

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS –
COMPORTAMENTO E BIOLOGIA ANIMAL

Fabíola Almeida Matos de Souza

**CICLO DE VIDA E BIOLOGIA COMPORTAMENTAL DE *Rumina decollata*
LINNAEUS, 1758 (MOLLUSCA, SUBULINIDAE) EM LABORATÓRIO**

Juiz de Fora

2013

Fabíola Almeida Matos de Souza

Ciclo de vida e biologia comportamental de *Rumina decollata* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Subulinidae) em 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

Souza, Fabíola Almeida Matos de .

Ciclo de vida e biologia comportamental de *Rumina decollata* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Subulinidae) em laboratório / Fabíola Almeida Matos de Souza. -- 2013.

63 p. : il.

Orientadora: Elisabeth Cristina de Almeida Bessa

Coorientadora: Lidiane Cristina da Silva

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Comportamento Animal, 2013.

1. Biologia. 2. Ciclo de vida. 3. Comportamento. 4. Horário de atividade. 5. Molusco terrestre. I. Bessa, Elisabeth Cristina de Almeida, orient. II. Silva, Lidiane Cristina da, coorient. III. Título.

Fabíola Almeida Matos de Souza

Ciclo de vida e biologia comportamental de *Rumina decollata* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Subulinidae) em laboratório

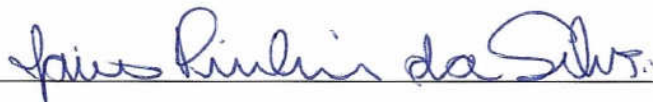
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas – Comportamento e Biologia Animal, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração em Comportamento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

Aprovada em 28 de fevereiro de 2013

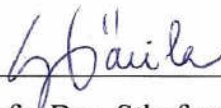
BANCA EXAMINADORA



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. Stéfane D'Ávila
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por iluminar todos os meus caminhos, pelas oportunidades proporcionadas nesta existência e por sempre colocar pessoas de bem em meu caminho.

À professora Elisabeth Cristina de Almeida Bessa do Departamento de Zoologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Juiz de Fora por aceitar me orientar neste trabalho.

À minha coorientadora Dra. Lidiane Cristina da Silva, Profa. Da prefeitura de Juiz de Fora, por aceitar mais uma orientada, por acreditar em meu potencial, por tudo que me ensinou nesse período e pela amizade sincera e construtiva.

Aos membros da banca examinadora professor Jairo Pinheiro da Silva da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e professora Sthefane D'ávila da Universidade Federal de Juiz de Fora por terem aceito o convite.

A todos os membros do Museu de Malacologia Professor Maury Pinto de Oliveira, nossa querida “malaco”, Cida e Maria Alice por manterem a ordem e higiene do local, ajudando sempre que algo faltava. Tércia, por ajudar a esclarecer os mistérios da matemática, pelas conversas, pelas tardes de estudo e pela amizade. Evelyn, pela companhia, pelo compartilhamento de angústias e trabalhos. À Thays, pelas parcerias e companheirismo nos trabalhos e momentos difíceis, e também por ser sempre uma ótima confidente!, Ao Vinícius, por sempre responder meus pedidos de socorro, pelas ótimas horas de descontração *on line* e ao vivo, juntamente com a Patrícia.

À minha mãe e à minha irmã Valéria, por aguentarem os momentos de tensão mas ouvindo com paciência mesmo sem entender os “experimentos” mas sempre ouvindo os desabafos com muita paciência.

Às amigas de fora do mestrado, mas desde sempre em minha vida, Lucila e Gabriela, por também compartilharem dos momentos de estresse e de alegria.

À Universidade Federal de Juiz de Fora, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas – Comportamento e Biologia Animal pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa, pelas disciplinas concedidas e pelo espaço disponibilizado para a realização deste trabalho e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida.

RESUMO

O filo Mollusca é composto por diversas espécies que são amplamente utilizadas pelo ser humano na economia em setores diversos como alimentação e saúde pública. Devido a isto, houve intensa disseminação de espécies exóticas entre diversas regiões do globo, tornando necessário o conhecimento sobre a biologia e o comportamento desses moluscos nas áreas onde foram introduzidos para se prever os possíveis danos à malacofauna e flora nativas. Tais estudos também são relevantes para o desenvolvimento de estratégias de manejo quando o aumento excessivo da população de uma determinada espécie torna-se prejudicial ao ambiente, além de uma possível utilização de moluscos como ferramentas de controle biológico. *Rumina decollata* (Linnaeus, 1758) é uma espécie oriunda da região Mediterrânea que foi introduzida na América do Norte para o controle biológico de *Helix aspersa* Müller, 1774 em plantações de frutas cítricas, porém, houve intenso aumento das populações que levou a uma proibição da entrada e criação de *R. decollata* em algumas regiões dos EUA e atualmente, a espécie é encontrada em países da América do Sul como Argentina e Brasil. Não há estudos que descrevam os atos comportamentais nem a biologia da espécie no Brasil, apesar da sua ocorrência em algumas regiões do país. Este estudo foi realizado para esclarecer aspectos biológicos tais como crescimento, reprodução, mortalidade e comportamento de *R. decollata* em condições de laboratório. Para a realização dos experimentos sobre a biologia da espécie, foram utilizados moluscos criados agrupados (10 moluscos/ grupo) e isolados (30 moluscos/grupo). Para observar o padrão de crescimento os moluscos foram pesados e medidos mensalmente para posterior comparação. Os moluscos foram criados isolados para verificar a ocorrência de autofecundação, e comparar tempo para alcance de maturidade, fecundidade e eclodibilidade dos ovos. Os resultados demonstraram que moluscos agrupados e isolados diferiram quanto ao crescimento entre 0 a 60 dias, com uma maior taxa para os moluscos criados isolados, seguido de uma estabilização, caracterizando um crescimento determinado, padrão que difere do encontrado para outros subulinídeos. O peso diferiu significativamente entre isolados e agrupados, com maiores valores para moluscos agrupados. Não houve mortalidade para os moluscos isolados durante o período de observação. O alcance da maturidade sexual ocorreu a partir de 90 dias para os agrupados e 120 dias para os isolados. Verificou-se a ocorrência de autofecundação, porém, os moluscos realizaram preferencialmente a fecundação cruzada, a qual também foi responsável por um maior número de ovos viáveis. Ficou evidenciado que *R. decollata* apresentou diferenças em sua biologia

quando comparada com os estudos de outros autores em diferentes localidades. Para a descrição do comportamento e interações entre adultos e jovens, foram utilizados 30 moluscos jovens e o mesmo número de adultos observados durante 24 horas através do método *scan sample* a intervalos de 20 minutos. Os moluscos adultos e jovens apresentaram-se mais ativos durante o período noturno, com somente um ato comportamental (“Interagir”) diferindo significativamente durante as 24 horas de observação, com maior interação entre os adultos. Adultos e jovens diferiram quanto ao ato “Alimentar” e “Deslocar” somente em dois horários e três distintos do período noturno respectivamente. Não houve influência da umidade relativa do ar no comportamento dos moluscos, porém, houve correlação entre a temperatura média e a atividade de adultos e jovens. Tais resultados comprovam que o horário de atividade de *R. decollata* é semelhante ao descrito para diversos moluscos gastrópodes, inclusive subulinídeos. A diferença entre os atos comportamentais de jovens e adultos demonstra uma possível diferenciação de nichos.

Palavras chaves: Molusco terrestre. Biologia de moluscos. Etograma. Subulinídeos.

ABSTRACT

LIFE CYCLE AND BEHAVIORAL BIOLOGY OF *Rumina decollata* LINNAEUS, 1758 (MOLLUSCA, SUBULINIDAE) IN LABORATORY CONDITIONS

The phylum Mollusca is composed by several species that are largely used in many economic sectors such as food and public health. Because of it, there was a dissemination of alien species among several parts of the world, what make necessary the knowledge of life cycle and behavior in the regions of introduction of these species, in order to predict possible damages to native fauna and flora. These studies are also important to the development of control strategies in case of populations increase, turning a species into a pest, besides, its is useful tin case of using a species as biological control. *Rumina decollata* (Linnaeus, 1758) is a land snail from Mediterranean area that was introduced in the North of USA to control populations of *Helix aspersa* Müller, 1774 in *citrus* sp plantations, however, occurred an overpopulation that lead to a prohibition of *R. decollata* entrance and rearing in this country and nowadays, the species is found in South America in Argentina and Brazil. There is a lack of studies that describe the behavioral biology and the lifecycle of this species in Brazil, despite its occurrence in some districts of the country. This study was realized in order to clarify biological traits such growth, reproduction and behavior of this species in laboratory conditions. For life cycle assay, snails were created grouped (10 snails/ group) and isolated (30 snails 1/goup). To analyze growth patterns, snails were weighted and measured every month. The isolation was to verify the occurrence of self-fertilization and to compare the time to onset sexual maturity, fecundity and egg hatchability. Results showed that snails grouped and isolated differed in growth between 0 and 60 days, with high rate to isolated snails. There was stabilization that characterize determinate growth pattern that differ from other subulinids. Weight was significantly different, with higher rates to grouped snails. It was not observed mortality in isolated snails during the observation period. The reaching of maturity occurred from 90 days for grouped snails and from 120 days to isolate. It was verified self-fertilization, although the cross fertilization seems to be the pattern what can be confirmed by the higher number of viable eggs. It was evidenced that *R. decollata* showed differences in its biology when compared to studies realized in other regions. To describe behavior of juvenile and adult individuals, it was used 30 snails of each age, observed for 24 hours by the *scan samplé* method. Adult and juvenile were more active during nocturnal period, with only one

act (“Interact”) significantly different during the 24 hours, with more interaction between adults. Adult and juvenile showed difference in the acts “Feed” and “Dislocate” in two and three different hours in nocturnal period respectively. It was not observed influence of relative air humidity, but there was a correlation between mean temperature and the activity of adult and juvenile snails. Such results demonstrate that the activity period of *R. decollata* is alike to other terrestrial snails, including subulinids. The difference between behavioral displays of juvenile and adults indicate the occurrence of niche differentiation.

Key-words: Land snail. Molluscs biology. Ethogram. Subulinidae.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 1:	A) Indivíduo da espécie <i>Rumina decollata</i> , visão geral do animal vivo; B) Concha de um indivíduo adulto; C) Indivíduo de <i>Rumina decollata</i> no momento da perda do ápice da concha.....	18
Fotografia 2:	A) Concha calcinada de <i>Rumina decollata</i> para a quantificação de cálcio; B) Titulação de cálcio mostrando a alteração de cor a ser observada após a adição de murexida.....	29
Gráfico 1:	Comprimento de concha (mm) de indivíduos de <i>Rumina decollata</i> criados agrupados e isolados durante 180 dias.....	30
Fotografia 3:	Conchas de indivíduos de <i>Rumina decollata</i> criados agrupados e isolados, demonstrando a diferença de tamanho ao final do período de observação de 180 dias.....	31
Gráfico 2:	Taxa de crescimento (mm/ dia) de indivíduos de <i>Rumina decollata</i> criados agrupados e isolados durante 180 dias.....	32
Gráfico 3:	Peso médio (g) de indivíduos de <i>Rumina decollata</i> criados isolados e agrupados durante 180 dias.....	33
Gráfico 4:	Taxa de ganho de peso (g/dia) de indivíduos de <i>Rumina decollata</i> criados agrupados e isolados durante 180 dias.....	34
Gráfico 5:	Comparação entre atividade e repouso durante a fotofase e escotofase de indivíduos jovens e adultos de <i>Rumina decollata</i>	48
Gráfico 6:	Frequência dos atos comportamentais exibidos por indivíduos adultos e jovens de <i>Rumina decollata</i> durante 24 horas de observação.....	49
Gráfico 7:	Comparação do ato comportamental “Explorar” exibido por indivíduos jovens e adultos de <i>Rumina decollata</i> ao no período de 24 horas de observação.....	50
Gráfico 8:	Comparação do ato comportamental “Alimentar” exibido por indivíduos jovens e adultos de <i>Rumina decollata</i> ao no período de 24 horas de observação.....	51

Gráfico 9:	Comparação do ato comportamental “Deslocar” exibido por indivíduos jovens e adultos de <i>Rumina decollata</i> ao no período de 24 horas de observação.....	52
Gráfico 10:	Correlação entre temperatura média e atividade de indivíduos jovens e adultos de <i>Rumina decollata</i> em um período de 24 horas de observação.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Média, desvio padrão, amplitude (valores mínimo e máximo) e coeficiente de variação do comprimento da concha de <i>Rumina decollata</i> , criados isolados e agrupados, durante 180 dias.....	32
Tabela 2:	Média, desvio padrão, amplitude (valores mínimo e máximo) e coeficiente de variação do peso de <i>Rumina decollata</i> , criados isolados e agrupados durante 180 dias.....	33
Tabela 3:	Comprimento de concha (mm) e peso (g) de <i>Rumina decollata</i> no primeiro dia de vida, no alcance da maturidade sexual e com 180 dias de vida, criados isolados e agrupados.....	35
Tabela 4:	Médias, desvios padrões, amplitude (valores mínimo e máximo) para o tempo de alcance da maturidade sexual e intervalo entre oviposturas (em dias) de <i>Rumina decollata</i> criados isolados e agrupados durante 180 dias.....	36
Tabela 5:	Média, desvio padrão, amplitude (valores mínimo e máximo) da fecundidade (ovos/moluscos vivos), taxa de eclosão (%) e período de incubação (dias) de <i>Rumina decollata</i> criados isolados e agrupados durante 180 dias.....	36
Tabela 6:	Média e desvio padrão dos valores de glicogênio (g de glicose/ g tecido, peso fresco) obtidos a partir da glândula digestiva e massa cefalopediosa e galactogênio (g de galactose/ g de tecido, peso fresco) obtidos a partir da glândula de albúmem de <i>Rumina decollata</i> criados isolados e agrupados durante 180 dias.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. <i>Rumina decollata</i> Linnaeus, 1758 (Subulinidae).....	18
2.2. Biologia de moluscos terrestres.....	21
2.3. Biologia comportamental.....	24
3. CICLO DE VIDA DE <i>Rumina decollata</i> LINNAEUS, 1758 (MOLLUSCA, SUBULINIDAE)	26
3.1. Introdução.....	26
3.2. Material e métodos.....	27
3.2.1. Local dos experimentos e obtenção dos moluscos.....	27
3.2.2. Crescimento.....	27
3.2.3. Reprodução.....	27
3.2.4. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar.....	28
3.2.5. Mortalidade.....	28
3.2.6. Análise de carboidratos.....	29
3.2.7. Análise de cálcio.....	29
3.2.8. Condições do experimento.....	30
3.2.9. Análises estatísticas.....	30
3.3. Resultados.....	30
3.3.1. Crescimento e ganho de massa.....	30
3.3.2. Reprodução.....	35
3.3.3. Mortalidade.....	37
3.3.4. Análise de carboidratos.....	37
3.3.5. Efeito da temperatura e da umidade relativa do ar.....	37
3.4. Discussão.....	38
3.5. Conclusões.....	45
4. COMPARAÇÃO DA BIOLOGIA COMPORTAMENTAL DE <i>Rumina decollata</i> LINNAEUS, 1758 JOVENS E ADULTOS	46
4.1. Introdução.....	46
4.2. Material e métodos.....	47

4.3. Resultados.....	48
4.4. Discussão.....	53
4.5. Conclusões.....	56
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

1. INTRODUÇÃO

O filo Mollusca é constituído por uma grande diversidade de espécies, as quais apresentam importância pela sua utilização na economia e pelos prejuízos que causam. A classe Gastropoda engloba indivíduos de grande variedade morfológica e que habitam tanto o ambiente terrestre quanto aquático, sendo uma das classes mais representativas do filo (LYDEARD *et al.*, 2004). Os gastrópodes terrestres são utilizados na economia em setores diversos como na culinária e na confecção de adornos. Podem também constituir-se como pragas agrícolas, transmissores de patógenos de plantas e como problema de saúde pública, pois diversas espécies atuam como hospedeiros intermediários no ciclo de helmintos parasitos de humanos e de animais (BARKER, 2002).

Dentre as espécies invasoras de maior importância está *Rumina decollata* Linnaeus, 1758 (Subulinidae) um gastrópode terrestre conhecido por ser predador de outros moluscos (COWIE, 2001). Esta espécie nativa da região mediterrânea foi introduzida inicialmente na América do Norte com a finalidade de controlar populações do molusco *Helix aspersa* (Müller, 1774) (Helicidae), utilizado na culinária. Atualmente *R. decollata* é encontrada em outras regiões onde se destaca por ser um predador voraz que se alimenta de moluscos de jardim e de seus ovos. Também se alimenta de plantas, porém com menor prejuízo para estas do que para a malacofauna nativa (COWIE, 2001; EL-WAKIL *et al.*, 2011; FRANCESCO & LAGIGLIA, 2007).

