life cycle, population dynamics, growth and secondary production of the pulmonate snail *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) in northern Greece. **Journal of Molluscan Studies** **64**, 297-308.

STOREY, K.B. 2002. Life in slow lane: molecular mechanisms of estivation. **Biochemical Physiology** **133**: 733-754.

TAKEDA, N. & OZAKI, T. 1986. Introduction of locomotor behavior in the giant African snail, *Achatina fulica*. **Biochemistry and Physiology**, London **83**:77-82.

TELES, H.M.S. & L.R. FONTES. 2002. Implicações da introdução e dispersão de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 no Brasil. **Boletim do Instituto Adolfo Lutz** **12**: 3-5.

THAKUR, S. & KUMARI, R. 1998. Seasonal behaviour of giant African snail *Achatina fulica* in Bihar. **Journal of Ecotoxicology & Environmental Monitoring** **8** (2):153-160.

THIENGO, S. C.; SANTOS, S. B. & FERNADEZ, M.A. 2005. Malacofauna límnic da área de influência do lago da usina hidrelétrica de Serra da Mesa, Goiás, Brasil. I. Estudo qualitativo. **Revista Brasileira de Zoologia** **22**: 867-874.

THIENGO, S.C. 2007. Helminthoses de interesse médico-veterinário transmitidas por moluscos no Brasil, p. 287-294. In: S.B. SANTOS; A.D. PIMENTA; S.C. THIENGO;M.A.FERNANDEZ; R.S.; ABSALÃO (Eds). **Tópicos em Malacologia Ecos do XVIII Encontro Brasileiro de Malacologia**. Rio de Janeiro, Ed. Corbã, 406p.

THIENGO, S. C.; FARACO, F. A.; SALGADO, N. C.; COWIE, R. H.; FERNANDEZ, M. A. 2007. Rapid spread of an invasive snail in South America: the giant African snail, *Achatina fulica*, in Brazil. **Biological Invasions**, Dordrecht, **4** (1): 1-10.

THIENGO, S.A.R. C.; M.A. FERNADEZ; E.J.L. TORRES; P.M. COELHO & R.M LANFREDI. 2008. First record of a nemetode Metastrongyloidea (*Aelurostrongylus abstrusus* larvae) in *Achatina* (*Lissachatina*) *fulica* (Mollusca, Achatinidae) in Brazil. **Journal of Invertebrate Pathology** **98**: 34-39.

THIENGO, S.C.;FERNANDEZ, M.A. & OLIVEIRA, M. 2010. *Achatina fulica*: um problema de saúde pública? In **O caramujo gigante africano *Achatina fulica* no Brasil** (M.L. Fischer & L.C.M. Costa, eds). Champagnat Editora – PUCPR, Curitiba. 189-202p.

TILLER, S.; JACKSON, G. V. H.; MACFARLANE, R. 1993. Giant African snail. 2nd edition. **Pest Advisory Leaflet South Pacific Commission**.6: 4.

TOMIYAMA, K. 1992. Homing behavior of the giant African snail, *Achatina fulica* (Férussac) (Gastropoda: Pulmonata). **Journal Ethology** **10** (2): 139-147.

- TOMIYAMA, K. 1993. Growth end maturation pattern in the African giant snail, *Achatina fulica* (Ferussac) (Stylommatophora: Achatinidae). **Venus** **52** (1): 87-100.
- TOMIYAMA, K. & MIYASHITA, K. 1992. Variation of egg clutches in the giant African snail, *Achatina fulica* (Ferussac) (Stylommatophora: Achatinidae) in Ogasawara Islands. **Venus** **51**: 293–301.
- TOMIYAMA, K.; NAKANE, M. 1993. Dispersal patterns of the giant African snail, *Achatina fulica* (Ferussac) (Stylommatophora: Achatinidae), equipped with radiotransmitter. **Journal of Molluscan Studies** **59** (3): 315-322.
- TOMIYAMA, K. 1994. Courtship behavior of the giant African snail, *Achatina fulica* (Férussac) (Gastropoda: Pulmonata). **Journal Ethology** **10**(2): 139-147.
- TOMIYAMA, K. 1996. Mate-choice criteria in protandrous simultaneously hermaphroditic land snail *Achatina fulica* (Férussac) (Stylommatophora: Achatinidae). **Journal of Molluscan Studies** **62** (1): 101-111.
- TOMIYAMA, K. 2000. Daily dispersal from resting sites of the African giant snail, *Achatina fulica* (Férussac) (Pulmonata; Achatinidae), on a North Pacific Island. **Tropicos** **10**: 243 – 249.
- TOMIYAMA, K. 2002. Age dependency of sexual role and reproductive ecology in a simultaneously hermaphroditic land snail, *Achatina fulica* (Stylommatophora: Achatinidae). **Venus** **60**(4): 273–283.
- TOMIYAMA, K. & MIYASHITA, K. 1992. Variation of egg clutches in the giant African snail, *Achatina fulica* (Ferussac) (Stylommatophora: Achatinidae) in Ogasawara Islands. **Venus** **51**: 293–301.
- TOMPA, A. 1984. Land snails (Stylomatophora). In Tompa, A.; Verdonk, N.K. & Van Den Biggelaar, J.M.W. (eds). **The Mollusca Reproduction**. Academic Press, London, England. 554p.
- TOWSED, C. R. 1974. Mucus trail following by the snail *Biomphalaria glabrata* (Say). **Animal Behaviour** **22**: 170-177.
- UDAKA, H.; MORI, M.; GOTO, S. G. & NUMATA, H. 2007. Seasonal reproductive cycle in relation to tolerance to high temperatures in the terrestrial slug *Lehmannia valentiana*. **Invertebrate Biology** **126** (2): 154-162.
- VASCONCELLOS, M. C. & PILE, E. 2001. Ocorrência de *Achatina fulica* no Vale do Paraíba, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista de Saúde Pública** **35** (6): 582 -584.
- VINCI, G. K., UNNITHAN, V. K. & SUGUNAN, V.V., 1988. Farming of the Giant African Snail, *Achatina fulica*. **Central Inland Capture Fisheries Research Institute** **56** (1):1-24.
- WANVIPA, K.; KRUATRACHUE, M.; SUCHART, E. U.; CHITRAMVONG, Y.; SETARUGSA, P.; CHAVADEJ, J.; SOBHON, T. M.; PRASERT, S. 1989. Comparative Studies on reproductive systems of *Achatina fulica*, *Hemiplecta distincta* and *Cyclophorus aurantiacus*. **Journal of Science Society of Thailand** **15**: 71-107.

ZANOL, J.; FERNANDEZ, M. A.; OLIVEIRA, A. P. M.; RUSSO, C. A. M.; THIENGO, S.C. 2010. O caramujo exótico invasor *Achatina fulica* (Stylommatophora, Mollusca) no Estado do Rio de Janeiro (Brasil): situação atual. **Biota Neotropica**, Campinas, **10**(3): 67-78.

ZERA, A.J. & HARSHMAN, L.G. 2001. The physiology of life history trade-offs in animals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 95-126.

ZILLER, S.R. & ZALBA, S. 2007. Propostas de ação para prevenção e controle de espécies exóticas invasoras. **Native Conservation** 5 (2): 8-15.

ZHUKOV, V.V. & BAIKOVA, I.B. 2001. Influence of visual stimuli upon the choice of motive directions in *Achatina fulica*. **Sensory System** 15:133-138.