

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM BIOLOGIA ANIMAL

**EFEITO DA ENDOGAMIA EM CARACTERES DE IMPORTÂNCIA
ECONÔMICA DE ESCARGOT DA ESPÉCIE *Helix aspersa***

Elizene Damasceno Rodrigues Soares

**“Tese submetida à coordenação do curso de
Pós-Graduação em Biologia Animal como
requisito parcial para obtenção do grau de
Magister Scientiae em Biologia Animal”.**

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis Azevedo de Armada

Co-orientador: Prof. Dr. Heriberto Dias da Silva

Seropédica, Rio de Janeiro.

Fevereiro – 2001

**EFEITO DA ENDOGAMIA EM CARACTERES DE IMPORTÂNCIA
ECONÔMICA DE ESCARGOT DA ESPÉCIE *Helix aspersa***

Elizene Damasceno Rodrigues Soares

APROVADO EM / /

BANCA EXAMINADORA:

Presidente:

Jorge Luis Azevedo de Armada

Dr. - Universidade Federal Rural do rio de Janeiro. CPF: 362398797-20

Membro:

Heriberto Dias da Silva

Dr. - Universidade Federal Rural do rio de Janeiro. CPF: 313944697-72

Membro:

Beatriz Goldschmidt

Dra. - Universidade Federal Fluminense. CPF: 509390337-04

594.38 Soares, Elizene Damasceno Rodrigues, 1972_
S676e Efeito da endogamia em caracteres de importância econômica de escargot
da espécie *Helix aspersa* / Elizene Damasceno Rodrigues Soares. – 2001.
xvi, 59f. : il. color., gráfs., tabs.

Orientador: Jorge Luis Azevedo de Armada.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Instituto de Biologia.

Bibliografia : f. [55] – 59.

1. Caracol e caramujo comestíveis – Genética – Teses. 2. Caracol e
caramujos comestíveis – Melhoramento Genético – Teses. 3. Caracol e caramujo
comestíveis – Criação – Teses. 4. Caracol e caramujo comestíveis – Reprodução –
Teses. I. Armada, Jorge Luis Azevedo de, 1953_ II. Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Instituto de Biologia. III. Título.

À minha família, dedico.

Aos helicicultores brasileiros, ofereço.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, pela vida, sabedoria, saúde e força nesta caminhada triunfal;

A minha família, pelo incentivo, apoio e confiança depositada;

Ao meu esposo Geovane, pelo amor, companheirismo, apoio, colaboração e pelas sensatas observações, permitindo um melhor desenvolvimento deste trabalho;

Aos professores Jorge Luís Azevedo de Armada, Heriberto Dias da Silva, Maurício Ballesteiro Pereira e Geisa Ribeiro Leitão, pelas orientações e apoio na busca dos caminhos para determinação do quadro teórico da pesquisa;

À professora Beatriz Goldschmidt, pela contribuição e sugestões prestadas quando do exame deste trabalho;

Aos colegas estagiários, professores e funcionários do Departamento de Genética da UFRRJ, que direta ou indiretamente nos apoiaram;

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade de estudo, que muito contribuiu para minha formação como cidadã crítica, conseqüente e responsável;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj), pela bolsa de estudo, fundamental para a realização deste estudo em tempo hábil.

Biografia

Elizene Damasceno Rodrigues Soares, filha de Pedro de Lima Rodrigues Soares e Edilene Damasceno Rodrigues Soares, nasceu na cidade de Catu-BA em 27 de outubro de 1972.

Em 1991, diplomou-se em Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Catu-BA. Em 1992, esteve coordenadora do senso econômico municipal da cidade de Catu-BA.

No ano de 1994 ingressou no curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), graduando-se em 1998. Durante a graduação participou de trabalhos de pesquisa e acadêmico: estando bolsista de Iniciação Científica (CNPq) pelo Departamento de Genética, e monitora da disciplina Topografia Básica pelo Departamento de Engenharia da UFRRJ. De 1997 a 1998 esteve 1ª Secretária do Diretório Acadêmico Raimundo Ferreira do curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas da UFRRJ.

Em 1999 ingressou no curso de Pós-Graduação em Biologia Animal da UFRRJ, concluindo nesta data seu trabalho de Dissertação de Mestrado. Atualmente, encontra-se professora substituta da disciplina Agricultura I, pela Escola Agrotécnica Federal de Senhor do Bonfim (BA).

Sumário

	Pag.
Índice das tabelas _____	ix
Índice das figuras _____	xi
Resumo _____	xiii
Abstract _____	xv
 1. Introdução _____	 01
1.1. Mercado consumidor e importância econômica _____	02
1.2. Fatores que influenciam na criação dos escargots _____	03
1.3. Crescimento dos escargots _____	05
1.4. Reprodução dos escargots _____	06
1.5. Estudos genéticos sobre escargots _____	08
 2. Material e métodos _____	 11
2.1. Condições experimentais _____	11
2.2. Reprodução _____	14
2.2.1. Formação dos casais da primeira etapa: geração não endógama (GO) _____	14
2.2.2. Formação dos casais da segunda etapa: acasalamento entre irmãos completos (G1, G2 e G3) – gerações endogâmicas _____	14
2.2.3. Obtenção de posturas _____	15
2.2.4. Incubação dos ovos _____	16
2.2.5. Eclosão dos ovos _____	16
2.3. Crescimento dos animais _____	17
2.4. Caracteres avaliados _____	18
2.5. Determinação do coeficiente de endogamia _____	19
2.6. Pedigree _____	20
2.7. Análises estatísticas _____	20
2.8. Efeitos práticos da endogamia _____	21

3. Resultados	23
3.1. Percentual de sobrevivência	23
3.2. Percentual de maturidade sexual	3-
3.3. Fecundidade realizada	33
3.4. Longevidade	36
3.5. Efeitos práticos da endogamia	37
4. Discussão	45
4.1. Percentual de sobrevivência	45
4.2. Percentual de maturidade sexual	47
4.3. Fecundidade realizada	48
4.4. Longevidade	49
4.5. Efeitos práticos da endogamia	50
5. Conclusões	52
6. Considerações finais	53
7. Referências bibliográficas	55

Índice das tabelas

Pág.