Entretanto, o controle biológico ainda é uma medida polêmica uma vez que seu emprego exige cautela, pois o estabelecimento de espécies exóticas nas áreas onde são introduzidas pode causar efeitos colaterais, com danos que superam os benefícios que poderiam advir do controle, como por exemplo, a predação de espécies não alvo e a participação desses moluscos no ciclo de parasitos (SIMBERLOFF & STILING, 1996). Alguns autores (FISCHER, ORTH, SWANSSON 1980; AUFFENBERG & STANGE, 1986) defendem a utilização do controle biológico pelos benefícios observados em alguns casos de introdução, porém, outros estudos demonstraram diversos efeitos colaterais, como ameaça à malacofauna e flora nativas (COWIE, 2001; HOLLAND *et al.*, 2012). Além disso, especula-se que os danos dos quais se tem conhecimento são uma parte ínfima do problema, devido à escassez de estudos sobre o assunto (COWIE, 2001; SIMBERLOFF & STILING, 1996).

Alguns autores questionam a introdução de espécies exóticas com o objetivo de controlar as populações de outras espécies. Sob a perspectiva do controle de organismos alvo

essas introduções podem ser consideradas bem sucedidas, entretanto, isso não se aplica a todas as situações, ocorrendo inclusive impactos maiores em organismos não alvos, em alguns casos levando à extinção de espécies nativas (COWIE, 2001; KINZIE III, 1992).

Estes questionamentos ressaltam a importância de estudos sobre os hábitos comportamentais e a biologia de espécies exóticas nos habitats onde se estabelecem para que estratégias de controle sejam empregadas de maneira eficiente. Trabalhos visando elucidar a biologia comportamental e o padrão de desenvolvimento de moluscos exóticos nas áreas onde foram introduzidos são importantes para avaliar a eficiência da introdução. Fatores ambientais, principalmente temperatura e umidade influenciam o comportamento e o ciclo de vida de moluscos (LEAHY, 1980; ROFF 1992; KINZIE III, 1992; PIGLIUCCI, 2001; PARDO & JOHNSON, 2005). A diferença entre as condições naturais que a espécie se encontra e as encontradas nos locais de introdução podem também atuar de forma decisiva no desenvolvimento e comportamento dos animais.

Outros fatores como densidade populacional e competição entre adultos e jovens de indivíduos da mesma espécie ou não podem afetar o comportamento e a sobrevivência de moluscos tanto em condições de laboratório quanto em campo (BYERS, 2000; CONNER *et al.*, 2008; PEARCE, 1997).

Estudos sobre espécies exóticas sobre a biologia e comportamento nos habitats onde foram inseridas e sobre suas interações com os fatores bióticos e abióticos dos locais de introdução são necessários para se prever possíveis danos e prever se o uso de uma determinada espécie como controle é viável ou não, de acordo com a resposta desses organismos no novo ambiente.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi observar e descrever o crescimento, reprodução e a biologia comportamental de *R. decollata* em condições de laboratório para observar as variações na história de vida e repertório comportamental e constatar se de fato esta espécie é eficiente para controle biológico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

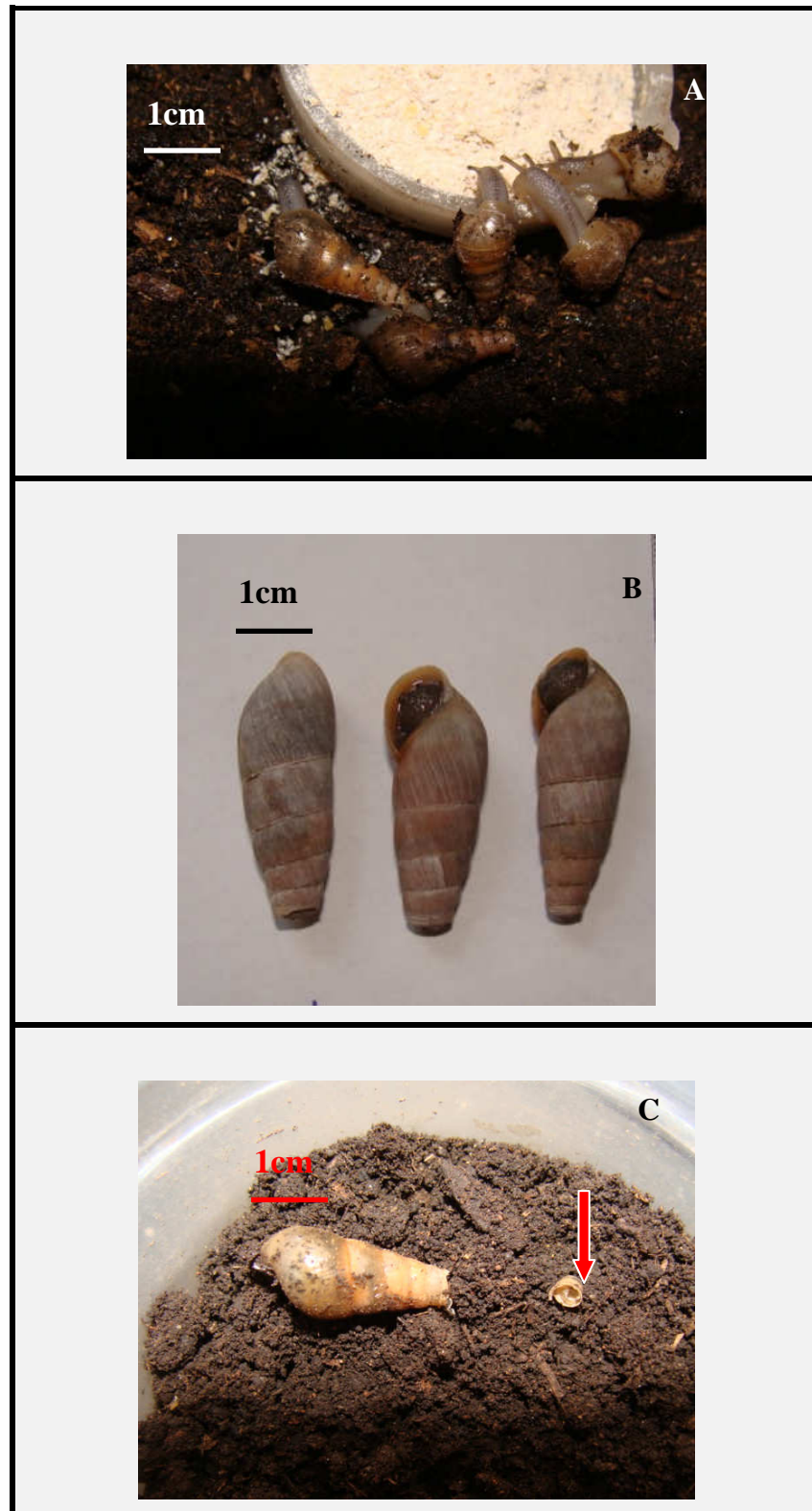
2.1. *Rumina decollata* Linnaeus, 1758 (Subulinidae)

Moluscos terrestres oriundos de várias regiões do globo são retirados de seus países de origem, intencionalmente ou não, para diversas finalidades, como criação para serem utilizados na alimentação ou para uso como controle biológico de outras espécies que se estabeleceram com sucesso nas regiões onde foram introduzidos, alcançando altos índices populacionais tornando-se pragas (COWIE, 1998, 2001).

O gênero *Rumina* foi descrito por Risso em 1826, inicialmente com apenas um representante *Rumina decollata* Linnaeus, 1758 (Fotografia 1a e 1b), primeiramente descrito na família Achatinidae (CLARCK Jr, 2008; BANK & GITTENBERGUER, 1993).

Esta espécie é oriunda da região meridional e oriental da Europa, sendo ainda encontrada no norte da África e no oeste da Ásia, áreas margeadas pelo Mar Mediterrâneo (GULF STATE MARINE FISHERIES COMMISSION, 1999). Seu nome se dá devido à perda do ápice da concha, processo denominado decola, que não é exclusivo para esta espécie uma vez que os autores Páll-Gergely & Németh (2008) observaram a ocorrência da decola para a espécie *Pontophaedusa funiculum* (Mousson, 1856) (Clausuliidae). Outra espécie do gênero, *Rumina saharica* Pallary, 1901 (Subulinidae) também sofre o processo de decola (BANK & GITTENBERGUER, 1993).

Rumina decollata é um gastrópode de concha espiralada, longitudinalmente estriada com linhas irregulares que são um pouco mais proeminentes próximo às suturas. Indivíduos jovens desenvolvem em torno de 7 voltas das quais após a decola permanecem 4 a 5 voltas com tamanho entre 29 – 45mm de altura à 11-14mm de diâmetro. A volta corporal mede mais que o dobro da largura do ápice e a espira mais que o triplo do comprimento da abertura, a qual apresenta anteriormente e voltada para a direita (BATTS, 1957; EL-WAKIL, 2011). Os indivíduos desta espécie apresentam tegumento com coloração cinza-pálido, e quatro tentáculos anteriores, sendo o par inferior mais curto e com função sensitiva (olfatório) e o superior mais longo portanto os olhos. A boca localiza-se abaixo dos tentáculos inferiores (BATTS, 1957; EL-WAKIL, 2011).



Fotografia 1. Espécimes de *Rumina decollata*. (A). Visão geral do animal vivo; (B) Concha de indivíduos adultos (C) Indivíduo no momento da perda do ápice da concha. Fonte: Da autora.

Poucos trabalhos sobre esta espécie são encontrados na literatura científica. Alguns autores descreveram *R. decollata* como um molusco de hábitos noturnos e sedentários mesmo para um pulmonado terrestre. Este molusco permanece basicamente enterrado no solo,

comportamento que impossibilita a visualização dos indivíduos e a estimativa do tamanho das populações desta espécie em nível regional (FRANCESCO & LAGIGLIA, 2007; FISHER *et al.* 1980). Quando estes moluscos hibernam ou entram em estivação, a abertura da concha é selada por um epifragma composto basicamente por muco seco acrescido de fosfato de cálcio, sendo deixado apenas um pequeno orifício para a respiração (BATTS, 1957).

Segundo alguns autores, *R. decollata* é onívora sendo um predador voraz de outras espécies de moluscos de jardim e de seus ovos, além de consumir plantas (BATTS, 1957; EL-WAKIL *et al.*, 2011).

Segundo a literatura encontrada a espécie foi introduzida no continente americano inicialmente nos Estados Unidos, Bermudas e México com a finalidade de controlar a superpopulação de outro gastrópode exótico, *Helix aspersa* Müller (1774), espécie utilizada para o preparo de *escargot*, cujas populações cresceram descontroladamente e causaram danos em plantações de frutas cítricas. Esse fato levou à introdução de *R. decollata*, conhecida por predação de outras espécies de moluscos, com o intuito de controlar as populações de *H. aspersa*. Porém, por seus hábitos alimentares onívoros e pouco estudados, *R. decollata* passou a causar danos, levando inclusive à proibição desta espécie em algumas áreas nos Estados Unidos (AUFFENBERG & STANGE, 1986; COWIE, 2001).

Atualmente há registros de *R. decollata* em algumas localidades na América do Sul, como Argentina e Brasil, porém ainda não há trabalhos que descrevam sua distribuição e os possíveis impactos à fauna e flora nativas (AGUDO-PADRÓN, 2008; FRANCESCO & LAGIGLIA, 2007).

2.2. Biologia de moluscos terrestres

O desenvolvimento e a reprodução de moluscos terrestres são influenciados diretamente pelas condições ambientais onde eles se encontram, tais fatores podem ser temperatura, umidade, densidade e substrato. Alguns autores comprovam os efeitos desses fatores em subulinídeos como *Subulina octona* Bruguière, 1789 (Subulinidae) (ALMEIDA & BESSA, 2000; DÁVILA & BESSA, 2005; D'ÁVILA & BESSA, 2005 B; JUNQUEIRA *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2009).

Os moluscos terrestres podem apresentar dois padrões de crescimento: indeterminado, quando os animais continuam crescendo após o alcance da maturidade sexual ou ocorre uma desaceleração do mesmo após a maturidade; e o crescimento determinado, quando ocorre um investimento energético inicial para o crescimento somático, o qual cessa após o alcance da

maturidade, sendo o investimento energético direcionado para a reprodução (CICHON, 1999). D'ávila & Bessa (2005) verificaram um padrão de crescimento indeterminado para *S. octona*, Almeida & Bessa (2001 a, b) observaram o mesmo para *Bradybaena similis* Férussac, 1821 e *Leptmaria unilamellata* D'Orbigny, 1835, (Subulinidae) e Silva *et al.*, 2008 para *Bulimulus tenuissimus* d'orbigny, 1835, (Bulimulidae).

A espécie *R. decollata* é ovípara como a maioria dos gastrópodes terrestres. Entretanto, ocorrem variações entre as espécies de moluscos, como uma variação da oviparidade, alguns retêm os ovos no trato reprodutivo durante alguns estágios do desenvolvimento embrionário, realizando a ovipostura de ovos contendo embriões mais desenvolvidos, como foi constatado para a espécie *L unilamellata* por Carvalho (2009). Já quando os indivíduos são ovovivíparos, os ovos são retidos durante todo o desenvolvimento embrionário, ocorrendo a eclosão do indivíduo jovem dentro do corpo do indivíduo parental. A diferença entre indivíduos ovovivíparos e vivíparos é que nestes últimos os embriões retidos no trato reprodutivo recebem nutrientes do parental. A retenção de ovos ocorre com maior frequência quando as condições ambientais são desfavoráveis para os ovos e juvenis (BAUR, 1994; HELLER, 2001).

A maioria dos pulmonados terrestres são hermafroditas simultâneos que realizam fertilização cruzada, porém, algumas espécies desenvolveram a capacidade de realizar autofecundação. Sob a perspectiva de declínio de uma determinada população, causando uma diminuição nas chances do encontro de parceiros para a ocorrência de fertilização cruzada, a autofecundação apresenta-se vantajosa (HELLER, 1993; HELLER, 2001). De acordo com Selander (1974) a autofecundação tem duas funções adaptativas: preservar o propósito adaptativo de genótipos e permitir que colônias sejam fundadas por ovos isolados ou indivíduos não fertilizados, e que estas aumentem rapidamente em tamanho. Por outro lado, diminui o valor adaptativo imediato e reduz a variabilidade genética (HELLER, 1993; HELLER, 2001).

A ocorrência de autofecundação varia entre as espécies. Selander & Kauffman (1973) observaram em seus estudos que as linhagens Mediterrâneas de *R. decollata* são mantidas em parte pela autofecundação facultativa, sendo uma única linhagem descendente da original a responsável pela colonização nos EUA.

Para tais estudos é importante observar os animais interagindo com indivíduos de sua espécie e isoladamente para verificar a ocorrência de autofecundação, o que determinará a capacidade colonizadora de uma espécie. O efeito do isolamento no desenvolvimento e capacidade reprodutiva foi estudado sob condições de laboratório por Bessa & Araújo (1995),

Iglesias *et al.* (1996), Almeida & Bessa (2001), Oliveira *et al.* (2007) e Silva (2009) nas espécies *S. octona*, *Helix aspersa*, *L. unilamellata*, *B. similaris*, *B. tenuissimus*, respectivamente, com resultados que demonstram a ocorrência da autofecundação e a eficiência reprodutiva maior ou menor dos indivíduos isolados e agrupados.

Selander (1974) propõe que *R. decollata* é uma espécie colonizadora adaptada para padrões temporais e espaciais de ambientes heterogêneos. Entretanto, no presente momento se tem um conhecimento pouco detalhado de estrutura populacional em organismos, e especulações sobre as vantagens de diferentes sistemas de acasalamento tem de ser feitas sob uma base teórica muito pobre. Daí a importância de se verificar a ocorrência de autofecundação e o potencial reprodutivo de populações de uma determinada espécie em ambientes diferentes. Quanto à longevidade da espécie os registros encontrados na literatura vão desde 1 ano a um ano e meio até 3 anos de vida (GULF STATE MARINE FISHERIES COMMISSION, 1999; SELANDER, 1976; EL-WAKIL *et al.*, 2011).

Ao longo da vida os moluscos alocam recursos energéticos para seu desenvolvimento para de acordo com a fase da vida em que se encontram. Primeiramente, tais recursos são utilizados para o crescimento e desenvolvimento dos animais. Após a maturidade os indivíduos empregam energia para a reprodução, que comprovadamente em diversas espécies de moluscos está diretamente relacionada ao tamanho corporal, sendo importante o investimento inicial no crescimento (PINHEIRO & AMATO, 1994; CICHON, 1999; CARVALHO, 2009).

A glicose é a fonte de energia mais prontamente utilizável pelos animais e é estocada na molécula de glicogênio. Quando há necessidade de despende altas quantidades de energia, ou em situações de estresse o metabolismo é acelerado e o glicogênio é degradado originando glicose livre. O glicogênio nos moluscos é armazenado em células especiais que o armazenam na região anterior do manto, na glândula digestiva e a gônada, além do tecido muscular (massa cefalopediosa), porém estes depósitos são direcionados. O glicogênio estocado tecido muscular de moluscos é devido a um equilíbrio entre o consumo alimentar e a atividade locomotora (GARCIA & PINHEIRO, 2007; CICHON, 1999; PINHEIRO & AMATO, 1994; CARVALHO, 2009).

O galactogênio é encontrado na glândula de albúmen, um órgão sexual secundário do sistema reprodutor feminino e em ovos recém colocados. É o único carboidrato presente no fluido que envolve os embriões nos ovos. A redução na síntese de galactogênio pela glândula de albúmen acarreta em uma menor quantidade deste polissacarídeo nos ovos e acarreta

como consequência a produção de ovos inférteis. (GOMOT *et al.*, 1989; HINKLE & MCCARTY, 1978; TUNHOLI *et al.*, 2010).

Poucos trabalhos investigam a variação desses carboidratos ao longo da vida, sendo a maioria dos trabalhos realizados para espécies de cefalópodes de importância econômica. Em moluscos terrestres, Silva *et al.* (2009) verificou para a espécie *B. tenuissimus* uma grande variação na alocação de recursos energéticos em indivíduos criados em isolamento e agrupados com maiores taxas de reprodução e longevidade para indivíduos criados agrupados. Também foi verificada uma variação ao longo das diferentes fases da vida destes animais, que apresentaram baixas concentrações de glicogênio quando senescentes tanto na glândula digestiva quanto na massa cefalopediosa, que a autora atribui à redução da atividade e da ingestão de alimento, o que teria levado à degradação dessas reservas. Carvalho (2009) observou em seus experimentos que indivíduos adultos de *L. unilamellata* apresentaram alta quantidade de galactogênio na glândula de albúmen quando comparados com moluscos juvenis e senescentes. Isto indica uma maior alocação de energia para a reprodução nesta fase da vida do que para o crescimento.

Diversos estudos vêm sendo realizados observando o crescimento, reprodução e ciclo de vida e fatores que podem interferir na biologia de moluscos (ALMEIDA & BESSA, 2000; ALMEIDA & BESSA, 2001; D'ÁVILA & BESSA, 2005 a, b,c; CARVALHO, 2008; MEIRELES *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2008; CARVALHO *et al.* 2009; SILVA *et al.*, 2009).

Fatores como temperatura, umidade e densidade populacional influenciam a biologia de moluscos terrestres. Segundo Baur (1988) a interferência da temperatura explica a maioria das variações em estudos sobre história de vida, o que foi comprovado por Anderson *et al.* (2007) para *Oreohelix cooperi* (Pilsbry, 1904) (Oreohelidae) que observaram os efeitos da temperatura, umidade e densidade populacional, com resultados que demonstraram que nem a precipitação anual e nem as variações de cálcio afetaram o crescimento dos indivíduos. Silva *et al.* (2009) verificaram que a escassez hídrica influenciou negativamente a fecundidade e a sobrevivência em indivíduos da espécie *B. tenuissimus* porém não exerceu influência sobre o crescimento dos animais.

A densidade pode interferir no ciclo de vida dos indivíduos pois aumenta a competição por alimento, espaço e pela busca de parceiros, além dos efeitos negativos causados pela trilha de muco deixada pelos indivíduos. O excesso de rastros de muco reduz a atividade dos moluscos, a taxa de crescimento de juvenis e o tamanho dos adultos (OOSTERHOFF, 1977; CAMERON & CARTER 1979). Almeida & Bessa (2000) observaram influência da

densidade sobre o crescimento e a reprodução de *B. similaris* e sobre o crescimento de *L. unilamellata*.

2.3. Biologia comportamental

Estudos sobre o comportamento de moluscos terrestres vêm crescendo em importância devido à sua aplicação em setores da economia para se estimar o potencial para causar prejuízos, verificar se determinada espécie pode ser utilizada para controle de outra e ainda desenvolver estratégias de controle eficientes de acordo o comportamento exibido pela espécie. Apesar disso, trabalhos que descrevem etogramas básicos de espécies exóticas e nativas ainda são poucos.

Menor ainda é a quantidade de estudos que comparam o comportamento, horário de atividade e distribuição de nichos entre adultos e jovens da mesma espécie, sendo mais comuns trabalhos puramente descritivos. Junqueira *et al.* (2004) estudou o ritmo de atividade de *B. similaris* em diferentes idades, e Pearce (1996) observou a ocupação de nichos competição por recursos em *Mesodon thyroidus* (Say, 1816) (Polygyridae) e *Neohelix albolabris* (Say, 1816) (Tonniidae) e Conner *et al.* (2008) observou a interação entre jovens e adultos de *Pomacea paludosa* (Say, 1829) (Ampullariidae), ambos os trabalhos demonstraram efeitos deletérios para jovens na presença de adultos.

Kinzie III (1992) cita importância de se estudar o comportamento das espécies exóticas nos habitats onde foram introduzidas, uma vez que podem ocorrer comportamentos inesperados, como o ocorrido em suas observações com *Euglandina rosea* Férussac, 1821 (Spiraxidae) no Hawaii, onde este molusco demonstrou a capacidade de predação de moluscos aquáticos (KINZIE III, 1992).

Em contrapartida à abundância de trabalhos sobre a biologia, trabalhos sobre comportamento de subulinídeos são poucos, destacando-se os realizados por D'Ávila *et al.*, 2006, que estudou o comportamento agregativo para a espécie *S. octona* e Pilate *et al.* (2012) com a espécie *Dysopeas muibum* Marcus & Marcus, 1968 (Subulinidae) para a qual foram registrados e descritos oito atos comportamentais e verificou-se que ao contrário do que ocorre para a maioria dos gastrópodes terrestres, esta espécie não apresenta horário de atividade predominantemente noturno.

De acordo com Francesco & Lagiglia (2007) pouco se sabe sobre a ecologia e o comportamento de *R. decollata*, apenas sabe-se que a espécie é considerada onívora, o que não permite demonstrar um potencial invasivo significativo na Argentina, havendo

necessidade de estudos sobre a dispersão deste molusco em escala regional e local para o registro de sua distribuição atual e seu potencial para dispersão.

3. CICLO DE VIDA DE *Rumina decollata* LINNAEUS, 1758 (MOLLUSCA, SUBULINIDAE)

3.1. Introdução

Espécies exóticas vêm sendo disseminadas ao longo de décadas como controle biológico, mas ainda são poucos os estudos para avaliar o real impacto que estas espécies podem causar para a economia, saúde pública e para a malacofauna nativa (BYERS *et al.*, 2002; LOE *et al.*, 2002). Estudos sobre espécies exóticas nas regiões onde se estabelecem vêm crescendo em importância (ALMEIDA & BESSA, 2001; CARVALHO *et al.*, 2008; JUNQUEIRA *et al.*, 2003; JUNQUEIRA, 2008).

Os fatores ambientais característicos de cada região podem causar variações na história de vida, e diferenças na morfologia, tamanho, tamanho na maturidade, crescimento e fecundidade. Diversos autores relataram a influência da temperatura e umidade no crescimento e reprodução de moluscos, assim como da densidade e interação intra e interespecíficas (LEAHY, 1980; BAUR & RABOUD, 1988, ROFF, 1992; PIGLIUCCI, 2001; REYES-TUR & RAMÍREZ-ÁLVAREZ, 2002; PARDO & JOHNSON, 2005; ANDERSON *et al.*, 2007).

Rumina decollata (Linnaeus, 1758) é um gastrópode terrestre nativo da região mediterrânea que habita o solo, onde vive enterrado a maior parte do tempo. É conhecido por ser predador de outros moluscos sendo registrada sua introdução para controle de *Helix aspersa* (Müller, 1774) em culturas de *Citrus sp* L. (FISCHER *et al.*, 1980). Existem registros de que essa espécie se alimenta de outros moluscos de jardim e de seus ovos, mudas, plantas pequenas e flores (SAKOVICH *et al.*, 1984; BATTS, 1957; SELANDER & HUDSON; 1976; DUNDEE, 1976; FISCHER *et al.*, 1980; EL-WAKIL, 2011).

Trabalhos realizados por diversos autores relatam a biologia e o comportamento de *R. decollata* e de outros subulinídeos constatando as alterações nos mesmos causadas por fatores ambientais (BATTS, 1957, DUNDEE, 1976, DUTRA, 1988; ALMEIDA & MOTA, 2001a; ALMEIDA & MOTA, 2011b; ALMEIDA & BESSA, 2001; SILVA *et al.*, 2009). Além disso, as diferentes populações de uma mesma espécie ainda podem apresentar variações genéticas, uma vez que estas populações sejam estabelecidas em habitats diferentes (BAUR & RABOUD, 1988).

Iglesias *et al.* (1996) ressaltaram a importância de se estudar a biologia de moluscos exóticos nos habitats onde foram introduzidos. Foi constatado que *R. decollata* pode causar impactos negativos em certas espécies de moluscos ameaçadas de extinção o que levou à proibição de sua soltura em diversos locais da Califórnia (SAKOVICH *et al.*, 1984). Não existem registros sobre a introdução de *R. decollata* no Brasil, assim também não são encontrados trabalhos sobre a biologia comportamental dessa espécie no país. O estudo da biologia de espécies invasoras pode gerar subsídios importantes para estratégias de manejo e controle.

Desse modo, o presente trabalho teve objetivo de analisar o crescimento e a mortalidade de *R. decollata* em condições de laboratório.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Local dos experimentos e obtenção dos moluscos

Os experimentos foram realizados no laboratório de Biologia de Moluscos do Museu de Malacologia Prof. Maury Pinto de Oliveira da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG. Os experimentos foram realizados sob condições ambientes temperatura, umidade e fotoperíodo sendo registradas a temperatura média e umidade relativa do ar por termo-higrômetro (INCONTERM®).

Os moluscos utilizados neste experimento foram obtidos a partir de matrizes mantidas no laboratório citado anteriormente. Foram separados 30 moluscos recém eclodidos em grupos de 10 moluscos/terrário (com 3 repetições) (Agrupados). Outros 30 moluscos foram distribuídos individualmente (1 molusco/terrário) (Isolados) para verificar a ocorrência de autofecundação (SILVA *et al.* 2008).

Os moluscos Agrupados foram criados em terrários plásticos com capacidade para 1L e os animais Isolados, em terrários de 250mL. Como substrato foi utilizada terra vegetal previamente esterilizada (120°C/ 1h). Como alimento foi oferecido uma mistura de ração para aves de corte enriquecida com carbonato de cálcio (proporção de 3:1) de acordo com Araújo & Bessa (1993). A ração foi renovada duas vezes por semana, quando também os terrários eram umedecidos com água da torneira.

3.2.2. Crescimento

Para avaliar o crescimento foram realizadas medições mensais do comprimento da concha com paquímetro (Crifer). Avaliou-se o crescimento médio (mm) e a taxa de crescimento (mm/dia) dos Agrupados e Isolados durante 180 dias.

Também foi avaliado o aumento da massa corpórea (g) através de pesagens mensais em balança analítica e a taxa do ganho de peso (g/dia).

3.2.3 Reprodução

Para as análises sobre reprodução, foram avaliados os seguintes parâmetros: tempo para alcance da maturidade, a qual foi determinada pelo início da atividade reprodutiva através da observação da presença de ovos nos terrários; fecundidade, estabelecida pela quantidade de ovos produzidos; período de incubação e eclodibilidade, verificados através da retirada dos ovos dos terrários, com acompanhamento diário dos mesmos com posterior contabilização de juvenis.

A ocorrência de autofecundação foi verificada pelo isolamento dos indivíduos. O isolamento também serviu para verificar se houve diferença nos parâmetros supracitados entre os indivíduos criados das diferentes formas.

3.2.4. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar

Para avaliar os efeitos da temperatura e umidade relativa do ar sobre o crescimento e a reprodução de *R. decollata* foi verificada a existência de correlação entre ambos os fatores com o crescimento, o peso, a fecundidade e o número de ovos através do teste de regressão linear de Pearson.

3.2.5. Mortalidade

A mortalidade foi avaliada pela observação e retirada de indivíduos mortos nos terrários durante a renovação da ração, os quais foram contabilizados para posterior análise comparativa entre agrupados e isolados. A mortalidade foi expressa pelo percentual de moluscos mortos por mês.

3.2.6. Análise de carboidratos

Para analisar os teores de glicogênio e galactogênio moluscos isolados e agrupados adultos foram retirados das conchas e dissecados para retirada da glândula de albúmen, glândula digestiva e massa cefalopediosa. Os tecidos foram pesados individualmente em balança analítica (Bosch SAE 200), em seguida acondicionados em recipientes plásticos, e mantidos em banho de gelo durante o procedimento, para evitar a degradação enzimática dos carboidratos. O “pool” de tecidos foi obtido com um grama de peso fresco, o qual foi processado para qualificação e quantificação dos polissacarídeos. O glicogênio foi extraído da massa cefalopediosa e glândula de albúmen, e o galactogênio da glândula digestiva.

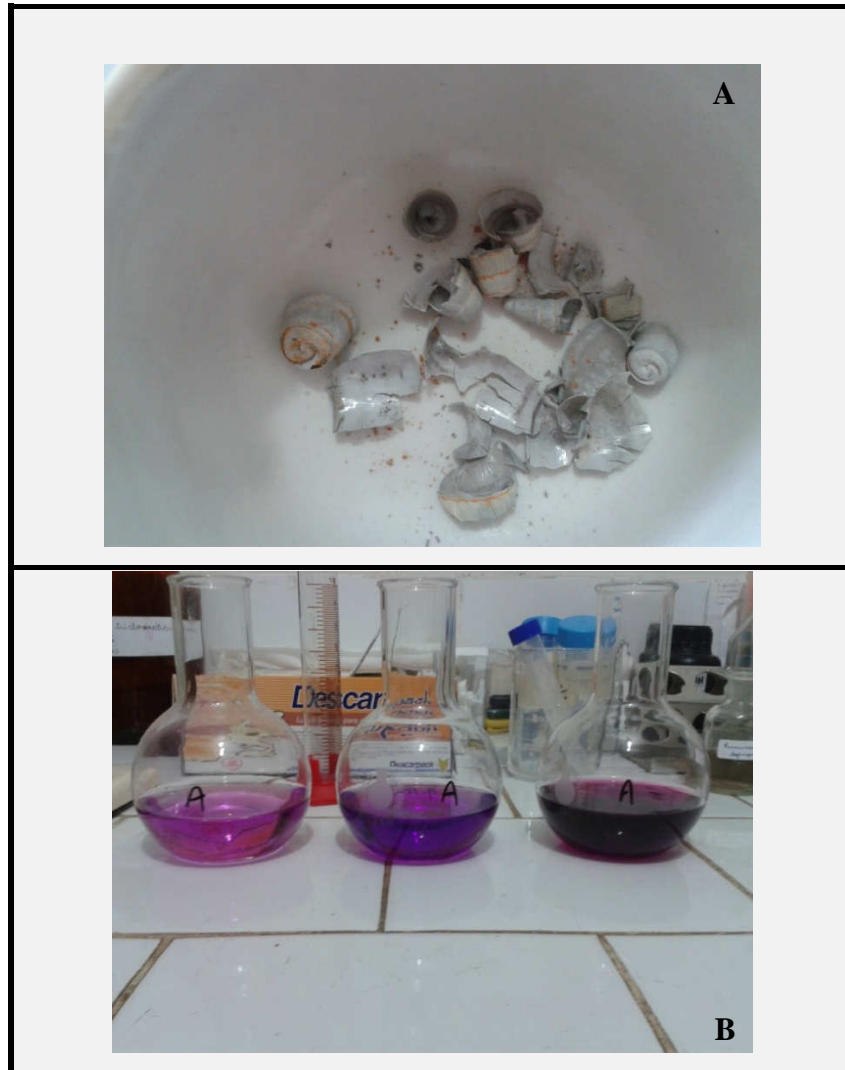
Para obtenção dos precipitados de glicogênio e galactogênio, os tecidos da glândula digestiva, glândula de albúmen e massa cefalopediosa foram homogeneizados em frascos de Potter-Elvehjen contendo ácido tricloro acético (TCA) 10 % na proporção de 10 ml de TCA: 1 g de tecido e centrifugados a 1935xg durante cinco minutos. Após a centrifugação, realizou-se a filtragem do sobrenadante em papel filtro qualitativo e o sobrenadante filtrado foi aquecido em banho-maria a 40°C durante cinco minutos. Foi adicionado 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] 1mol/L a 100°C por 30 minutos) e posterior quantificação espectrofotométrica, através da técnica do 3,5 dinitro salicilato (3,5 DNS) (Sumner, 1925), com leitura de absorbância em comprimento de onda de 535 nm. Os resultados foram calculados pela Lei de Lambert-Beer com base em leitura de triplicatas coerentes e expressos em miligramas de glicose ou miligramas de galactose por grama de tecido, peso fresco.