Tabela 1.	Composição média da ração utilizada na alimentação dos escargots _____	12
Tabela 2.	Tamanho das amostras utilizadas para análise estatística. Número de animais/famílias de três gerações endógamas _____	19
Tabela 3.	Análise de variância do percentual de sobrevivência de sete famílias de escargot <i>H. aspersa</i> em três gerações endógamas (G2, G3 e G4) _____	24
Tabela 4.	Análise de variância do efeito da endogamia dentro de cada família do percentual de sobrevivência de sete famílias do escargot <i>H. aspersa</i> em três gerações endógamas (G2, G3 e G4) _____	25
Tabela 5.	Resultados da regressão na análise de variância com o desdobramento dos graus de liberdade do efeito da endogamia dentro de cada família em seus componentes lineares do percentual de sobrevivência do escargot <i>H. aspersa</i> _____	25
Tabela 6.	Médias do percentual de sobrevivência e depressões endogâmicas de sete famílias de escargot <i>H. aspersa</i> , nas gerações G2, G3 e G4 _____	30
Tabela 7.	Resultados das análises de variância do percentual de sobrevivência do escargot <i>H. aspersa</i> determinados em quatro intervalos regulares de observação 0 - 30. 30 - 60. 60 - 90 e 90 - 120 dias das gerações G2, G3 e G4 _____	31
Tabela 8.	Médias do percentual de sobrevivência do escargot <i>H. aspersa</i> determinados em quatro intervalos de observação 0-30, 30-60, 60-90 e 90-120 dias, de três gerações endógamas (G2, G3 e G4) _____	32
Tabela 9.	Análise de variância do caráter fecundidade realizada de sete famílias de escargot <i>H. aspersa</i> em três gerações endógamas (G2, G3 e G4) e a regressão linear na análise de variância do fator geração _____	34
Tabela 10.	Médias do caráter fecundidade realizada, depressão endogâmica de sete famílias de escargot <i>H. aspersa</i> em três gerações endógamas (G2, G3 e G4) _____	35
Tabela 11.	Análise de variância do caráter longevidade das sete famílias de escargot <i>H. aspersa</i> nas gerações G1 e G3 _____	36

Tabela 12. Médias da longevidade de sete famílias de escargot <i>H. aspersa</i> nas gerações G1 e G3 _____	37
Tabela 13. Valores do coeficiente de endogamia (F) do escargot <i>Helix aspersa</i> a determinado em sete diferentes grupos de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) durante dez gerações sucessivas _____	38
Tabela 14. Valores obtidos através da simulação da depressão endogâmica do caráter sobrevivência do escargot <i>Helix aspersa</i> , segundo o número de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) durante dez gerações sucessivas _____	39
Tabela 15. Valores obtidos através da simulação da depressão endogâmica do caráter maturidade sexual do escargot <i>Helix aspersa</i> , segundo o número de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) durante dez gerações sucessivas _____	41
Tabela 16. Valores obtidos através da simulação da depressão endogâmica do caráter fecundidade do escargot <i>Helix aspersa</i> , segundo o número de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) durante dez gerações sucessivas _____	43

Índice das figuras

Pág.

Figura 1.	Caixa de polietileno (com dimensões 22,4 x 14,7 x 11,4 cm) usada para a criação dos animais durante a fase de reprodução	13
Figura 2.	Caixa de polietileno (com dimensões de 48 x 32 x 18 cm) usada para a criação dos animais durante a fase de crescimento	13
Figura 3.	Escargot fazendo postura	15
Figura 4.	Eclosão dos ovos do escargot	17
Figura 5.	Percentual de sobrevivência do escargot <i>Helix aspersa</i> em função da densidade	18
Figura 6.	Pedigree representativo do número de gerações associadas aos níveis de endogamia	20
Figura 7.	Regressão do percentual de sobrevivência da família F1 do escargot <i>H. aspersa</i> em função do coeficiente de endogamia	26
Figura 8.	Regressão do percentual de sobrevivência da família F2 do escargot <i>H. aspersa</i> em função do coeficiente de endogamia	26
Figura 9.	Regressão do percentual de sobrevivência da família F3 do escargot <i>H. aspersa</i> em função do coeficiente de endogamia	27
Figura 10.	Regressão do percentual de sobrevivência da família F4 do escargot <i>H. aspersa</i> em função do coeficiente de endogamia	27
Figura 11.	Regressão do percentual de sobrevivência da família F5 do escargot <i>H. aspersa</i> em função do coeficiente de endogamia	28
Figura 12.	Regressão do percentual de sobrevivência da família F6 do escargot <i>H. aspersa</i> em função do coeficiente de endogamia	28
Figura 13.	Regressão do percentual de sobrevivência da família F7 do escargot <i>H. aspersa</i> em função do coeficiente de endogamia	29
Figura 14.	Regressão da média das sete famílias do percentual de sobrevivência do escargot <i>H. aspersa</i> em função dos níveis de endogamia	30

- Figura 15. Regressão do percentual da maturidade sexual do escargot *H. aspersa* em função do coeficiente de endogamia _____ 33
- Figura 16. Regressão do caráter fecundidade realizada por pares de escargot *H. aspersa* em função do coeficiente de endogamia _____ 35
- Figura 17. Simulação da depressão endogâmica do caráter sobrevivência em *Helix aspersa*, segundo o número de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) acasalados durante dez gerações sucessivas _____ 40
- Figura 18. Simulação da depressão endogâmica para o caráter maturidade sexual em *Helix aspersa*, segundo o número de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) acasalados durante dez gerações sucessivas _____ 42
- Figura 19. Simulação da depressão endogâmica para o caráter fecundidade em *Helix aspersa*, segundo o número de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) acasalados durante dez gerações sucessivas _____ 44

Resumo

A heliocultura, assim como outras culturas, necessitam de conhecimentos científicos para orientações mais econômicas e racionais. Este trabalho teve como objetivo estudar o efeito da endogamia nos caracteres sobrevivência, maturidade sexual, fecundidade e longevidade durante três gerações sucessivas do escargots da espécie *Helix aspersa* (Gros Gris). Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Genética Animal, do Departamento de Genética da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. A temperatura ambiente variou entre 20 e 25°C com umidade relativa em torno de 70 a 90 %. Durante todo o experimento os animais foram mantidos em caixas de polietileno com dimensões de 22.4 x 14,7 x 11,4 cm e 48 x 32 x 18 cm, para reprodução e crescimento respectivamente. A alimentação foi a base de mistura balanceada composta por: milho, farelo de soja, premix vitamínico, calcário, óleo vegetal, fosfato bicálcio e uma fonte de cálcio (farinha de ostra).

Foram obtidas três gerações endogâmicas (G2, G3 e G4), através de acasalamentos sucessivos de irmãos completos a partir de uma população base (G 1). Os progenitores da G1 foram provenientes de uma população já existente no laboratório supracitado. Os coeficientes de endogamia (F) de cada geração foram: G0 e G1 igual a zero, G2 = 0,25; G3 = 0,375 e G4 = 0,50. Analisou-se dados de sete (=lias (linhagens)). Os resultados mostraram que com o

aumento do coeficiente de endogamia houve um decréscimo significativo dos valores médios obtidos em todas as características analisadas, onde o aumento de 1% em F diminuiu 1,34% no percentual de sobrevivência, 1,64% no percentual de maturidade sexual, e de 1,65 animais em média na fecundidade realizada. Não foi observada depressão endogâmica significativa para longevidade. Foram feitas simulações para avaliar o efeito da endogamia em função do número de reprodutores (10, 30, 50, 70, 90, 100, e 110) utilizados na implantação da criação durante 10 gerações sucessivas. Verificou-se que populações com $F = 5\%$ apresentaram efeito deletério já na 1ª geração para criatórios iniciados com 10 animais. Para os criatórios iniciados com 100 animais, esse efeito só foi observado na 10ª geração. Com base nestes resultados, recomenda-se iniciar uma criação com no mínimo 50 animais, desde que a cada 2 anos sejam introduzidos animais novos na população.