3.2.7. Análise do conteúdo de cálcio na concha

Para determinar a quantidade de cálcio, foram utilizadas conchas de moluscos agrupados e isolados, as quais foram calcinadas em forno mufla e pesadas antes e após este processo (Fotografia 2). Para a determinação de cálcio primeiramente faz-se a padronização da solução EDTA a 0,01 mol/L, pipetando 25 ml de solução padrão de carbonato de cálcio a 0,01mol/L para erlenmeyer de 250 ml. Em seguida foi adicionado 40 ml de água e 10 ml de KOH 30% (m/v) utilizando proveta. Acrescenta uma pitada de murexida. Titulou-se com

solução de EDTA 0,01 mol/L até que pela adição de uma gota a solução passe de vermelho cereja para lilás. Anota-se o volume para determinar a concentração molar de EDTA (Fotografia 2).



Fotografia 2: Procedimento para determinação do cálcio. (A) Concha calcinada de *Rumina decollata* para quantificação de cálcio; B) Titulação de cálcio em indivíduos isolados, demonstrando a alteração da cor após a adição de murexida. Fonte: Da autora.

3.2.8. Condições do experimento

Todos os experimentos foram realizados sob temperatura, umidade relativa do ar e fotoperíodo naturais. Os valores de temperatura e umidade foram registrados diariamente.

3.2.9. Análises estatísticas

Para comparar os parâmetros de crescimento e reprodução foi realizado o teste ANOVA (F), seguido do teste de Tukey (Q). Para verificar a existência de correlação crescimento, peso, temperatura e umidade foi utilizado o Teste de Regressão Linear Múltipla (R^2) e para fecundidade, número de ovos, temperatura e umidade o teste do Coeficiente de Correlação de Pearson (r) utilizando o Programa BioEstat, versão 5.0, nível de significância de 0,05%.

3.3. Resultados

3.3.1. Crescimento e ganho de massa

O comprimento da concha dos moluscos agrupados e isolados diferiu estatisticamente durante todo o período de observação ($p < 0,01$) sendo maior para os indivíduos criados isolados (Gráfico 1, Tabela 1).

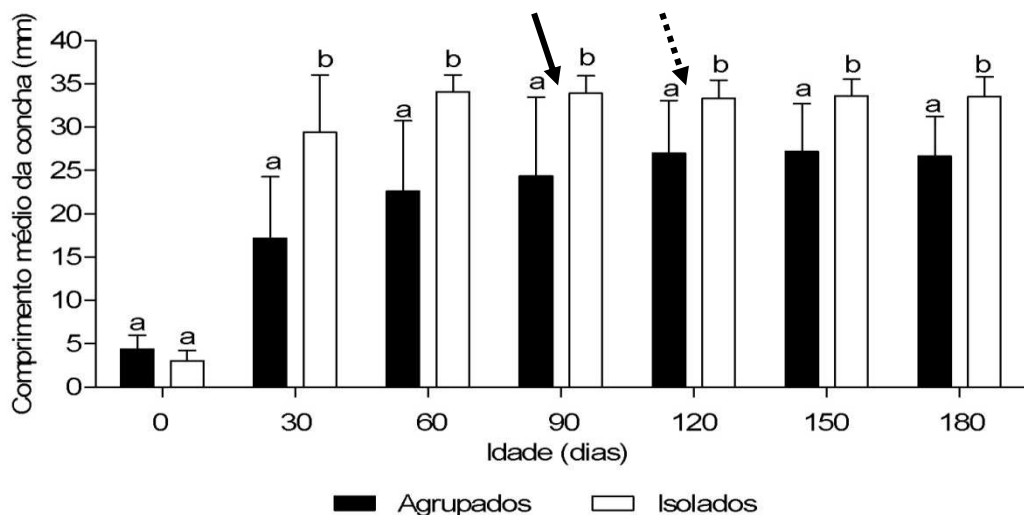


Gráfico 1: Comprimento da concha (mm) de *Rumina decollata* mantidas agrupadas e isoladas ao longo de 6 meses de observação. Seta cheia (→) indica início da reprodução de moluscos agrupados e seta pontilhada (⋯→) indica início da reprodução de moluscos isolados.

*Letras diferentes indicam diferença estatística.



Fotografia 3: Conchas de indivíduos adultos de *Rumina decollata* agrupadas e isoladas demonstrando a diferença no crescimento ao final do período de observação. Fonte: Da autora.

A taxa de crescimento pode ser observada no Gráfico 2. O crescimento foi significativamente diferente para os moluscos agrupados nos períodos de: 0-30 ($Q=13,86$; $p<0,01$) e 30-60 ($Q=3,6348$; $p<0,01$). Entre os 90 e 150 dias de vida o crescimento manteve-se constante. A partir de 150 dias houve uma queda da taxa de crescimento, porém essa não diferiu significativamente ($F=0,10$; $p>0,01$). O mesmo padrão pode ser observado nos moluscos isolados, o crescimento apenas variou significativamente entre 0-30 dias ($Q=29,4828$, $p<0,01$) e entre 30-60 dias ($Q=5,173$ e $p<0,01$). Pode-se observar através do coeficiente de variação que o crescimento dos moluscos isolados apresentou maior tendência a homogeneidade do que os agrupados (Tabela 1).

O peso dos moluscos isolados diferiu significativamente dos moluscos agrupados a partir de 60 dias ($Q=12,0815$, $p<0,01$), com maiores médias verificadas para os agrupados. Estes resultados estão demonstrados no Gráfico 3.

A taxa de variação do peso entre moluscos agrupados e isolados não diferiu até o 30º dia de vida ($p>0,01$). A partir de 60 dias o ganho de massa foi significativamente diferente ($p<0,01$) (Gráfico 4).

Tabela 1. Comprimento da concha de *Rumina decollata* (Média \pm Desvio Padrão) e coeficiente de variação (CV).

Idade (dias)	Agrupados		Isolados	
	Media \pm Desvio padrão	CV(%)	Media \pm Desvio padrão	CV(%)
0	4,39 \pm 1,62 ^a	36,98	3,05 \pm 1,26 ^a	41,12
30	17,18 \pm 6,94 ^a	40,40	29,43 \pm 6,82 ^b	23,16
60	22,63 \pm 8,27 ^a	36,53	34,08 \pm 1,96 ^b	5,75
90	24,35 \pm 9,26 ^a	38,02	33,90 \pm 2,06 ^b	6,07
120	26,97 \pm 6,23 ^a	23,08	33,32 \pm 2,15 ^b	6,45
150	27,17 \pm 5,66 ^a	20,84	33,63 \pm 1,97 ^b	5,88
180	26,66 \pm 4,74 ^a	17,76	33,53 \pm 2,36 ^a	7,06

*Letras diferentes indicam diferença estatística (ANOVA, $p < 0,01$).

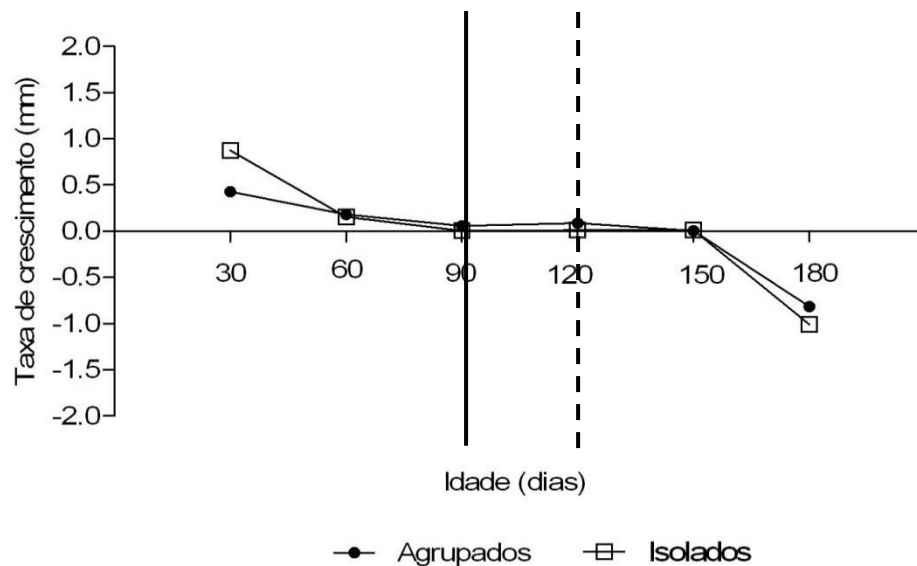


Gráfico 2: Taxa de crescimento mensal (mm/dia) de *Rumina decollata* criadas isoladas e agrupadas durante 6 meses em condições de laboratório. Linha cheia (____) indica início da atividade reprodutiva de moluscos agrupados; linha pontilhada (- - - -) indica início da atividade reprodutiva de moluscos isolados.

Nos moluscos isolados a massa corporal média diferiu significativamente entre 0-30 dias ($Q = 10,2493$, $p < 0,01$), observa-se no gráfico um crescimento no período de 30- 60 dias onde não houve diferença estatística. Entre 60-90 dias e 90-120 houve diferença significativa no crescimento ($Q = 10,4658$, $p < 0,01$ e $Q = 4,7936$, $p < 0,01$ respectivamente), período que

antecede o início da atividade reprodutiva, que ocorreu a partir de 120 dias. Após esse período o peso dos moluscos aumentou (120-150 dias) mantendo-se constante até o fim da avaliação (Gráfico 4).

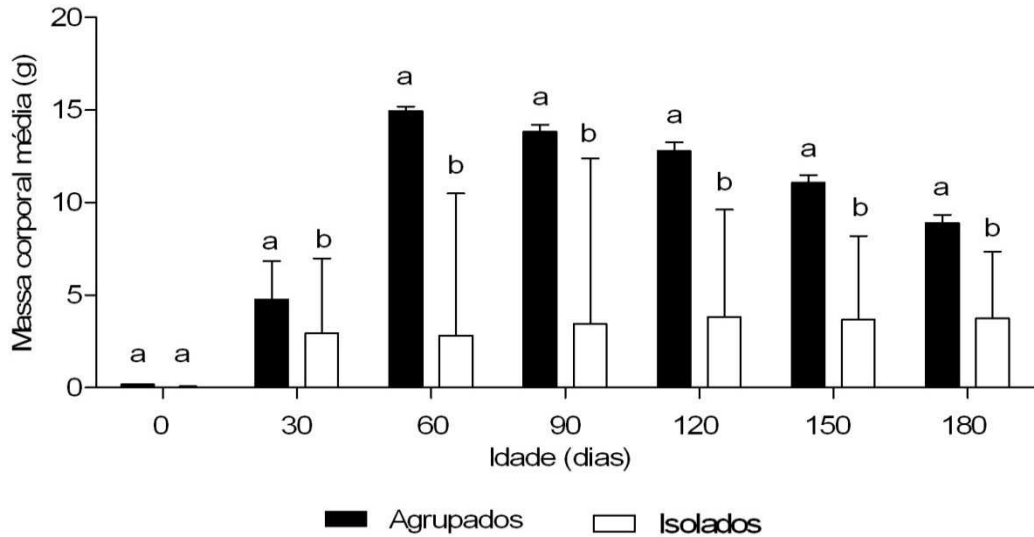


Gráfico 3: Massa corporal média de *Rumina decollata* (g) ao longo de 6 meses mantidas agrupadas e isoladamente em condições de laboratório.

*Letras diferentes indicam diferença estatística.

Tabela 2: Massa da concha de *Rumina decollata* (Média \pm Desvio Padrão) e coeficiente de variação (CV).

Idade (dias)	Agrupados		Isolados	
	Media \pm Desvio padrão	CV(%)	Media \pm Desvio padrão	CV(%)
0	4,39 \pm 1,62 ^a	36,98	3,05 \pm 1,26 ^a	41,12
30	17,18 \pm 6,94 ^a	40,40	29,43 \pm 6,82 ^b	23,16
60	22,63 \pm 8,27 ^a	36,53	34,08 \pm 1,96 ^b	5,75
90	24,35 \pm 9,26 ^a	38,02	33,90 \pm 2,06 ^b	6,07
120	26,97 \pm 6,23 ^a	23,08	33,32 \pm 2,15 ^b	6,45
150	27,17 \pm 5,66 ^a	20,84	33,63 \pm 1,97 ^b	5,88
180	26,66 \pm 4,74 ^a	17,76	33,53 \pm 2,36 ^a	7,06

*Letras diferentes indicam diferença estatística (ANOVA, $p < 0,01$).

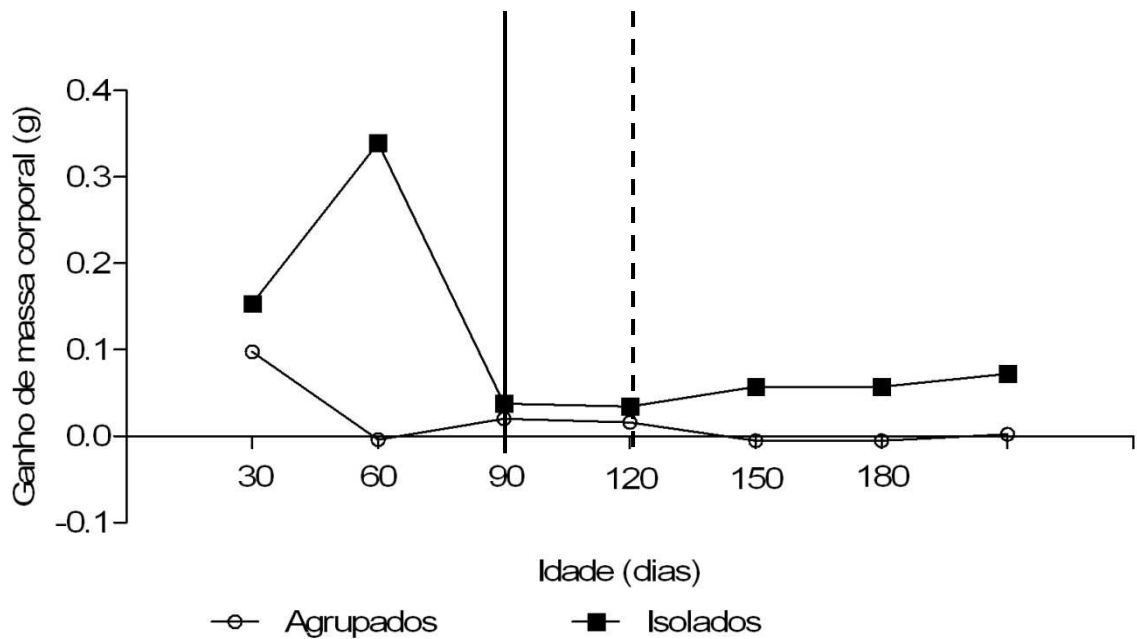


Gráfico 4: Taxa de ganho de massa (g/dia) de *Rumina decollata* criadas isoladas e agrupadas durante 180 dias em condições de laboratório. Linha cheia (____) indica início da atividade reprodutiva de moluscos agrupados; linha pontilhada (- - - -) indica início da atividade reprodutiva de moluscos isolados.

Já para os moluscos agrupados entre 30-60 dias verificou-se queda na taxa de ganho de massa, porém essa não foi significativa ($F=2,76$; $p=0,17$). A partir de 60 dias a massa sofreu pequenas variações que não foram estatisticamente significativas ($p>0,05$) (Gráfico 4).

O comprimento de concha de moluscos isolados e agrupados diferiu significativamente após o alcance da maturidade, com maior comprimento de concha para os moluscos isolados. Entretanto, a massa dos moluscos agrupados foi maior a partir de 30 dias de vida (Tabela 3).

Não houve diferença significativa entre isolados e agrupados quando foi comparado o intervalo entre as ovisposturas ($p= 0,70$), porém houve diferença a média de ovos por indivíduos agrupados e isolados ($p=0,62$). Indivíduos criados agrupados e isolados apresentaram diferença estatística quando comparado tempo de alcance para a maturidade ($p< 0,01$).

Tabela 3. Comprimento de concha (mm) e massa (g) de indivíduos de *Rumina decollata* criados isolados e agrupados no primeiro dia de vida, na maturidade sexual e aos 180 dias

Fase da vida	Agrupados		Isolados	
	Comprimento	Massa	Comprimento	Peso
1º dia de vida	4,30 ± 1,60 ^a	0,17 ± 0,05 ^a	3,05±1,21 ^a	0,02 ± 0,01 ^a
Maturidade	24,35 ± 9,09 ^a	13,83 ± 8,95 ^a	33,32 ± 2,08 ^b	38,22± 0,50 ^b
180º dia de observação	26,7 ± 0,46 ^a	8,91 ± 3,63 ^a	33,50 ± 0,22 ^b	3,74 ± 0,43 ^b

^aValores expressos em média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste ANOVA ($p > 0,05$).

3.3.2. Reprodução

O tempo para alcance da maturidade sexual, constatada através da observação de ovos no terrário foi maior para isolados (tabela 3). Não houve diferença significativa entre a média de ovos por indivíduos isolados e agrupados ($p=0,62$), porém houve diferença significativa no tempo para alcance da maturidade sexual entre agrupados e isolados ($p < 0,01$).

Tabela 4: Tempo de alcance para maturidade e intervalo entre ovisposturas (em dias) de indivíduos de *Rumina decollata* criados isolados e agrupados.

Tratamentos	Tempo para alcance da maturidade		Intervalo	
	Min.-Max.	Média ± DP	Min.-Max.	Média ± DP
Agrupados	0-90	30 ± 51,97 ^a	120-198	155,7 ± 24 ^b
Isolados	9-21	16,66 ± 6,65 ^a	0-57	13,43 ± 13,70 ^a

*Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença estatística.

Quando avaliada a fecundidade, observou-se que o número médio de ovos produzidos por moluscos Agrupados foi de 1.46±2.07 e de Isolados de 2,10±1,83, não houve diferença para os tratamentos ($Q=3,01$; $p < 0,05$) (Tabela 5).

Apenas a taxa de eclosão diferiu significativamente entre indivíduos criados agrupados e isolados com maior eclodibilidade de jovens provenientes de ovos de indivíduos agrupados ($F=2,38$; $p < 0,01$).

Não foi observada correlação entre tamanho médio da concha e número de ovos em agrupados ($t=-1,34$; $p=0,31$) e em isolados ($t=1,03$; $p=0,41$), assim como não houve correlação entre massa corporal e número de ovos ($t=0,68$; $p=0,56$ e $t=-0,76$; $p=0,52$) para isolados e agrupados respectivamente.

Tabela 5: Fecundidade, expressa em número de ovos/molusco vivo, taxa de eclosão, expressa em porcentagem e período de incubação, em dias de *Rumina decollata* criada em condições de isolamento e em grupo.

Tratamentos	Fecundidade (ovos/molusco vivo)		Período de incubação (dias)		Taxa de eclosão(%)	
	Min.-Máx.	Media ± DP	Min.-Máx.	Média ± DP	Min.-Máx.	Média ± DP
Agrupados	-	1,46±2,07	23-37	29.33±7,01	6-18	11±5,29
Isolados	-	2,10±1,83	0-38	-	0-2	0,08±0,42

*Valores expressos em média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste ANOVA (p<0,05).

3.3.3. Mortalidade

Não houve mortalidade entre indivíduos isolados durante o período de observação, sendo registrada uma taxa de mortalidade de 63,3% para os moluscos agrupados durante o período total de observação. A mortalidade apenas foi registrada após o início da atividade reprodutiva.

3.3.4. Determinações de carboidratos

A concentração de glicogênio na glândula digestiva foi 78,8 % maior em Agrupados do que em Isolados (Q=91,65; p<0,01) e 29,72 % maior em agrupados quando analisado o conteúdo de glicogênio na massa cefalopediosa (Q=31,68; p<0,01). Já o valor de galactogênio foi 75,97% maior em isolados (Q=65,96; p<0,01).

Tabela 6: Valores de glicogênio (g de glicose/ g de tecido, peso fresco) obtidos a partir da glândula digestiva e da massa cefalopediosa e galactogênio (g de galactose/ g de tecido, peso fresco) obtido através da glândula de albúmen de indivíduos de *Rumina decollata* criados agrupados e isolados.

Tecido	Agrupados	Isolados
	Média ± DP	Média ± DP
Glicogênio (glândula digestiva)	2,95 ± 0,15 ^a	13,92 ± 0,25 ^b
Glicogênio (massa cefalopediosa)	5,45 ± 0,09 ^a	3,83 ± 0,05 ^b
Galactogênio	1,23 ± 0,10 ^a	5,12 ± 0,05 ^b

^{a,b}Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste ANOVA (p<0,05).

Apesar da diferença no crescimento, não houve diferença estatística nos valores de cálcio encontrados nas conchas de indivíduos criados agrupados ($639,16 \pm 63,40$) e isolados ($579,63 \pm 87,70$) ($F=0,60$; $p=0,51$).

3.3.5. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar

Durante o período de observação a temperatura variou entre 23° e $18,1^\circ$, com média de $20,5^\circ$, os valores da umidade relativa do ar variaram entre 88,5 e 68% com média de 78%. Não foi observada correlação entre temperatura e umidade e a taxa de crescimento em isolados ($F=3,35$; $p=0,06$; $F=0,75$; $p=0,55$) e agrupados ($F=16,4$; $p=0,0048$; $F=0,7$; $p=0,058$).

Não foi observada correlação entre temperatura e umidade e fecundidade em indivíduos isolados ($R^2=0,16$; $p=0,59$; $R^2=0,44$; $p=0,33$) e agrupados ($R^2=0,19$; $p=0,56$; $R^2=0,32$; $p=0,43$).

3.4. Discussão

Os resultados demonstraram um padrão de crescimento determinado para *R. decollata*, com maior taxa de crescimento para os moluscos observados isolados e agrupados.. Não houve relação entre o crescimento com os valores de cálcio, de temperatura ou umidade.

Estudos realizados com outras espécies de moluscos terrestres demonstraram uma tendência a crescimento indeterminado, tanto em espécies nativas quanto para espécies exóticas, inclusive algumas espécies de subulinídeos. Estudos realizados por diversos autores demonstraram que após a reprodução ocorre um declínio no crescimento, mas que este ocorre até o final do ciclo (JUNQUEIRA, 2003; CARVALHO, 2009; SILVA, 2008; MEIRELES, 2008; JUNQUEIRA, 2008; SILVA, 2009). Após o alcance da maturidade o crescimento de *R. decollata* manteve-se constante o que sugere o padrão de crescimento determinado.

Pode-se observar através do coeficiente de variação que o crescimento dos moluscos isolados apresentou maior tendência a homogeneidade (menor variação em relação a média) do que os agrupados (D'ÁVILA & BESSA, 2005).

O comprimento de concha observado para e agrupados foram semelhantes ao observado por Batts (1957). Essa autora observou que em *R. decollata* o comprimento de concha máximo alcançado foi de 29 mm. El-wakil *et al.* (2011), entretanto, encontraram no campo conchas maiores que 45mm de comprimento. Dundee (1986) observou crescimento constante em *R. decollata*, até um tamanho máximo (crescimento determinado). O crescimento médio

em altura registrado em laboratório sob temperaturas entre 21 e 27° C foi de 1,4mm por semana, enquanto Francesco & Lagiglia (2007) observaram variação no comprimento de concha entre 1.68 e 2.53mm.

A partir da idade de dois meses os moluscos perderam o ápice das conchas (decola). Batts (1957) observou em seus experimentos conduzidos em campo e em condições de laboratório que moluscos jovens desenvolvem sete voltas distintas antes da decola, que se iniciou na quinta volta. Porém não foi registrado com quantos dias deu-se este processo. No presente estudo moluscos agrupados e isolados decolaram a partir de dois meses. Também segundo Batts (1957) o molusco pode ocasionalmente auxiliar no processo de decola atritando a concha contra rochas ou contra a parede de vidro do terrário. Durante as observações nenhum molusco foi visto no momento da decola, apenas a parte da concha perdida foi observada. Nenhum dos moluscos observados alcançou a maturidade sem sofrer a decola, assim como foi observado pela mesma autora.

Batts (1957) descreve em seus trabalhos que após alcançarem 10mm os moluscos perdem o ápice das conchas, que após a decola, há um aumento nas voltas anteriores e o tamanho adulto é alcançado em torno de dois meses, dois meses e meio, assim como foi observado para isolados e agrupados, no presente estudo. Segundo a autora, nesta idade, a concha possui em torno de 12,5 mm de altura. A autora também observou que após o alcance do tamanho de adulto, os moluscos hibernaram por 4 semanas, e após esse período os moluscos iniciaram a cópula e produziram ovos, ou seja, após um período de 3 meses, diferentemente, os moluscos do presente estudo não hibernaram e os isolados alcançaram maturidade com 120 dias. Exames revelaram que não há nada não usual na anatomia interna da área onde ocorre a quebra da concha. Pode-se apenas especular as vantagens seletivas da perda de parte da concha. Provavelmente as voltas superiores da concha estocam toxinas durante o crescimento inicial, ou pode ser que a decola é uma adaptação comportamental relativa ao habitat (habilidade para entrar em abrigos), ou pode ser apenas uma mutação não seletiva.

Até o segundo mês de vida o crescimento de moluscos agrupados e isolados foi similar, com uma fase de estabilização a partir de 90 dias seguida de um decréscimo a partir de 150 dias. A estabilização do crescimento de agrupados foi coincidente com o início da maturidade sexual. Para os moluscos isolados, atividade reprodutiva iniciou um mês após a estabilização do crescimento indicando que a falta de parceiros retardou o processo de autofecundação. A maturidade sexual mais tardia dos moluscos isolados pode ser devido à falta de estímulo para

a cópula, o que vai de encontro à hipótese de SELANDER (1976) de que *R. decollata* seria um molusco mais predisposto a realizar autofecundação.

Nos estudos realizados por Almeida & Bessa (2001) os indivíduos de *Leptinaria unilamellata* (d'Orbigny, 1835) isolados demonstraram comprimentos de concha menores ao atingirem a maturidade sexual, quando comparados com indivíduos agrupados, o contrário do observado para *R. decollata*. Estes mesmos autores observaram que o crescimento foi semelhante até os 15 dias de vida e após esta idade os indivíduos agrupados adquiriram um ritmo de crescimento mais rápido que os indivíduos isolados. Porém, a partir da idade de 105 dias, o ritmo de crescimento dos indivíduos agrupados se manteve constante, e o crescimento dos indivíduos isolados tornou-se mais rápido.

O isolamento pode influenciar de forma diferente a maturidade sexual de moluscos. Para *B. tenuissimus* foi observado que o isolamento retardou o início da atividade em moluscos terrestres (SILVA *et al.* 2008). Para *L. unilamellata* o isolamento causou uma diferença mínima no alcance da maturidade sexual (ALMEIDA & BESSA, 2001) e para *S. octona* a condição de criação não interferiu no alcance da maturidade (BESSA & ARAÚJO, 1995). Estes dados diferem dos encontrados para *R. decollata* onde houve diferença de 30 dias para o alcance da maturidade entre agrupados e isolados.

A diferença na massa corporal pode ser atribuída à diferença na alocação de recursos energéticos destinados ao crescimento e à reprodução, uma vez que os moluscos agrupados apresentaram maior massa ou pode ser atribuída ao acúmulo de reservas para início da atividade reprodutiva e o posterior declínio pode ser devido à alocação e energia para reprodução com um investimento inicial para o crescimento para com 90 dias (agrupados) começarem a reproduzir-se e com 120 para os isolados. No experimento realizado por Dundee, (1986) indivíduos de começaram a reproduzir com dez meses, aproximadamente dois meses antes da morte do último membro da colônia. Nos espécimes de *L. unilamellata* analisados por (DUTRA, 1988), a reprodução inicia-se cedo, quando os exemplares atingem a metade de seu comprimento total (6,1 - 7,0 mm).

Moluscos, como demais animais, precisam distribuir a energia alocada durante a vida entre os diferentes parâmetros de seu ciclo de vida, crescimento, reprodução e sobrevivência (HELLER, 2001). A forma como a distribuição dessa energia acontece pode ser diferenciada de acordo com as condições em que os moluscos são criados (STAIKOU, 1998; SILVA, 2009). Os indivíduos agrupados atingiram maturidade sexual mais cedo em comparação aos isolados, o que está de acordo com o verificado por Almeida & Bessa (2001) para *L.*

unilamellata. Para essa espécie, o comprimento da concha nos indivíduos mantidos agrupados foi maior o momento da maturidade, ao contrário de *R. decollata*.

De acordo com Batts (1957) e Dundee (1986), *R. decollata* se reproduz preferencialmente por fecundação cruzada, o que vai de encontro à hipótese de Selander (1974) que afirma em seus estudos que a espécie é um molusco colonizador que realiza predominantemente a autofecundação. Batts também descreve que após a cópula os moluscos colocam muitos ovos os quais eclodem após um período entre 9 e 19 dias, com intervalo médio de 13 dias. A autora ainda descreve uma tendência ao aumento do número de ovos por ovipostura em eventos sucessivos, com número de ovos por oviposturas variou entre 7 e 30 ovos. O período de incubação variou entre 25 e 36 dias, com uma média de 28,5 dias.

Já Dundee (1986) observou em seus experimentos o início da atividade reprodutiva aos dez meses de vida, com oviposturas ocorrendo nos meses de fevereiro a junho e de setembro a novembro na região do Golfo (Nova Orleans) com número médio de ovos por indivíduo chegando a 32 e período médio de incubação de dez dias a uma temperatura ambiente entre 21 e 27°C em laboratório. Esses resultados diferem dos observados para *R. decollata* no presente estudo, o que pode ser devido às diferenças nas condições climáticas entre as regiões, uma vez que ambos os trabalhos foram realizados em condições de laboratório.

Estudos anteriores demonstraram que indivíduos de maior comprimento corporal das espécies *L. unilamellata* e *S. octona* são os responsáveis pela maior produção de ovos (DUTRA, 1988; ALMEIDA & MOTA, 2011). D'Ávila & Bessa, 2005a e Almeida & Mota, 2011 observaram um aumento no número de ovos proporcional ao número de eventos reprodutivos em *S. octona* e *Beckianum beckianum* Pfeiffer, 1846. Tais padrões que se mostraram comuns nos subulinídeos citados não foram observados para *R. decollata* nesta região (Zona da Mata, Minas Gerais) pois os indivíduos isolados, os quais apresentaram maior tamanho corporal não realizaram oviposturas com maior número de ovos quando comparados com os agrupados e estes não aumentaram a quantidade de ovos com a sucessão de eventos reprodutivos.

Em *L. unilamellata* a diferença do tempo mínimo para o alcance da maturidade sexual em indivíduos isolados e agrupados foi bastante semelhante (três dias). Esses resultados concordam com aqueles observados por Bessa & Araújo (1995b) em *S. octona*, quando não foi observada diferença entre o tempo para alcance da maturidade sexual em indivíduos isolados e agrupados, os quais se reproduziram com 38 dias.

Em *L. unilamellata* 23,3% dos filhotes foram encontrados na superfície da terra, 17,90/0 estavam em ninhos e 58,8% dos filhotes desta espécie foram encontrados em fendas

junto a parede da caixa. Nesta espécie, indivíduos mantidos agrupados tornam-se maduros sexualmente mais cedo que indivíduos mantidos isolados. A ocorrência de autofecundação foi verificada, sendo este tipo de reprodução tão eficiente em indivíduos mantidos em grupo, quanto em indivíduos mantidos isolados. No momento da maturidade, o comprimento da concha nos indivíduos mantidos agrupados é maior. Indivíduos mantidos isolados atingem comprimento de concha maior que indivíduos mantidos em grupo (ALMEIDA & BESSA, 2001).

Já indivíduos de *B. similaris* criados agrupados e isoladamente houve maior percentual de eclosão em ovos oriundos de moluscos isolados. Já ovos oriundos dos grupos experimentais com densidades mais elevadas eclodiram mais tardiamente. O conteúdo de galactogênio da glândula de albúmem não diferiu em indivíduos isolados ou agrupados (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Em *R. decollata* ocorreu o oposto, com maior eclodibilidade para indivíduos agrupados e houve diferença significativa para os valores de galactogênio com maior valor para indivíduos isolados.

A ausência de co-específicos pode ter influenciado a maior alocação de energia e recursos para o crescimento dos moluscos. Em contrapartida, os moluscos agrupados cresceram menos investindo os recursos energéticos para a reprodução. Anderson *et al.* (2007) verificou a influência de pelo menos dois fatores sobre o tamanho da concha dos adultos, um biótico e outro abiótico. O fator abiótico relatado pelo autor foi a temperatura média anual e o biótico, densidade populacional. Nesse estudo, os moluscos foram criados nas mesmas condições de temperatura sendo a densidade o fator que ocasionou tanto o menor crescimento quanto a mortalidade dos moluscos agrupados.

Tattersfield (1981) estudos sobre os efeitos da densidade e do ambiente com os moluscos terrestres *Helicella itala* Linnaeus, 1758, *Candidula intersecta* Poiret, 1801 e *Cochlicella acuta* Müller, 1774, obteve resultados que demonstraram que o tamanho dos moluscos estava negativamente associado à densidade e que o ambiente exerceu pouca influência no tamanho dos indivíduos.

A taxa de mortalidade encontrada para *R. decollata* está de acordo com o verificado por Batts (1957). Essa mesma autora encontrou uma taxa de mortalidade de 4% em um período de dez meses para moluscos agrupados. Vale ressaltar, que as condições controladas possam ter contribuído para a sobrevivência. Silva *et al.* (2009) observou que indivíduos isolados de *H. semenlini* viveram mais que indivíduos agrupados e Carvalho *et al.* (2009) verificaram mortalidade de 24% após o alcance da maturidade para indivíduos de *L. unilamellata* criados agrupados.