(Palavras-chaves: genética de escargot, depressão endogâmica, fecundidade, longevidade).

Abstract

Heliciculture, as well as other cultures, needs scientific knowledge for orientations of more economical creations and you ration. The objective of this work was to study the effect of the inbreeding on the character survival, sexual maturity, fecundity and longevity during three successive generations of the snail of the specie *Helix aspersa* (Gros Gris). The experiments were realized in the Laboratory of Animal Genetic, Department of Genetics at the Rural Federal University of Rio de Janeiro. The temperature ranged between 20 to 25°C and 70 to 90% relative humidity. During all the experiment the animals were maintained in boxes of polyethylene of 22.4 x 14.7 x 11.4 cm and 48 x 32 x 18 cm, for reproduction and growth, respectively. Animals were reared using a balanced diet composed of: corn, soybean meal vitamin, calcareous, vegetable oil, phosphate bicalcium and a source of calcium (oyster flour).

Were mixture reared these animals to three generations (G2, G3 and G4), through full-sib successive cross starting from a population base (G1). The progenitors of G1 were already coining from our established laboratory population. The inbreeding coefficients (F) of each generation they were: G0 and G1 equal to zero. $G2 = 0.25$, $G3 = 0.375$ and $G4 = 0.50$. Data from seven families (lineages) were analyzed. The results showed that with the increase of the inbreeding coefficient there was a significant decrease of the medium values obtained in

all the analyzed characteristics, where the increase of 1% in F reduced 1.34% in the percentile of survival, 1.64% in the percentile of sexual maturity and of 1.65% animals in it measured in the accomplished fecundity. Significant endogamy reduction was not observed for longevity. Simulations to evaluate the effect of the inbreeding considering the number of reproducers (10, 30, 50, 70, 90, 100, and 110) were using made to establish laboratory populations during 10 successive generations. It was verified that populations with $F = 5\%$ show deleterious effect in the 1st generation for initiate the rearing populations with 10 animals. For the initial populations with 100 animals, that effect was only observed in the 10^a generation. With base in these results, it is recommended to begin a creation with at least 50 animals, since every 2 years new animals are introduced in the population.

(Word-keys: escargot genetics, depression inbreeding, fecundity, longevity).

1. Introdução

Escargot é uma palavra francesa que denomina alguns moluscos terrestres comestíveis. Existem várias espécies, sendo as mais conhecidas no mundo, e portanto de maior valor comercial, a *Helix pomatia* e *Helix aspersa*. Estes moluscos apresentam facilidade de cultivo e são muito prolíferos (Rousselet, 1979).

O consumo de escargot teve início em tempos remotos da história humana e a helicultura, criação racional de escargot, já era conhecida há quase 2.000 mil anos (Vieira, 1994). No Brasil, a helicultura teve início como atividade amadora pelos imigrantes italianos na época da colonização da região sul do país, e atualmente vem sendo bastante difundida na alimentação humana.

Helix aspersa (GASTROPODA: PULMONATA) é um molusco originário do Mediterrâneo ocidental, e se distribuiu pela Europa provavelmente pela ação humana, que o tem utilizado como alimento desde a pré-história (Madec, 1991). É uma das espécies mais cultivadas comercialmente devido ao seu rápido crescimento, precocidade, prolificidade, além de ser menos sensível às variações de ambiente (Lazaridou-Dimitriadou & Bailey, 1991).

1.1. Mercado consumidor e importância econômica

Países da União Européia, principalmente França e Itália são os maiores consumidores de escargot do mundo, com consumo de aproximadamente 40.000 ton/ano e 6.000 ton/ano respectivamente (Lazarindou-Dimitriadou *et al.*, 1998).

No Brasil o mercado de escargot encontra-se em expansão, caracterizando-se como atividade bastante lucrativa, principalmente nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná.

As qualidades e propriedades da carne do escargot ainda são desconhecidas da população brasileira, devido à falta de informação e tradição de consumo.

Segundo Marasco & Muriciano (1982), a carne do escargot é muito pobre em gordura (de 0,5 a 0,8% contra 11,5% da carne de boi e 12% da carne de porco), é relativamente pobre em calorias (de 60 a 80 por cada 100g), é rica em proteínas de alto valor biológico (de 12 a 16%) e em substâncias minerais (1,5% aproximadamente). Esses dados mostram que a carne do escargot é de fácil digestão. Além da carne, os ovos também são degustados pelos franceses que os consideram como a “pérola real” entre os alimentos saudáveis. O alto valor nutritivo consiste no albúmem com 0,6% de gordura, 11 g/kg de cálcio e 600mg/kg de magnésio.

Além de serem utilizados na alimentação humana, os escargots também são utilizados na medicina e farmacologia (Marasco & Muriciano, 1982).

Segundo Marasco & Muriciano (1982), na antiguidade era recomendado como remédio para dores de estômago, infecções gastro-intestinais, hérnias, conjuntivite, tuberculose pulmonar, úlcera, como cicatrizante, etc. Algumas dessas crenças têm sobrevivido até os dias de hoje. Em primeiro lugar é preciso distinguir entre as notícias que têm fundamento e àquelas que derivam das superstições. Muitas dessas crenças têm se confirmado, como por exemplo, de que os aminoácidos contidos na proteína da carne dos caracóis e em seu muco, contribuem para a reconstituição da integridade dos tecidos gástricos e lubrifica as vias respiratórias. Portanto é cientificamente importante estudar seriamente os caracóis sob o perfil médico e farmacêutico. Os escargots podem ainda ser aproveitados em

outros campos. Na cosmética, o valor do seu muco é indiscutível, e em alguns países, em particular a Alemanha e França, forma a base de preparados específicos para pele. As conchas podem ser utilizadas no artesanato.

1.2. Fatores que influenciam na criação dos escargots

O desenvolvimento do escargot é diretamente influenciado pela alimentação e condições ambientais tais como: umidade, temperatura, fotoperíodo e densidade populacional.

A alimentação é um dos fatores importantes na determinação da expressão de caracteres quantitativos. Assim, tem que ser rica principalmente em proteínas e cálcio (Albuquerque de Matos, 1989b).

O cálcio, além de essencial para a formação de sua concha, assume um papel importante nas matrizes no momento da produção dos ovos e na formação do dardo calcáreo utilizado nos preparativos amorosos do acasalamento (Tompa *et al.*, 1977).

Tompa *et al.* (1977), ao avaliar a mobilização de cálcio durante a reprodução em *H. aspersa*, observaram que não há cálcio suficiente no trato reprodutivo necessário para a calcificação de uma pequena percentagem de ovos de uma simples postura. Investigando a calcificação da casca do ovo observaram uma rápida mobilização de cálcio das partes não reprodutivas passando pela corrente sangüínea para o trato reprodutivo. Cada ovo depositado contém cerca de 0,6 mg de cálcio.

O fotoperíodo afeta a reprodução (Bailey, 1981; Gomot & Gomot, 1985), hibernação (Bailey, 1981, 1983) e o crescimento (Gomot *et al.*, 1982). No entanto, outro fator, em especial a umidade, pode ser mais importante que o fotoperíodo no controle da hibernação em *H. aspersa* (Bailey, 1981; Lazaridou-Dimitriadou & Saunders, 1986).