Baur (1988) afirma que trilhas de muco e feromônios podem limitar o número de moluscos em uma área, levando, portanto, a uma regulação do tamanho da população dependente da densidade. Os efeitos negativos da densidade populacional observados no presente estudo podem estar relacionados a fatores como competição intra-específica e ao acúmulo de excretas e metabólitos, como já foi verificado para *B. tenuissimus* por Meireles et al. (2010). No período de observação do presente estudo a mortalidade observada apenas para moluscos agrupados pode ter ocorrido devido aos efeitos negativos da densidade.

Silva (2009) verificou acúmulo de glicogênio na glândula digestiva durante as fases jovem e adulta em indivíduos de *B. tenuissimus*, indicando que não houve utilização dessa reserva para a reprodução. Indivíduos senescentes apresentaram baixas concentrações de glicogênio na glândula digestiva e massa cefalopediosa. No presente estudo, os indivíduos de *R. decollata* foram observados após o evento reprodutivo, período onde ocorreu mortalidade apenas para agrupados, possivelmente como efeito da densidade ou pela maior utilização das reservas de glicogênio. O isolamento parece ter aumentado a expectativa de vida devido ao menor gasto de energia para o metabolismo energético e para reprodução, este último podendo ser indicado pelos altos valores de galactogênio encontrados na glândula de albúmem de indivíduos isolados.

Silva et al. (2009) verificou ainda que os agrupados apresentaram concentração maior de glicogênio na massa cefalopediosa quando comparados com os isolados,, resultados que corroboram os encontrados no presente estudo. A autora também observou redução do conteúdo de galactogênio na fase adulta o que pode indicar sua utilização para reprodução (Silva, 2009).

Anderson et al. (2007), verificou que diferenças no tamanho da concha de *O. cooperi* (BINNEY, 1838) entre populações estão fortemente relacionadas com a temperatura anual média e com a densidade populacional. Adicionalmente, o tamanho da concha varia entre as populações a despeito de uma aparente falta diferenciação genética entre a população e que fatores como precipitação e níveis de cálcio não tiveram um efeito significativo neste estudo.

Os fatores externos exercem uma grande influencia sobre as diferentes atividades fisiológicas. Iglesias (1996) observou o ciclo anual de *Helix aspersa* (Müller) constatou que além da umidade necessária para a atividade destes moluscos, o fotoperíodo e a temperatura desempenham um papel significativo no controle da reprodução. Também observou que a atividade anual de *H. aspersa* na região mediterrânea, área de origem de *R. decollata*, e demonstrou algumas características especiais relacionadas ao microclima particular de cada localidade. Potts (1975) afirma que deve ser observada a influência das variações

microclimáticas que comprovadamente causam variações intraespecíficas nos ciclos anuais de atividade.

Reyes-tur & Ramírez-álvarez (2002) verificaram que nos meses mais secos do ano moluscos terrestres tendem a diminuir suas atividades biológicas e entrar em um processo de estivação. Nesse período ocorre um intenso consumo de reservas energéticas implicando em menores taxas de crescimento e reprodução. Almeida & Mota (2011) fizeram coletas mensais de indivíduos de *Beckianum beckianum* (Pfeiffer, 1846) e os resultados indicaram uma reprodução contínua durante todo o ano, sobretudo na estação chuvosa, devido ao aumento da umidade relativa do ar e da temperatura.

Em estudos realizados em Portugal com a espécie *H. aspersa* mostrou que essa apresentou dois períodos reprodutivos, um no outono e outro nos meses de março e abril, muito similar ao que ocorre em Cobas, área mediterrânea, embora o período reprodutivo mais importante tenha sido no outono (IGLESIAS, 1996). Isto demonstra as diferenças na reprodução de moluscos de acordo com as variações ambientais de cada região. O período reprodutivo para os moluscos criados agrupados teve início aos 90 dias, no mês de fevereiro, que coincide com o período de verão. Os moluscos isolados iniciaram a autofecundação com 120 dias, no mês de março, quando começa a estação de outono. Este período coincide com a reprodução de *H. aspersa* nas regiões Mediterâneas e em Portugal.

Steensma *et al.* (2009) estudando o ciclo de vida de *Allogona townsendiana* (Lea, 1838) (Polygyridae) observou que ocorre relação entre temperatura sazonal e umidade com período reprodutivo. Em algumas ocasiões a reprodução iniciava-se no começo de fevereiro, com picos reprodutivos típicos em março e abril, que apresentavam temperatura e umidade típicos de primavera. Os autores concluíram que a maturação requer diferentes habitats em diferentes estágios da história de vida.

O presente experimento foi realizado entre os meses de novembro e junho, abrangendo os períodos de verão e inverno, os quais são, respectivamente, períodos chuvosos e secos. Almeida & Mota (2011b) observaram para *S. octona* as menores médias de comprimento de concha no mês de março. Segundo os autores, essas variações são em decorrência da baixa atividade reprodutiva dos moluscos nos meses de menores temperaturas, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar que ocorrem na região nos meses de inverno. Dajoz (1983) afirma que a umidade relativa do ar interfere negativamente na longevidade dos animais. A influência da umidade sobre o crescimento dos moluscos pulmonados terrestres foi testada por D'Ávila & Bessa (2005b) com *S. octona*. Segundo Baur (1988) independentemente da condição de densidade populacional na qual os moluscos foram

aconicionados, foi observado maior crescimento e maior fecundidade na Primavera/Verão, e consequentemente no período de maiores médias de temperatura e umidade.

3.5. Conclusões

Ficou comprovado que a biologia de *R. decollata* é semelhante à de outros moluscos nativos e exóticos estudados sob condições semelhantes de criação quanto aos parâmetro de reprodução e sobrevivência. O isolamento influenciou positivamente o crescimento e sobrevivência dessa espécie.

Quando os indivíduos foram criados agrupados registrou-se pequenas variações no crescimento e mortalidade em relação a estudos conduzidos em outras regiões. Assim, a utilização de *R. decollata* como controle biológico de outras espécies pode ser diferenciada de acordo com a região da introdução. Além disso, não se conhece a interação com outros moluscos e com plantas nativas. Trabalhos que investiguem as interações de *R. decollata* com espécies nativas são necessária para maior maiores esclarecimentos do impacto de sua introdução no Brasil.

4. REPERTÓRIO COMPORTAMENTAL E HORÁRIO DE ATIVIDADE DE *Rumina decollata* Linnaeus, 1758 JOVENS E ADULTOS

4.1. Introdução

Moluscos terrestres ainda são pouco estudados em comparação com os moluscos aquáticos, apesar de sua importância. Esses animais atuam como pragas agrícolas, hospedeiros intermediários de helmintos de importância médico-veterinária, além de serem transmissores de patógenos (LEAHY, 1980; ROFF, 1992; RAO & SINGH, 2000; PIGLIUCCI, 2001; PARDO & JOHNSON, 2005; ROCCO, 2007).

A espécie *Rumina decollata* (Linnaeus, 1758) é um gastrópode terrestre pertencente à família Subulinidae, oriundo da região Mediterrânea do continente europeu. Atualmente também é encontrada em outras regiões como Argentina (FRANCESCO & LAGIGLIA, 2007), França (MIENIS, 2008) e Brasil (SIMONE, 2006) locais onde foi introduzida.

Essa espécie se destaca por ser um predador voraz que se alimenta de outros moluscos e de seus ovos. Devido a esse hábito alimentar foi introduzida essa espécie é utilizada como controle biológico de outros moluscos (COWIE, 2001). Existem registros que essa espécie pode se alimentar de plantas, porém com menor prejuízo para estas do que para a malacofauna nativa (BATTS, 1957; SELANDER & HUDSON; 1976; DUNDEE, 1976; FISCHER *et al.*, 1980; EL-WAKIL *et al.*, 2011). Entretanto, estudos demonstraram que *R. decollata* causa sérios prejuízos em plantações de *Citrus sp. L.* (FISHER *et al.*, 1980).

Apesar ser introduzida como controle biológico, a eficácia desse uso não foi comprovada (FISHER, 1980; COWIE, 2001). Várias espécies, terrestres e aquáticas, foram introduzidas com essa finalidade, mas além de não alcançarem o objetivo causaram sérios prejuízos ambientais (COWIE *et al.*, 2009; KINZIE III, 1991; POINTIER, 1993; POINTIER, 2001).

A introdução de espécies acarreta prejuízos ambientais pois muitas vezes, apresentam superioridade competitiva com as espécies nativas, podendo levá-las à extinção (BYERS *et al.*, 2002; LOE *et al.*, 2002). Assim, a distribuição de *R. decollata* deve ser estudada em escalas regionais diagnosticar o potencial invasivo e os danos ambientais ocasionados (FRANCESCO & LAGIGLIA, 2007). Todavia, pouco se conhece sobre a ecologia e o comportamento de *R. decollata* nos locais de invasão (FRANCESCO & LAGIGLIA, 2007),

inclusive no Brasil, o que demonstra a necessidade de estudos sobre biologia comportamental dessa espécie.

O objetivo desse estudo foi observar os atos comportamentais de jovens e adultos de *Rumina decollata*, descrevendo o repertório comportamental e o horário de atividade da espécie.

4.2. Material e métodos

Para a realização desse trabalho utilizou-se 30 indivíduos adultos de cada espécie, obtidos de criações matrizes mantidas no Museu de Malacologia Prof. Maury Pinto de Oliveira, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

Para descrição do etograma básico das espécies, os moluscos foram distribuídos em (10 moluscos/grupo, três repetições) e acondicionados em terrários de polietileno contendo terra vegetal esterilizada e umedecida com água de torneira e alimentados segundo Araújo & Bessa, (1995).

O etograma foi realizado durante os períodos de fotofase (6:00 às 17:00 h) e escotofase (18:00 as 05:00 h), com observação dos comportamentos através do método de *Scan Sample* (ALTMANN, 1974), com intervalo de 20 minutos, totalizando 24 horas. Os atos comportamentais observados foram adaptados de Junqueira *et al.*, (2004).

O trabalho foi realizado sob condições naturais de temperatura média (23.8 ± 0.5 °C) e umidade relativa do ar (70 ± 4 %). Para as observações durante o período noturno, foi utilizada uma lanterna envolta por papel celofane vermelho a fim de minimizar a interferência no comportamento dos animais.

Os atos comportamentais observados analisados como frequência média (número médio de registros de cada ato \pm desvio padrão). Foi avaliado o horário de atividade dos moluscos jovens e adultos através da quantificação dos períodos de atividade e repouso.

Para a comparação dos parâmetros comportamentais observados foi utilizado o teste de análise de variância ANOVA, seguido pelo teste de Tukey. Para avaliar a influência da temperatura e umidade relativa do ar sob a atividade dos animais utilizou-se o teste de Regressão Linear Simples, do software BioEstat 5.0, com nível de significância $p < 0,05$.

4.3. Resultados

Os resultados demonstraram que *R. decollata* apresenta horário de atividade noturno pois foi detectado maior atividade dos moluscos nesse período (Adultos: $Q=16,07$; $p<0,01$ e Jovens: $Q=20,49$; $p<0,01$) (Figura 1). Foi observado que adultos e jovens apresentaram atividade e repouso similares durante o período de fotofase ($p<0,01$), porém durante a escotofase, adultos se mostraram mais ativos que jovens ($Q=4,1258$; $p<0,01$) (Figura 1).

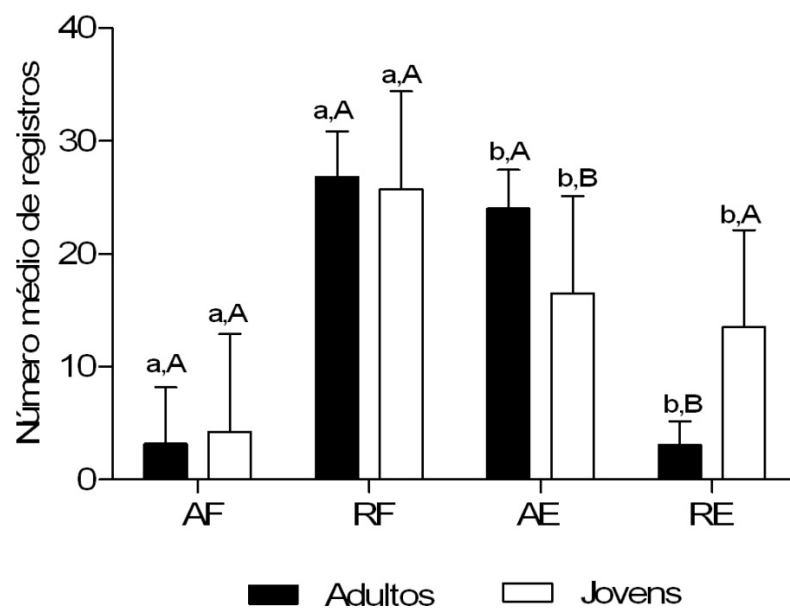


Gráfico 5: Comparação entre atividade e repouso durante o fotofase e escotofase de *Rumina decollata* adultos e jovens. (AF- atividade na fotofase; RF- repouso na fotofase; AE- atividade na escotofase; RF- repouso na escotofase).

Letras minúsculas indicam diferença entre cada idade (adultos e jovens) durante os períodos de fotofase e escotofase e letras maiúsculas indicam entre jovens e adultos.

Quando comparadas as frequências dos comportamentos exibidos ao longo das 24 horas, apenas o comportamento “Interagir” apresentou diferença significativa ($Q=3,4231$, $p<0,05$) com maior interação entre os adultos (Figura 2). Os demais atos comportamentais não apresentaram diferença estatística ($p>0,01$).

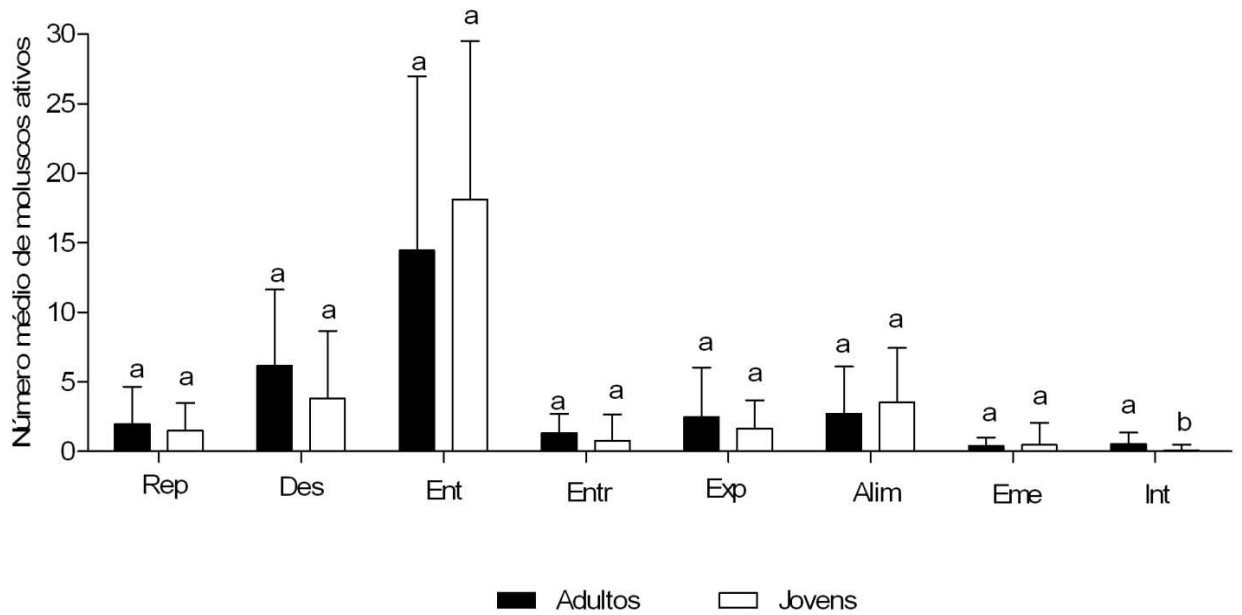


Gráfico 6: Frequência dos atos comportamentais de *Rumina decollata* nas fases adulta e jovem observadas durante um período de 24 horas (Rep- Repouso; Des- Deslocar; Ent- Enterrar; Entr- Enterrando; Exp- Exporar; Alim- Alimentar; Eme- Emergir; Int- Interagir).
* Letras diferentes indicam diferença estatística.

Não foi observado o ato comportamental “Defecar” em adultos e jovens durante o período observado. Não houve diferença estatística entre o ato comportamental explorar entre jovens e adultos ($p > 0,01$) durante o período de observação (Figura 3). Esse comportamento não foi observado para ambas as idades no intervalo de 7:00 às 17:00h (Figura 3).

A alimentação diferiu significativamente entre adultos e jovens na escotofase em apenas dois horários: 21 horas ($Q = 4$; $p < 0,05$), com adultos alimentando-se mais e às 3 horas ($Q = 4$; $p < 0,05$) com jovens alimentando-se mais nesse horário (Figura 4).

O deslocamento foi maior para adultos e diferiu significativamente em três horários distintos: às 21 horas ($Q = 9,89$; $p < 0,01$), às 23 horas ($Q = 4,47$; $p < 0,05$) e às 3 horas ($Q = 4,42$; $p < 0,05$) (Figura 5).

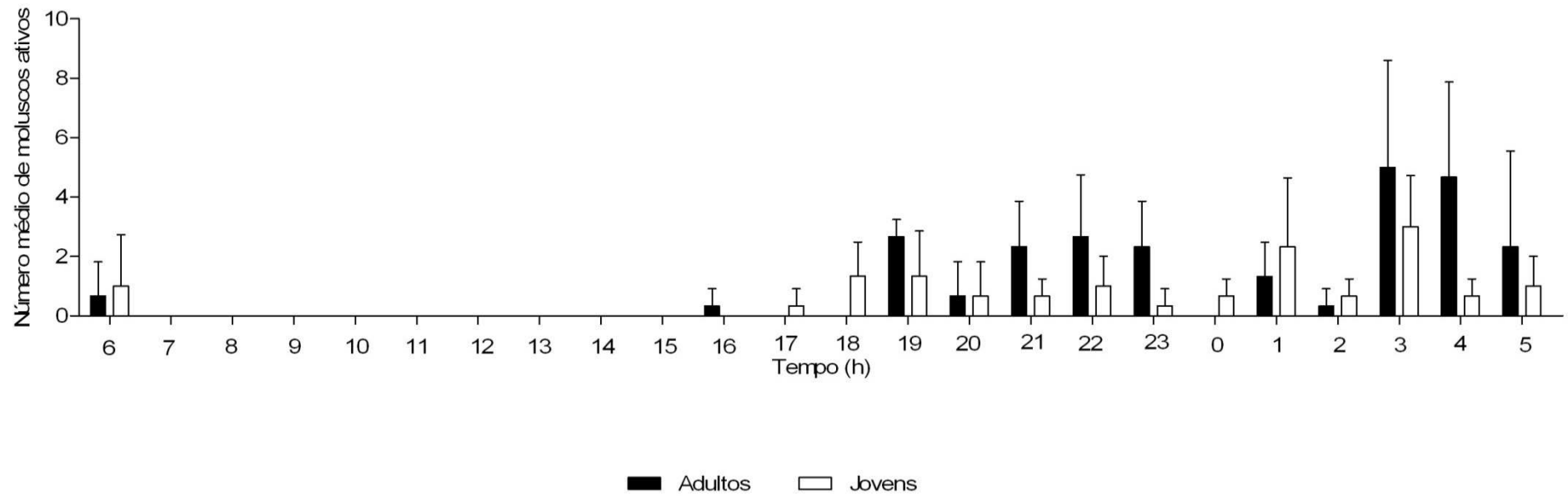


Gráfico 7: Comparação do ato comportamental "Explorar" exibido por *Rumina decollata* adultos e jovens ao longo de 24 horas de observação.
* Não foi observada diferença estatística (ANOVA, $p < 0,05$).

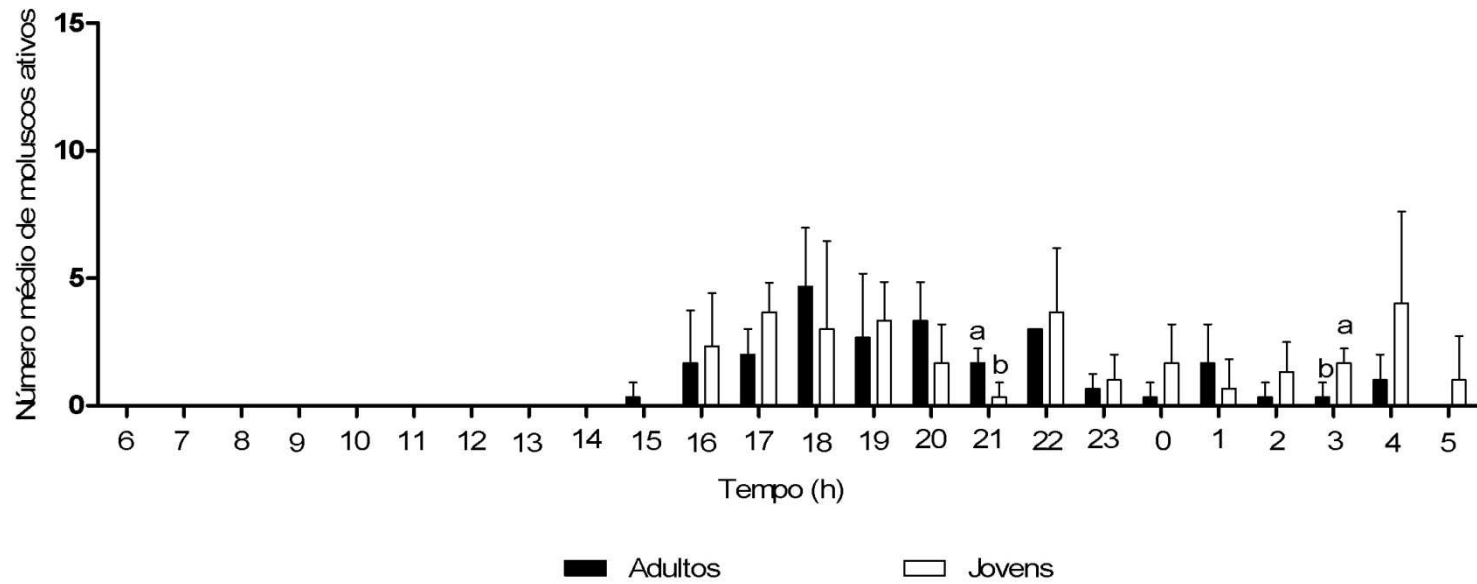


Gráfico 8: Comparação do ato comportamental "Alimentar" exibido por *Rumina decollata* adultos e jovens ao longo de 24 horas de observação. *Letras diferentes indicam diferença estatística (ANOVA, $p < 0,05$).

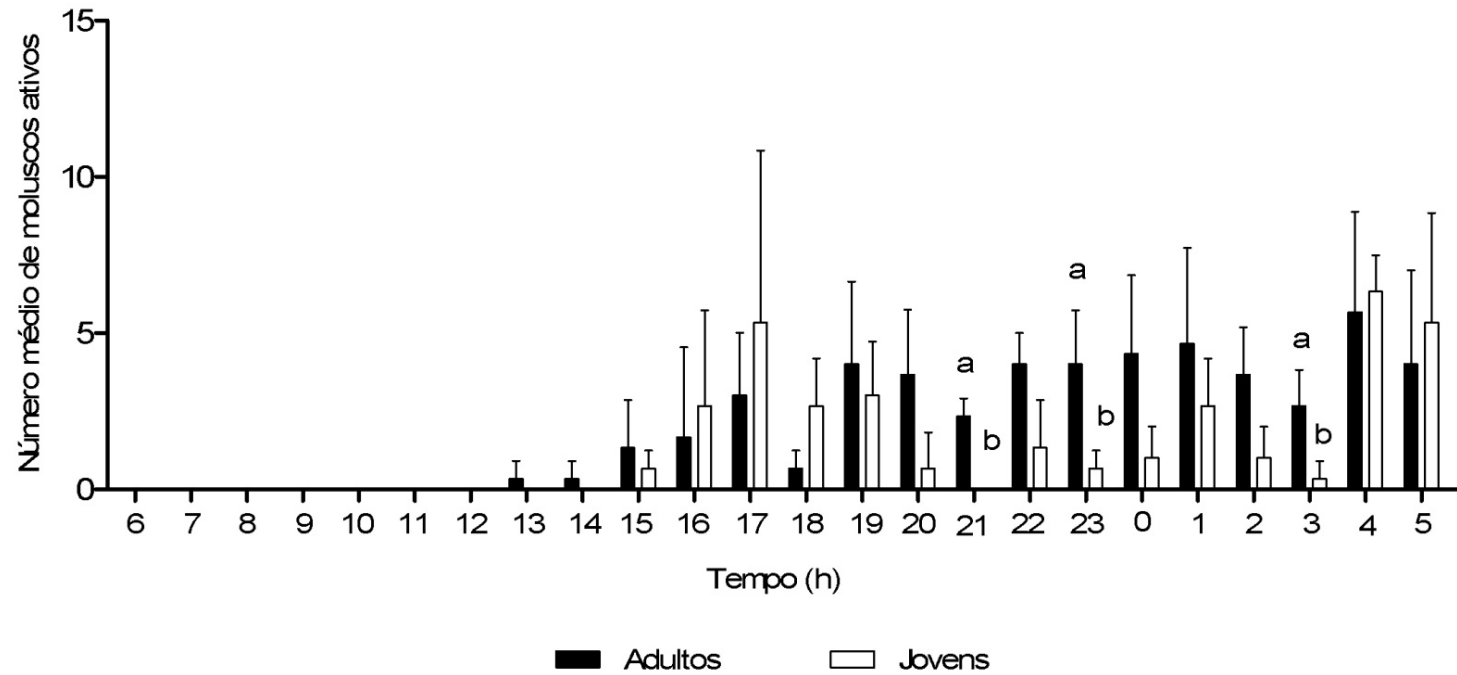


Gráfico 9: Comparação do ato comportamental "Deslocar" exibido por *Rumina decollata* adultos e jovens ao longo de 24 horas de observação. *Letras diferentes indicam diferença estatística (ANOVA, $p < 0,05$).

Foi observada correlação entre a temperatura média e a atividade de adultos ($F=6,11$; $p=0,02$; $R^2=0,22$) e de jovens ($F=14,14$; $p=0,001$; $R^2=0,39$) (Figura 6).

Entretanto, o mesmo não foi observado para a umidade relativa do ar ($F=0,91$; $p=0,35$; $R^2=0,04$) ($F=0,1088$; $p=0,74$; $R^2=0,01$) para jovens e adulto respectivamente.

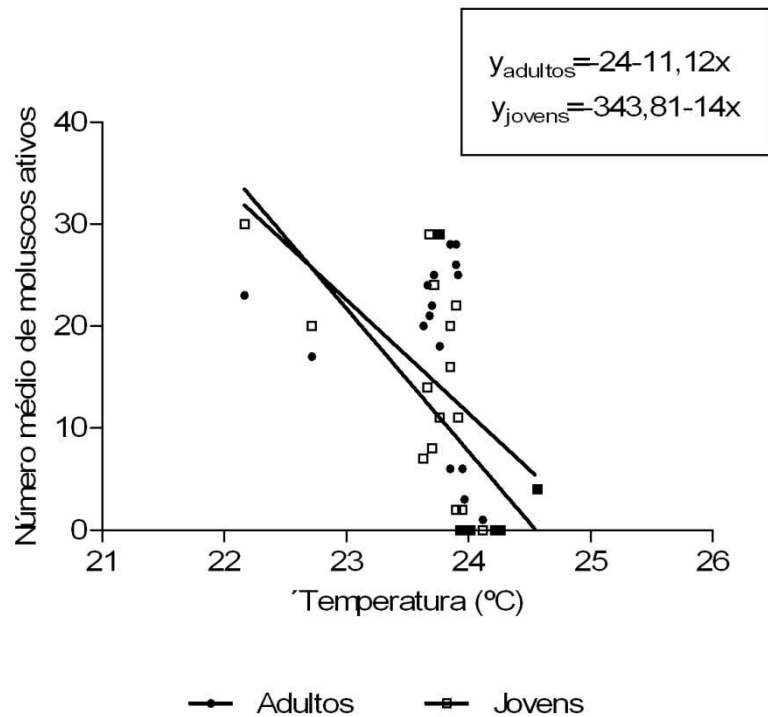


Gráfico 10: Correlação entre temperatura média e atividade de *Rumina decollata* jovens e adultos em um período de 24 horas dias.

4.4. Discussão

Foi observado que adultos e jovens permaneceram enterrados durante a maior parte do período de observação. Este fato corrobora os estudos de El-Wakil (2011) que descreveu esta espécie de molusco como habitantes do solo que vivem basicamente enterrados. Batts (1957) descreveu *R. decollata* em campo se movimentando com a massa cefalopediosa protraída (explorando/ movimentando-se) enquanto outros estavam completamente cobertos ou apenas a extremidade superior das conchas visíveis, como foi observado durante a realização do presente experimento. Selander (1973) afirmou que *R. decollata* comparada com outras espécies de moluscos é visivelmente sedentária. Esta espécie restringe seus movimentos a pequenas áreas e geralmente não é encontrada distante das áreas de estivação, mesmo em períodos de chuva ou quando as condições são favoráveis para atividade.

Segundo Pieri & Jurberg (1981) o enterramento é tido como um comportamento de proteção em resposta a condições adversas do ambiente. Este comportamento é comum em moluscos, inclusive entre outros subulinídeos como *L. unilamellata* que habita o solo, oculta abaixo de entrelaçado de ramos de gramíneas secas e raízes podendo ser encontrada até 15cm de profundidade (DUTRA, 1988). O mesmo foi observado para *Beckianum beckianum* (Pfeiffer, 1846) (ALMEIDA & MOTA, 2011).

Durante a escotofase, os moluscos adultos mostraram-se mais ativos que os jovens, interagiram mais e em alguns horários exploraram mais que os jovens. Isso pode ser devido ao fato de os moluscos sexualmente maduros buscarem contato com um possível parceiro para a cópula. Junqueira *et al.* (2004) evidenciaram o hábito noturno de *Sarasinula linguaeformis* (Semper, 1885) (Veronicellidae) que apresentou maior atividade durante a noite e nas primeiras horas da manhã. Segundo os autores, durante a escotofase as categorias comportamentais mais freqüentemente exibidas pelos moluscos foram deslocar e alimentar e durante a fotofase, deslocar e enterrar. Para *L. unilamellata* o período preferencial para todas as atividades foi o noturno. Durante o dia, os animais ficavam inativos, preferindo se enterrar ou ficar sob o recipiente de ração ou ainda sob as folhas de alface, sempre de forma agregada (ALMEIDA & BESSA, 2001).

As diferenças comportamentais entre jovens e adultos observadas podem ser devido à diferenciação de nicho entre jovens e adultos. Comparações intraespecíficas entre o tamanho dos indivíduos são úteis e ressaltam as variáveis ambientais que motivam certos comportamentos e podem mudar com o desenvolvimento do organismo (BYERS, 2000).

Cruz (2002) considera que o nicho agrupa todo o conjunto de interações que se estabelecem entre indivíduos e com o meio que os rodeia, observou dois grupos de variáveis fundamentais e independentes que influenciam todo o restante. Esse autor classifica essas variáveis em: divisão estrutural, que inclui todas as dimensões relacionadas com a utilização do habitat e a divisão temporal que agrupa as dimensões de tempo, como ciclo anual e ciclo circadiano. Nesse trabalho, como os jovens repousaram mais e em contrapartida os adultos mostraram maior atividade na escotofase, pode ser um indicativo em ajustes comportamentais para evitar a competição durante a utilização dos recursos do habitat. Além disso, pode ser observada uma divisão temporal, no ato comportamental “Alimentar” que apresentou diferença estatística em dois horários distintos com a maioria dos adultos se alimentando às 21 horas, e a maioria dos jovens se alimentando às 3 horas.

A separação de sítios de repouso entre jovens e adultos da espécie foi observada para *Arianta arbustorum* (Linnaeus, 1758) (Helicidae) em ambiente natural (LEDERGERBER,

1997). Tais autores argumentam que esta diferenciação de nichos permite a coexistência tanto entre espécies diferentes quanto entre indivíduos da mesma espécie em idades diferentes.

Conner *et al.* (2008) realizou experimentos em que houve a manipulação de adultos e juvenis *P. paludosa*, e de juvenis de *P. paludosa* colocados na presença de adultos de uma espécie exótica. Observou-se que os juvenis apresentaram menor crescimento quando criados com um adulto ou com menor número de adultos de *P. paludosa* nos tanques. Quanto à sobrevivência, os autores verificaram que juvenis sobreviveram mais na ausência de adultos da mesma espécie. O contrário foi observado quando os jovens eram colocados com um adulto exótico ou com quatro adultos da mesma espécie, ou seja, a sobrevivência dos juvenis diminuiu com o aumento da densidade de adultos, especialmente da espécie exótica. Pearce (1996) observou um padrão semelhante para os moluscos *M. thyroideus* e *N. albolabris* em experimentos realizados em campo e em laboratório observou que os jovens de ambas as espécies competiram por recursos com adultos de sua espécie e que o crescimento dos jovens foi afetado pela presença de adultos. Ficou evidenciada, portanto, uma diferenciação temporal no ato “Alimentar” entre jovens e adultos, e pode explicar o porquê das diferenças encontradas nos horários de algumas atividades.

Os adultos deslocaram-se mais do que os jovens em 3 horários distintos (21, 23 e 3 horas), interagiram e apresentaram maior atividade (durante a escotofase), essa diferença pode ser devido ao fato de os adultos buscarem parceiros para a cópula.

Houve influência da temperatura na atividade dos moluscos adultos, mas não da umidade, apesar desta ser um fator que influencia fortemente os moluscos como afirmado por diversos autores (BATTIS, 1957; DIAS *et al.*, 2007). Vale ressaltar a incidência das variações microclimáticas, pois já foi comprovado que essas podem causar variações intraespecíficas na atividade (POTTS, 1975).