Lazaridou-Dimitriadou & Bailey (1991) ao estudarem a resposta de *H. aspersa* em regime de luz, observaram que embora o regime de luz de 24 horas (13 luz : 11 escuro) fosse

o melhor para o crescimento da espécie, o regime 20 horas (13 luz : 7 escuro) foi o ideal para a maturação rápida do sistema reprodutivo e o aumento da fecundidade. Já Albuquerque de Matos (1989a) considera o fotoperíodo com mais horas de luz (cerca de 16 a 18 horas), temperatura de 22° C, umidade relativa de 80 a 90%, condições ideais para o desenvolvimento desta espécie.

Assim como a alimentação, a temperatura, a umidade e o fotoperíodo afetam o crescimento e a reprodução desses animais, a densidade populacional também merece atenção e tem se tornado objeto de estudo por vários autores.

Segundo (Vieira, 1994) um maior número de animais na mesma área ou instalação, do que normalmente ela comportaria, é prejudicial para o seu crescimento e reprodução além de contribuir para um maior índice de mortalidade. Colocando-se um número inferior de animais à capacidade da instalação, haverá um sub aproveitamento da mesma, o que significa prejuízo.

Efeitos da densidade populacional sobre a taxa de crescimento, a fecundidade e a mortalidade de *H. aspersa* são descritas por (Chevallier, 1978; Dan & Bailey, 1982; Daguzan, 1985; Lucarz & Gomot, 1985; Jess & Marks, 1995; Lazaridou-Dimitriadou *et al.*, 1998). Chevallier (1978), atribuiu esses efeitos à presença de excreta do escargot.

Estudos subseqüentes realizados por Dan & Bailey (1982), demonstraram que os excretos não são a maior fonte de inibição de crescimento, mas, a secreção (muco) que retarda o crescimento em populações de alta densidade, reduzindo assim, sua atividade e conseqüentemente sua alimentação. Jess & Marks (1995), demonstraram que a freqüência de limpeza das caixas em intervalos de dois dias aumentaria o crescimento e diminuiria a mortalidade.

Albuquerque de Matos (1989a), recomenda densidade populacional de 600g de escargots por metro quadrado de superfície de colagem dos animais e a separação por tamanhos, tendo em vista que os escargots grandes impedem os pequenos de se alimentarem. Já Jess & Marks (1995), recomendam uma densidade populacional equivalente a 100 – 200 escargots por metro quadrado de superfície de colagem.

1.3. Crescimento dos escargots

A taxa de crescimento do escargot e a eficiência da conversão alimentar são significativamente influenciadas pela idade e podem ser definidas em fases (Sanz Sampelaiyo *et al.*, 1991). Segundo Jess & Marks (1995), os escargots apresentam três fases de crescimento: grande (0 – 5 semanas); rápida (6 – 15 semanas) e estável (acima de 16 semanas). Além das fases de crescimento, animais eclodidos de uma mesma postura apresentam variabilidade no crescimento (Lazaridou-Dimitriadou *et al.*, 1998).

Lucraz (1991), isolando escargot aos 30, 60 e 90 dias de nascido, observou que os mesmos têm o seu crescimento reduzido quanto mais tarde são isolados, havendo uma correlação negativa entre o peso do animal ao final do ciclo de crescimento e a idade na qual foi isolado. No entanto, não foram observadas diferenças no peso entre os animais que desovam e os que não desovam.

Segundo Dupont-Nivet *et al.* (1997a), um escargot atinge a fase adulta quando apresentar a borda da concha revirada, que, quando criados em condições ambientais favoráveis, pode levar de 12 a 13 semanas. Jess & Marks (1995), observaram um período de 16 semanas. Para Albuquerque de Matos (1990), o tamanho adulto é resultado do crescimento, mas que pode ocorrer com maior ou menor rapidez, dependendo da constituição genética do grupo e especialmente das condições ambientais em que os animais vivem. Na natureza os animais atingem a fase adulta aos 18 meses (Lazaridou-Dimitriadou & Kattoulas, 1981).

O tamanho adulto pode ser caracterizado tanto pelo peso quanto pelo diâmetro da concha já que ambos são altamente correlacionados (fenotipicamente e geneticamente), (Dupont-Nivet *et al.*, 1997b). Um escargot adulto da espécie *H. aspersa* pesa entre 6 e 15g (Dupont-Nivet *et al.*, 1997a). O peso varia muito de acordo com a hidratação do animal, enquanto que o diâmetro da concha varia pouco (Klein-Rollais, 1990).

Estudo realizado por Albuquerque de Matos (1989c), mostrou que o diâmetro da concha é mais indicado em comparações entre resultados de estudos genéticos ou entre diferentes tipos de alimentação, pois o peso de um indivíduo pode variar muito dependendo

do estado de hidratação do animal, podendo chegar até 20% do peso médio do indivíduo. Por outro lado, o diâmetro da concha de um escargot adulto se mantém praticamente constante apresentando uma variação de no máximo 0,5 mm dependendo do estado de hidratação.

Uma grande variabilidade nas dimensões da concha da espécie *H. aspersa*, que pode ir de 20 a 48 mm, foi observada por Taylor, 1910; Chevallier, 1977, 1985 e Carvalho, 1993.

Dupont-Nivet et al. (1997a) mostraram que em criações convencionais a mortalidade, durante o crescimento é alta e extremamente variável (5 – 50%). Segundo Chevallier (1985) a mortalidade está vinculada às condições gerais do criatório (instalações, alimentação, clima, densidade, etc.). Lazaridou-Dimitriadou et al. (1998) acreditam que a endogamia pode representar um papel importante sobre esta característica.

1.4. Reprodução dos escargots

H. aspersa é uma espécie que apresenta hermafroditismo incompleto. O seu aparelho reprodutor é complexo ocupando uma grande parte da cavidade visceral. Produz gametas masculinos e femininos, mas por razões anatômicas, é necessário o acasalamento entre dois animais para que ocorra a fecundação, pois as células masculinas e femininas nunca se encontram no mesmo indivíduo (Carvalho, 1993).

O acasalamento é precedido por um cortejamento que pode durar de 20 a 45 minutos. Neste processo cada animal lança um dardo calcáreo que penetra no orifício genital localizado no lado direito do corpo, próximo à cabeça, cuja função é a de excitação (Chevallier, 1982). Durante o acasalamento, ambos indivíduos trocam espermatozóides, que são armazenados no receptáculo seminal, passando depois à câmara de fecundação para união com os óvulos (Carvalho, 1993). A cópula dura mais de 10 horas (Madec & Daguzan. 1993).

Cada escargot pode acasalar-se várias vezes com o mesmo ou com outros parceiros, podendo ocorrer à concentração de espermatozóides de várias procedências na espermateca,

fazendo com que cada escargot produza, numa só postura, uma variedade de constituições genéticas (Albuquerque de Matos, 1989a).