Maltz (2003) observou que dependendo das condições climáticas, indivíduos de *Helicodonta obvoluta* (Müller, 1774) (Helicidae) se mostravam ativos no início ou no final de abril. Sob condições constantes de temperatura e umidade (laboratório) os moluscos adultos exibiram dois picos de atividade: ao final da tarde (crepuscular) e no início da manhã, com um período de repouso durante o dia. Indivíduos imaturos mostraram-se mais ativos, com uma atividade constante e alta desde a parte tarde até a metade da manhã e muitos permaneceram ativos ao longo do dia.

Em condições favoráveis de temperatura e umidade (no ambiente) e em condições laboratoriais a atividade em todas as classes de idade foi dependente da umidade e temperatura. Os autores registraram ainda que os moluscos imaturos foram mais ativos em

geral (MALTZ, 2003). Os indivíduos de *R. decollata* utilizados no presente trabalho foram avaliados em apenas duas fases: fotofase e escotofase. A atividade de indivíduos juvenis e adultos apenas diferiu significativamente durante a escotofase ao contrário do observado para o gastrópode terrestre *H. obvoluta*. O mesmo foi verificado para *Arion lusitanicus* (GRIM & SCHAUMBERGER, 2002).

R. decollata, jovens e adultos, permaneceu a maior parte do tempo em repouso assim como verificado para *Arion lusitanicus* (Mabille, 1868) (Arionidade), que passa 68% das 24 horas do dia em repouso, sendo esse maior na fotofase. A alimentação apresentou dois horários que diferiram significativamente, às 21 horas com os adultos se alimentando mais e às 3 horas com os jovens se alimentando mais, assim como verificado para *Limax valentianus* (Ferussac, 1821) (Limacidade) que apresentou um pico na alimentação às 21 horas (HOMMAY *et al.*, 1998), e *H. aspersa* que se alimentou preferencialmente no período entre 1 e 2:30 (GRIMM & SCHAUMBERGER, 2002).

4.5. Conclusões

Foi evidenciado que *R. decollata* é uma espécie com horário de atividade semelhante ao de outros moluscos descritos na literatura, que permanece basicamente enterrada e se movimenta pouco o que pode ser um indicativo de que o controle biológico de outras espécies pode não ser eficaz especialmente de espécies que apresentam o hábito de deslocamento vertical, como *H. aspersa*.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O isolamento influenciou o crescimento dos indivíduos, sendo que os moluscos mantidos agrupados cresceram menos que os isolados. Também houve interferência do isolamento no tempo para o alcance da maturidade sexual, número de ovos e eclodibilidade, sendo as taxas de eclosão e o número de ovos maiores para indivíduos isolados.

A temperatura e a umidade não exerceram influência sobre a reprodução e o crescimento, ao contrário do observado para outros moluscos.

Houve diferença nas reservas de glicogênio e galactogênio entre indivíduos isolados e agrupados, provavelmente devidas à maior movimentação e pela presença de parceiros nos indivíduos agrupados.

Quanto ao comportamento, *R. decollata* apresentou período de atividade predominantemente noturno, e houve diferença entre os atos comportamentais “Deslocar” e “Alimentar” entre adultos e jovens, e indivíduos de ambas as idades permaneceram basicamente enterrados.

Os resultados encontrados demonstram que o ciclo de vida de *R. decollata* diferiu do relatado para a mesma espécie em outras regiões, e que sua utilização como controle biológico pode não ser eficiente devido aos hábitos sedentários da espécie. Houve uma diferenciação de nichos entre adultos e jovens, o que indica que a presença de adultos pode ser prejudicial para o desenvolvimento dos juvenis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUDO-PADRÓN, A. I. 2008. Listagem sistemática dos moluscos continentais ocorrentes no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay** **9** (91): 147-149.
- ALMEIDA, M. N. & BESSA, E. C. A. 2001a. Estudo do crescimento e da reprodução de *Leptinaria unilamellata* (d'Orbigny) (Mollusca, Subulinidae) em laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia** **18** (4): 1107-1113.
- ALMEIDA, M. N. & BESSA, E. C. A. 2001b. 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. & MOTA, G.G. 2011a. Ecologia, reprodução e crescimento da concha de *Beckianum beckianum* Pfeiffer, 1846 (Pulmonata, Subulinidae) em condições naturais. **Revista de Biologia e Farmácia** **6** (1): 75-85.
- ALMEIDA, M. N. & MOTA, G.G. 2011b. Conquiliomorfometria, ciclo de vida, crescimento alométrico da concha (*Subulina octona* Bruguière, 1789) (Pulmonata, Subulinidae) em condições de campo. **Revista Brasileira de Biologia e Farmácia** **5** (11): 141-151.
- ALTMANN, J. 1974. Observational study of behavior: Sampling methods. **Behaviour** **48**: 227-265.
- ANDERSON, T. K.; WEAVER, K. F. & GURALNICK, R. P. 2007. Variation in adult shell morphology and life-history traits in the land snail *Oreohelix cooperi* in relation to biotic and abiotic factors, **Journal of Molluscan Studies** **73**: 129-137.
- AUFFENBERG, K. & STANGE, L. A. 1986. Snail-eating snails of Florida. **Entomology Circular** **285**: 1-4.
- BANK, R. A. & GITTENBERGUER, E. 1993. Neither *Rumina truncata*, nor *R. gracilis*, but *R. Saharica* (Mollusca: Gastropoda Pulmonata: Subulinidae). **Zoologische Mededelingen** **67** (38): 525-527.
- BATTS, J. H. 1957. Anatomy and life cycle of the snail *Rumina decollata* (Pulmonata: Achatinidae) **The Southwestern Naturalist** **2** (2-3): 74-82.
- BAUR, B. & RABOUD, C. 1988. Life story of the land snails *Arianta arbustorum* along an altitudinal gradient. **Journal of Animal Ecology** **57**: 71-87.

- BYERS, J. E. 2000. Effects of body size and resource availability on dispersal in a native and a non-native estuarine snail. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** **248**: 133-150.
- CARVALHO, C. M.; BESSA, E. C. A. & D'ÁVILA, S. 2008. Life history strategy of *Bradybaena similaris* (Fèrussac, 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, S. 2009. Life history strategy of *Leptinaria unilamellata* (d'Orbigny, 1835) (Mollusca, Pulmonata, Subulinidae) **Invertebrate Reproduction & Development** **53**: 211-222.
- CLARCK JR., J. W. 2008. Implications of land snails and fresh-water gastropods in archaeological sites. *Arkansas Academy of Science Proceedings*, v. 23, 1969.p. 38-52. **Malacologica Bohemoslovaca** **7**: 11-14.
- CONNER, S. L.; POMORY, C. M. & DARBY, P. C. 2008. Density effects of native and exotic snails on growth in juvenile apple snails *Pomacea paludosa* (Gastropoda: Ampullariidae): a laboratory experiment. **Journal of Molluscan Studies** **74** (13): 355-362.
- COWIE, R. H. 1998. Patterns of introduction of non-indigenous nonmarine snails and slugs of the Hawaiian Islands. **Biodiversity and Conservation** **7**: 349-368.
- COWIE, R. H. 2001. Can snails ever be effective and safe biocontrol agents? **International Journal of Pest Management** **47** (1): 23- 40.
- COWIE, R. H.; DILLON, R. T.; ROBINSON, D. G.; SMITH, J.W. 2009. Alien non-marine snails and slugs of priority quarantine importance in the United States: A preliminary risk assessment. **American Malacological Bulletin** **27**: 113-132.
- CRUZ, M. A. 2002. Nicho y evolución. **Revista Biologia** **16** (1): 3-7.
- D'ÁVILA, S. & BESSA, E. C. A. 2005a. Influência do substrato sobre a reprodução de *Subulina octona*(Bruguière) (Mollusca, Subulinidae) sob condições de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia** **22** (1): 197-204.
- D'ÁVILA, S. & BESSA, E. C. A. 2005b. Influência do substrato sobre o crescimento de *Subulina octona* (Bruguière) (Mollusca, Subulinidae), sob condições de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia** **22** (1): 205-211.
- DUNDEE, D. S. 1986. Notes on the habits and anatomy of the introduced land snails *Rumina* and *Lamellaxis* (Subulinidae). **The Nautilus** **100** (1): 32-40.

DUTRA, A. V. C. 1988. Aspectos da ecologia e da reprodução de *Lepstinaria unilamellata* (Orrbgny, 1835) (Gastropoda, Subulinidae). **Revista Brasileira de Zoologia** 5 (4): 581-591.

EL-WAKIL, H. B.; BANAJA, A. E. A. & AMER, S. A. M. 2011. Morphometric and genetic insights for three terrestrial snails in Taif Province of Saudi Arabia, **World Applied Sciences Journal** 14 (4): 546-551.

FISCHER, T. W.; ORTH, R. E. & SWANSSON, S. C. 1980. Snail against snail. **California Agruculture** 34 (11): 18-20.

FRANCESCO, C. G. & LAGIGLIA, H. 2007. A predatory land snail invades central-western Argentina. **Biological Invasions** 9: 795-798.

GARCIA, T. A. & PINHEIRO, J. 2007. The photoperiod may modulate the carbohydrate metabolism of *Bradybaena similaris* (Férussac, 1821) (Mollusca, Bradybaenidae) **Revista Brasileira de Zoociências** 9 (1): 7-12.

GOMOT, A.; GOMOT, L.; BOUKRAA, S. & BRUKERT, S. 1989. Influence of soil on the growth of the land snail *Helix aspersa* an experimental study of the absorption route for the stimulating factors. **Journal of Molluscan Studies** 55: 1-8.

GRIMM, B. & SCHAUMBERGER, K. 2002. Daily activity of the pest slug *Arion lusitanicus* under laboratory conditions. **Annals of Applied Biology** 141: 35-44.

HELLER, J. 2001. Life history strategies. 413-445p. In: BARKER, G. M. 2001 (Ed.). **The biology of terrestrial molluscs**. CABI Publishing. New York. 552p.

HOMMAY, G.; JACKY, F. & RITZ, M. F. 1998. Feeding activity of *Limax valentianus* Ferussac: nocturnal rhythm and alimentary competition. **Journal of Molluscan Studies** 64: 137-146.

IGLESIAS, J.; SANTOS, M. & CASTILLEJO, J. 1999. Annual activity cycles of the land snail *Helix aspersa* Muller in natural populations in north-western Spain. **Journal of Molluscan Studies** 62: 495-505.

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. & D'ÁVILA, S. 2004. Horário de atividade e etograma básico de *Sarasinula linguaeformis* Semper, 1885 (Mollusca, Veronicellidae), em condições de laboratório. **Revista Brasileira de Zoociências** 6 (2): 237-247.

KINZIE III, R. A. 1992. Predation by the introduced carnivorous snail *Euglandina rosea* (Ferussac) on endemic aquatic lymnaeid snails in Hawaii. **Biological Conservation** **60**: 149-155.

LEAHY, W. 1980. Aspectos adaptativos de *Bradybaena similaris* Férussac, 1821 (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) submetido ao jejum e dessecação. **Boletim de Fisiologia Animal** **5**: 47-55.

LEDERGERBER, S.; BAMINGER, H.; BISENBERGER, A.; KLEWEIN, D.; SATTMANN, H. & BAUR, B. 1997. Differences in resting-site preference in two coexisting land snails, *Arianta arbustorum* and *Arianta chamaeleon* (helicidae), on alpine slopes. **Journal of Molluscan Studies** **63**: 1-8.

LYDEARD, C.; COWIE, R. H.; PONDER, W. F.; BOGAN, A. E.; BOUCHET, P.; CLARK, S. A.; CUMMINGS, K. S.; FREST, T. J.; GARGOMINY, O.; HERBERT, D. G.; HERSHLER, R.; PEREZ, K. E.; ROTH, B.; SEDDON, M.; STRONG, E. E. & THOMPSON, F. G. 2004. The Global Decline of Nonmarine Mollusks. **Bio Science** **54** (4): 321-330.

MALTZ, T. K. 2003. Life cycle and population dynamics of *Helicodonta obvoluta* (O. F. Müller, 1774) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) **Folia Malacologica** **11** (3-4): 63-88.

MEIRELES, L. M. O.; 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): 51-58.

MIENIS, H. K. 2008. Does *Rumina saharica* Pallary, 1901 occur in France? **Malaco** **5**: 228-229.

OOSTERHOFF, L. M. 1977. Variation in growth rate as an ecological factor in the land snail *Cepaeane moralis* (L.). **Netherlands Journal of Zoology** **27**: 1-132.

PÁLL-GERGELY, B. & NÉMETH, L. 2008. Observations on the breeding habits, shell development, decollation, and reproductive anatomy of *Pontophaedusa funiculum* (Mousson 1856) (Gastropoda, Pulmonata, Clausiliidae, Phaedusinae). **Malacologia Bohemoslovaca** **7**: 11-14.

PARDO, L. M. & JOHNSON, L. E. 2005. Explaining variation in life-history traits: growth rate, size, and fecundity in a marine snail across an environmental gradient lacking predators. **Marine Ecology Progress Series** **296**: 229-239.

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.

- PIERI, O. S. & JURBERG, P. 1981. Aspectos etológicos na sobrevivência dos caramujos vetores da xistosomose ao tratamento com moluscicidas. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** **76** (1): 47-55.
- PIGLIUCCI, M.; MURREN, C. J. & SCHLICHTING, C. D. 2001. Review Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation. **The Journal of Experimental Biology** **209**: 2362-2367.
- PINHEIRO, J. & AMATO, S. B. 1994. Eurytrema coelomaticum (Digenea , Dicrocoelidae): the effect of infection on carbohydrate content of its intermediate snail host, Bradybaena similaris (Férussac, 1821) (Mollusca, Gastropoda). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** **89** (3): 407-410.
- PINHEIRO, J. & GOMES, E. M. 1994. A method for glycogen determination in molluscs. **Arquivos de Biologia e Tecnologia** **37**: 569-576.
- POINTIER, J. P. 1993. The introduction of *Melanoides tuberculata* (Mollusca, Thiaridae) to the island of Saint Lucia (West Indies) and its role in the decline of *Biomphalaria glabrata*, the snail intermediate host of *Schistosoma mansoni*. **Acta Tropica** **54** (1): 13-18.
- POINTIER, J. P. 2001. Invading Freshwater Snails and Biological Control in Martinique Island, French West Indies. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** **96** (67): 67-74.
- POTTS, D. C. 1975. Persistence and extinction of local populations of the garden snail *Helix aspersa* in unfavorable environments. **Oecologia** **21**: 313-334.
- RAO, I. G. & SINGH, D. K. 2000. Effect of single and binary combinations of plant-derived molluscicides on reproduction and survival of the snail *Achatina fulica*. **Archives of environmental, contamination and toxicology** **39**: 486-493.
- REYES-TUR, B. & RAMÍREZ-ÁLVAREZ, O. 2002. Dinámica de los subnichos ecológicos en el molusco terrestre *Polymita venusta* Gmelin 1792, (Stylommatophora: Helminthoglyptidae) en Mayarí, Cuba. **Revista Biología** **16** (1): 27-34.
- ROFF, D. A. 1992. **The evolution of life histories**. Chapman & Hall, London.
- SAKOVICH, N. J.; BAILEY, J. B. & FISHER, T. W. 1984. Decollate snails for control of brown garden snails in Southern California Citrus Groves. Oakland: Univ. Calif. **Agricultural and Natural Resources**. Publ. 21384.
- SELANDER, R. K. & HUDSON, R. O. 1976. Animal population structure under close inbreeding: the land snail *Rumina* in southern France. **The American Naturalist** **110** (974): 695-718.

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.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora. 97p.

SIMONE, L. R. L. 2006. **Land and Freshwater Molluscs of Brazil.** São Paulo, EGB/Fapesp, 390p.

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.

STEENSMA, K. M. M. A.; LILLEY, P. L. & ZANDBERG, H. M. 2009. Life history and habitat requirements of the Oregon forestsnail, *Allogona townsendiana* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata, Polygyridae), in a British Columbia population. **Invertebrate Biology** **128** (3): 1-11.

TATTERSFIELD, P. 1981. Density and environmental effects on shell size in some sand dune snail populations. **Biological Journal of the Linnean Society** **16**: 71-81.

TUNHOLI, V. M.; LUSTRINO, D.; TUNHOLI-ALVES, V. M.; MELLO-SILVA, C. C. C.; MALDONADO JR., A.; RODRIGUES, M. L. A. & PINHEIRO, J. 2011. Changes in the reproductive biology of *Biomphalaria glabrata* infected with different doses of *Echinostoma paraensei* miracidia. **Journal of Invertebrate Pathology** **106**: 192-195.

VAUFLEURY, A. 2001. Regulation of growth and reproduction. In. Barker, G. M. **The biology of terrestrial molluscs.** London: CABI Publishing.