Uma ou duas semanas após o acasalamento, e em condições ambientais favoráveis, os escargots iniciam a construção do ninho ou local de postura. Utilizando a cabeça e a parte posterior do pé, abre uma cavidade na terra com três a quatro centímetros de profundidade, cujas paredes são consolidadas com muco. Uma vez completados os ninhos, os escargots tomam uma posição característica com a cabeça enfiada até o fundo da abertura para deposição dos ovos, que ficam agregados devido ao muco secretado por eles durante a postura. Terminada as posturas os escargots cobrem a cavidade com terra e não tem mais cuidados com os ovos (Albuquerque de Matos, 1989a).

Segundo Madec (1989) a variabilidade do número de ovos por postura é muito grande, normalmente varia entre 80 a 120 ovos. Fearnley (1993) observou 200 ovos nas maiores ninhadas, enquanto que Dupont - Nivet et al. (1998) observaram várias ninhadas com mais de 250 ovos e atribuíram este fato às condições ambientais e ao regime alimentar durante a reprodução. Crowell (1973) mostrou que uma dieta contendo carbonato de cálcio mineral poderia até dobrar o número de ovos.

O ciclo vital inicia-se por um ovo, o qual tem normalmente uma forma esférica e cor branca brilhante. O período de incubação dos ovos pode variar de 7 a 31 dias dependendo da temperatura (Albuquerque de Matos, 1989a).

Em estudos subseqüentes, Albuquerque de Matos (1992) mostrou que em temperaturas de 25 a 26 e de 10 a 11°C o tempo de incubação foi de 6 a 7 e 30 dias respectivamente. Sob condições controladas de temperatura. 20°C e umidade relativa 80%, o tempo de incubação variou entre 12 e 18 dias.

Do ovo eclode um pequeno escargot com o corpo protegido pela protoconcha, já com cerca de uma volta e meia. Após a eclosão, em condições naturais, os pequenos escargots ficam debaixo da terra ou sob folhas durante dois a três dias a partir dos quais estão aptos a procurarem a sua alimentação. A alimentação consiste de folhas relativamente tenras ou

matéria orgânica existente no húmus. Em condições de confinamento, podem começar logo a comer ração apropriada (Albuquerque de Matos, 1989a).

1.5. Estudos genéticos sobre escargots

Poucos estudos têm sido realizados na área de genética quantitativa de escargot.

Dupont-Nivet et al. (1997a) ao estudarem parâmetros genéticos em características de crescimento, observaram que as herdabilidades foram altas para idade adulta (borda da concha revirada), peso do adulto e peso após hibernação: 0,40, 0,48, 0,40 respectivamente, e baixa para perda relativa de peso durante a hibernação: 0,12. Os valores médios obtidos para cada característica foram de: 12,2 semanas para idade adulta, 9,7g e 7,4g para peso do adulto e peso após hibernação respectivamente e 21,4% para perda relativa de peso durante a hibernação.

No entanto, para características reprodutivas Dupont-Nivet et al. (1998), encontraram herdabilidades menores: 0,12 para número de ovos; 0,37 para média do peso dos ovos; 0,21 para intervalo entre hibernação e acasalamento e 0,15 para intervalo entre acasalamento e postura, valor este normalmente observado para outras espécies animais.

Dupont-Nivet et al. (1998), observaram também correlações entre o peso médio dos ovos, número dos ovos e o peso do adulto e mostraram que quanto mais pesado for o escargot, mais numerosa era a ninhada e mais pesados eram os ovos. Entretanto, a correlação entre o peso médio dos ovos e o número de ovos foi negativa, indicando que, para um dado peso de escargot em postura os recursos eram divididos entre quantidade e tamanho dos ovos. Os autores sugerem que bons resultados serão obtidos através de seleção de animais pesados, prolíficos e que apresentem crescimento rápido.

Estimativas de herdabilidade relacionadas com tamanho da concha em diferentes escargots foram feitas por (Cook, 1965, 1967; Murray & Clark, 1968; Madec, 1989).

Albuquerque de Matos & Serra (1984) ao estudarem as relações entre características qualitativas (forma estrutural da concha) e características quantitativas de crescimento

(tamanho da concha, fertilidade e fecundidade), verificaram que certas combinações de genes relacionados ao caráter qualitativo têm efeito sobre as características quantitativas observadas quando se comparam albinos com os irmãos pigmentados. Segundo os autores, os genes que determinam o albinismo, associados aos genes que determinam a fusão total de bandas, produzem efeito deletério sobre as características quantitativas. Lazaridou-Dirnitriadou et al. (1998), ao estudarem o crescimento, a mortalidade e a fecundidade em sete gerações sucessivas, onde cada geração vinha do acasalamento entre escargots originados de posturas diferentes de uma geração prévia, observaram que problemas de endogamia poderiam representar um papel importante nas características estudadas. Estudo realizado por Albuquerque de Matos & Serra (1984) demonstraram que a fecundidade tende a decrescer e a infertilidade a crescer com a endogamia.

Para Lush (1964) a endogamia é o acasalamento de animais que têm entre si parentesco mais estrito do que o parentesco médio existente na população. O efeito primário da endogamia é fazer com que mais pares de genes se tornem homozigotos, diminuindo conseqüentemente, a porcentagem de heterozigose. Este efeito é medido pelo coeficiente de endogamia.

O coeficiente de endogamia de um indivíduo é a probabilidade de dois alelos, portados pelos gametas que o produziram, serem idênticos por origem (Falconer, 1989). Enquanto que para a população indica a percentagem de todos os locos que eram heterozigotos na população base, e que se tornaram homozigotos devido à endogamia.

A exogamia é o método de acasalamento de indivíduos que apresentam entre si coeficiente de parentesco menor que o médio da população. O efeito principal deste sistema de acasalamento é promover a heterozigose (Falconer, 1989).

Para Albuquerque de Matos (1989b) a exogamia é importante para manter o viar reprodutivo em *H. aspersa*, e o acasalamento endogâmico produz efeitos deletérios que se manifestam na fecundidade, fertilidade, e viabilidade em acasalamentos sucessivos entre irmãos durante três ou quatro gerações.

Em trabalhos de melhoramento genético, é freqüente a utilização da endogamia, pois com o incremento da homozigose os alelos podem ser mais facilmente eliminados pela seleção, além disso, ocorre aumento da variação genética entre famílias, o que aumenta a eficiência da seleção. Portanto, com a endogamia, o melhorista pode formar famílias ou linhagens uniformes, distintas umas das outras.

O aumento da homozigose permite a expressão de alelos deletérios na população, levando assim, a diminuição na média populacional, o que se denomina depressão por endogamia.

O presente trabalho teve como objetivo geral determinar o efeito da endogamia em alguns caracteres de importância econômica do escargot da espécie *H. aspersa* (Gros Gris), através do seguinte objetivo específico: estudar o efeito da endogamia nos caracteres: sobrevivência, maturidade sexual, fecundidade realizada e longevidade durante três gerações subseqüentes de acasalamento entre irmãos completos.

2. Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Genética Animal do Departamento de Genética, do Instituto de Biologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

O estudo do efeito da endogamia em uma população de escargot da espécie *H. aspersa* foi feita em duas etapas: a primeira para obtenção da geração não endogâmica (G1) e a segunda para obtenção das gerações endogâmicas (G2, G3 e G4) a partir do acasalamento consecutivo de irmãos completos.

Os escargots da G₀ (os pais da G1) foram provenientes de uma população já existente no laboratório de Genética Animal, oriunda de matrizes obtidas de Nova Friburgo/RJ.

2.1. Condições experimentais

Os animais utilizados nos experimentos foram mantidos em urna sala climatizada, com temperatura entre 20 - 25°C e umidade relativa entre 70 e 90 %. Os animais foram criados em caixas de polietileno com dimensões de 22,4 x 14,7 x 11,4 cm (Fig. 1),

correspondendo a 0,15 m² de superfície de colagem e 48 x 32 x 18 cm (Fig. 2), correspondendo a 0.60 m² de superfície de colagem, utilizadas na reprodução e crescimento respectivamente. As caixas de polietileno apresentam como principais características: facilidade de limpeza, resistência e praticidade, além de não apresentarem problemas de toxidez para os animais. As referidas caixas eram higienizadas de dois em dois dias.

No que diz respeito à alimentação dos animais, foi utilizado ração balanceada. cuja composição média está descrita na Tabela 1, e uma fonte de cálcio (farinha de ostras). Diariamente, eram verificadas as condições do alimento fornecido, mantendo-se sempre água limpa e alimento fresco à vontade.

Tabela 1. Composição média da ração utilizada na alimentação dos escargots*.

Ingredientes	Quantidade (g)	%
Milho	583g	58,30
Farelo de soja	345g	34,50
Calcáreo	23g	2,30
Premia vitamínico	18g	1,80
Óleo vegetal	17g	1,70
Fosfato bicálcio	14g	1,40
Total	1000	100,00

* Composição fornecida pelo Prof. Édson A. Mendes - UFRRJ, Instituto de Zootecnia.

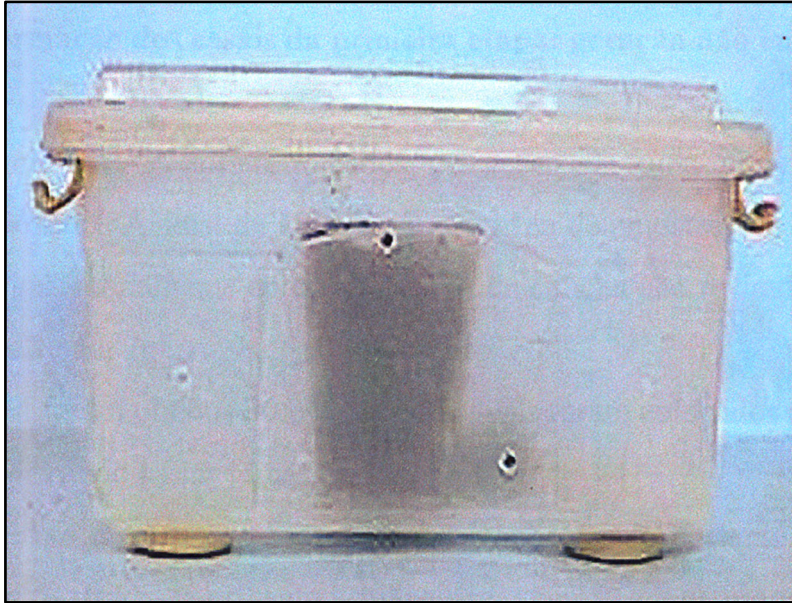


Figura 1. Caixa de polietileno (com dimensões de 22,4 x 14,7 x 11,4 cm) usada para a criação dos escargots durante a fase de reprodução.



Figura 2. Caixa de polietileno (com dimensões de 48 x 32 x 18cm) usada para a criação dos escargots durante a fase de crescimento.

2.2. Reprodução

2.2.1. Formação dos casais da primeira etapa: geração não endogâmica (G₀)

Os escargots da G₀ foram tomados ao acaso de uma população existente no laboratório de Genética Animal da UFRRJ. O esquema de amostragem incluiu as seguintes condições: os animais teriam que apresentar borda da concha não revirada (animal virgem) e ter peso médio entre 6 a 7g.

Desta forma foram obtidos 30 escargots os quais foram colocados aos pares em caixas de reprodução, formando assim 15 casais.

A descendência de cada casal formou uma família, sendo portanto obtidas 15 famílias de irmãos perfeitos (G₁). Para tanto, utilizou-se apenas a postura de cada casal que apresentasse número de descendentes maior que 10 animais.

2.2.2. Formação dos casais da segunda etapa: acasalamento entre irmãos completos (G₁, G₂ e G₃) - gerações endogâmicas

Os escargots utilizados para reprodução na G₁ foram retirados ao acaso de cada uma das 15 famílias de irmãos perfeitos. De cada família foram retirados dois casais, totalizando assim, 30 casais de irmãos. A descendência de cada casal constituiu uma família endógama.

Para reprodução na G₂, os animais foram retirados de cada uma das famílias endogâmicas da G₁, assim como na G₃, os animais foram retirados das descendências da G₂. Foram produzidos 22 casais para G₂ e 16 casais para G₃. Em cada geração procurou-se manter um casal de irmãos completos por caixa, isto para garantir a genealogia dos animais.

Cada casal possuía uma ficha de registros onde foram feitas as seguintes anotações: código do casal; código dos pais; data de nascimento do casal; data de formação do casal e ainda o registro das posturas e eclosão do referido casal e mortalidade da matriz.

2.2.3. Obtenção de posturas

Em cada caixa de reprodução (0,15 m²) foi colocado um copo de vidro com dimensão de 7,0 de altura e 5,0 cm de diâmetro médio, contendo terra autoclavada para que os animais fizessem as posturas (Fig.3). A terra era autoclavada para evitar que fungos, bactérias patogênicas, vermes e insetos atacassem os ovos e os recém-nascidos, já que a eclosão se processava no próprio copo da postura.

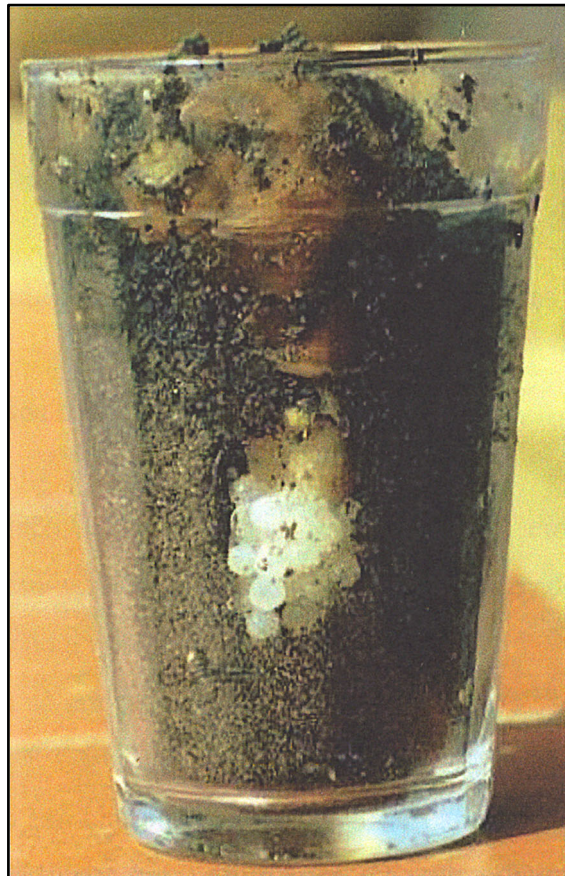


Figura 3. Escargot fazendo postura.

2.2.4. Incubação dos ovos

Observada a postura, o copo era retirado da caixa de reprodução e, posteriormente, a postura era lavada em água corrente destilada e colocada em placa de petri tampada e autoclavada com papel úmido no fundo onde se processava a incubação dos ovos. Cada postura era colocada em urna placa de petri, onde era feita a contagem do número de ovos. a identificação do número do casal e registrada a data da postura.

Utilizando-se esse procedimento observou-se que a taxa de eclosão era muito baixa, provavelmente devido à manipulação dos ovos. Diante dessas observações modificou-se o processo, e a incubação dos ovos se processou da seguinte forma: observada a postura, o copo era retirado da caixa e posteriormente tampado com uma placa de petri, na qual era feita a identificação com o número do casal e registrada a data da postura.

As posturas, tanto na primeira quanto na segunda situação, foram mantidas nas mesmas condições de ambiente e foram observadas diariamente para ser identificado o momento da eclosão.

Os registros de cada postura foram efetuados nas fichas das referidas matrizes.

2.2.5. Eclosão dos ovos

Observada a eclosão, cada copo era colocado deitado em uma caixa (Fig. 4), para facilitar a saída dos recém-nascidos da terra. Cada caixa era devidamente identificada, sendo ainda colocada água, ração e uma fonte de cálcio.

O copo com terra só era retirado da caixa quando todos os animais nascidos tivessem saído de seu interior.

Para cada eclosão foi feita uma ficha onde foram anotados: número do casal que deu origem à postura, data da postura, data da eclosão, número de animais nascidos após o término da . eclosão, mortalidade nos intervalos de 30, 60, 90 e 120 dias e o número de animais que atingiram a maturidade sexual aos 120 dias de vida.



Figura 4. Eclosão dos ovos do escargot

2.3. Crescimento dos animais

Para o crescimento foram utilizados apenas 30 animais eclodidos de uma mesma postura. Os animais foram retirados ao acaso entre oito e dez dias após a eclosão e foram colocados em caixas de crescimento ($0,60\text{ m}^2$), onde permaneceram até completarem 120 dias de vida. O mesmo procedimento foi utilizado para todas as gerações, com exceção da primeira geração (G1), onde todos os animais eclodidos de uma mesma postura foram mantidos numa mesma caixa, o que provocou o crescimento desses animais sob diferentes densidades, já que, o número de animais eclodidos de uma mesma postura é muito variável.

Embora as diferentes densidades obtidas estivessem dentro da recomendada (100 a 200 animais/ m^2), observou-se que, para as condições em que os experimentos foram desenvolvidos, houve um efeito de densidade, como mostra a Figura 5.

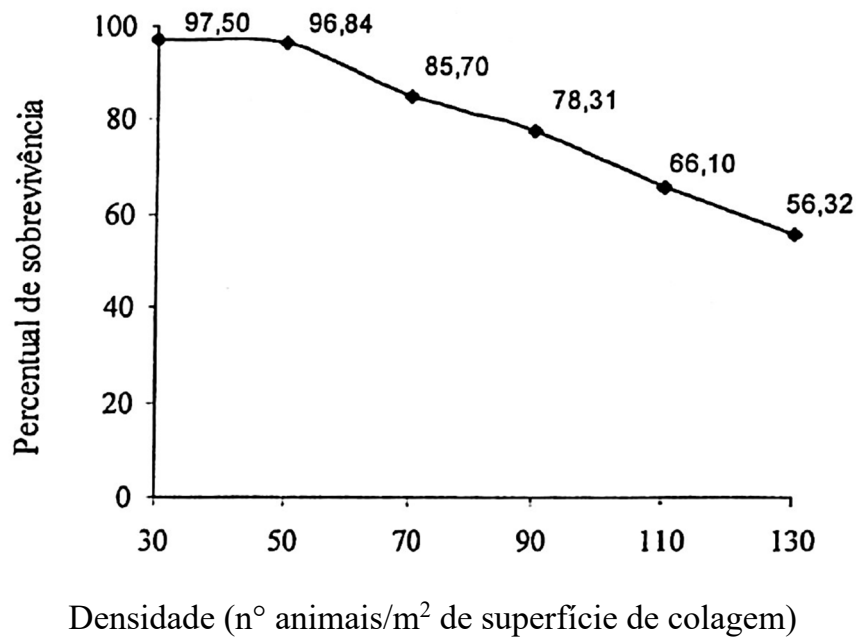


Figura 5. Percentual de sobrevivência do escargot *H. aspersa* em função da densidade.

Diante disso, os dados da geração G1 não foram utilizados para evitar o efeito da densidade populacional, o que certamente comprometeria os resultados deste trabalho.

2.4. Caracteres avaliados

Para determinação do efeito da endogamia sobre o percentual de sobrevivência, maturidade sexual e fecundidade realizada (número de animais nascidos por par de animal), foram registrados em cada geração: a mortalidade dos animais em crescimento nos intervalos de 30, 60, 90 e 120 dias vida; o número de animais que apresentaram a borda da concha revirada até os 120 dias de vida e o número de animais nascidos após o término da eclosão respectivamente. Para tanto, foram utilizados apenas dados de progênie nascida no período de outono/inverno das gerações G2, G3 e G4 de apenas sete famílias que restaram. O tamanho das amostras está reportado na Tabela 2.

Para o caráter longevidade, os dados foram obtidos de animais em reprodução das gerações G1 e G3. Não foram utilizados os dados da geração G2 pelo fato de ter ocorrido efeito de época do ano sobre esse caráter nas condições de criação utilizada.

Tabela 2. Tamanho das amostras utilizadas para análise. Número de animais e de famílias de três gerações endógamas.

Caracteres	G2	G3	G4
Sobrevivência	416/7	389/7	385/7
Maturidade sexual	343/7	260/7	185/7
Fecundidade	1316/7	976/7	739/7

2.5. Determinação do coeficiente de endogamia

Obteve-se o coeficiente de endogamia (F), conforme a equação citada por Briquet Júnior (1967):

$$F = \frac{1}{4}(1 + 2F' + F'')$$

onde: F = consangüinidade da descendência.

F' = consangüinidade dos pais.

F'' = consangüinidade dos avós.

Assim, foram determinados os níveis de endogamia para cada geração, sendo: G0 e G1 igual a zero; G2 = 25%; G3 = 37,5% e G4 = 50%.

2.6. Pedigree

O esquema abaixo (Fig. 6) mostra o número de gerações e seus respectivos níveis de endogamia.

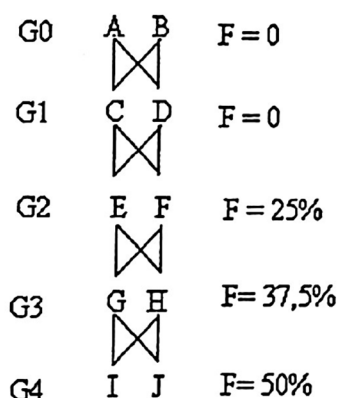


Figura 6. Pedigree representativo do número de gerações associadas aos níveis de endogamia.

2.7. Análises estatísticas

Para análise estatística foram utilizados apenas dados das sete famílias que restaram na geração G4, pois as demais foram perdidas com o progresso da endogamia.

Para testar a homogeneidade da variância e normalidade dos dados utilizou-se o teste de COCHRAN E LILLIEFORS respectivamente, por meio do programa SAEG 5.0 (Fundação Arthur Bernardes, 1993).

Como para o caráter fecundidade realizada não foi observada distribuição normal, os dados foram transformados de acordo com a equação seguinte: $X' = N_i x + 1$

Para os caracteres: percentual de sobrevivência, número de animais nascidos e longevidade, o tratamento estatístico utilizado foi o delineamento experimental inteiramente casualizado com fatorial 3 x 7, sendo os fatores a geração (3) e família (7) com duas

repetições. Para os dados de maturidade sexual, utilizou-se o teste de Qui-quadrado através de tabelas de contingência.

Para cada característica com exceção da longevidade, foram feitas análises de regressão linear de acordo com o modelo matemático $y_{ij} = cc + px_i + E_i$, onde: Y_{ij} é o valor observado; cc é o coeficiente linear; p é o coeficiente angular; E_i é o erro experimental.

As análises de variância, a regressão e o teste de médias foram feitos por meio do programa ESTJABOT (Sistema para análise estatística V 1.0, UNESP). Para comparação das médias utilizou-se o teste de Tukey com 5% de significância.

2.8. Efeitos práticos da endogamia

Foram feitas simulações do efeito da endogamia sobre o percentual de sobrevivência, maturidade sexual e fecundidade realizada do escargot *Haspersa* em sete situações diferentes, com objetivo de determinar a geração em que o helicicultor terá riscos econômicos causados pela endogamia, dependendo do número de reprodutores utilizados no início da implantação da heliocultura.

As simulações foram feitas supondo sete diferentes grupos de animais. Cada grupo simulando uma criação, sendo que, cada uma partindo de um número fixo de animais diferentes ($N = 10; 30; 50; 70; 90; 100$ e 110), não endogâmicos, acasalando-se ao acaso (dentro de grupo) durante dez gerações sucessivas.

Os níveis de endogamia de cada grupo e/ou gerações foram obtidos através das equações propostas por Falconer (1987), conforme descrito abaixo. Vale ressaltar que estas equações são aproximadas, pois foram deduzidas para populações de hermafroditas completos.

$$F_2 = \frac{1}{2N} + \left(1 - \frac{1}{2N}\right) F_1$$

Onde:

F1 e F2 = são os coeficientes de endogamia das gerações 1 e 2. respectivamente.

N = número de animais.

O mesmo procedimento se aplicou para as gerações subseqüentes, assim, o coeficiente de endogamia dos indivíduos na geração t foi:

$$F_t = \frac{1}{2N} + \left(1 - \frac{1}{2N}\right) F_{t-1}$$

Foram efetuadas simulações para todas as características em estudo, sendo utilizado a regra de três simples. Esta operação só foi possível devido ao comportamento linear apresentado pelo coeficiente de endogamia (Falconer, 1987). Utilizou-se para tanto, os coeficientes de endogamia (F) da tabela 13, bem como, os valores da depressão endogâmica obtidas neste estudo.

3. Resultados

Os resultados apresentados referem-se aos dados das gerações G2, G3 e G4. Os dados da geração G1 não foram utilizados devido ao efeito de densidade, conforme explicado no item 2.4.1.

3.1. Percentual de sobrevivência

A Tabela 3 apresenta os resultados da análise de variância do percentual de sobrevivência das sete famílias nas três gerações (G2, G3 e G4).

O coeficiente de variação foi de 16,46%. O teste F foi significativo ($P < 0,01$) para geração e famílias e não significativo para as interações entre estes fatores.

Tabela 3. Análise de variância do percentual de sobrevivência de sete famílias de escargot *H. aspersa* em três gerações endógamas (G2, G3 e G4).

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Geração	2	3424,348 **
Família	6	565,599 **
Geração x Família	12	210,469 ns
Resíduo	21	120,641

ns = não significativo; * = 5% de significância; ** = 1% de significância.

Apesar do resultado da interação entre geração e família não ter sido significativo, foi feito o estudo do efeito da endogamia (geração) dentro de cada família.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados da análise de variância do efeito da endogamia dentro de cada família. Os resultados mostram que o efeito da endogamia dentro de cada família foi diferente ($P < 0,01$) nas famílias F1 e F7 e nas famílias F2, F4 e F6 ($P < 0,05$), no entanto não foi observada diferença significativa nas famílias F3 e F5 ($P > 0,05$).

Para uma análise mais precisa procedeu-se o desdobramento dos efeitos da endogamia dentro de cada família em seus componentes lineares. A Tabela 5 apresenta os resultados da regressão na análise de variância com o desdobramento dos graus de liberdade desses efeitos.

Verificou-se apenas efeito linear não significativo ($P > 0,05$) para a família F5 (Fig. 11) e efeito linear significativo ($P < 0,01$) para as famílias F1, F6 e F7 (Fig. 7, 12 e 13) e ($P < 0,05$) para as famílias F2, F3 e F4 (Fig. 8, 9 e 10).

Tabela 4. Análise de variância do efeito da endogamia dentro de cada família do percentual de sobrevivência de sete famílias do escargot *H. aspersa* em três gerações endógamas (G1, G2 e G3).

Fonte de Variação	GL	QM
Geração/ F 1	2	1237,72 **
Geração/ F 2	2	458,39 *
Geração/ F 3	2	405,61 ^{ns}
Geração/ F 4	2	473,89 *
Geração/ F 5	2	15,17 ^{ns}
Geração/ F 6	2	479,49 *
Geração/ F 7	2	1616,90 ^{es}
Resíduo	21	120,64

ns = não significativo; * = 5% de significância; ** = 1% de significância.

Tabela 5. Resultados da regressão na análise de variância com o desdobramento dos graus de liberdade do efeito da endogamia dentro de cada família em seus componentes lineares do percentual de sobrevivência de escargot *H. aspersa*.

Fonte de variação		GL	QM
Regressão linear	F 1	1	2024,90 **
	F 2	1	914,03 *
	F 3	1	802,87 *
	F 4	1	802,57 *
	F 5	1	13,83 ^{ns}
	F 6	1	802,76 **
	F 7	1	3025,53 **
Resíduo		21	120,64

ns = não significativo; * = 5% de significância; ** = 1% de significância.

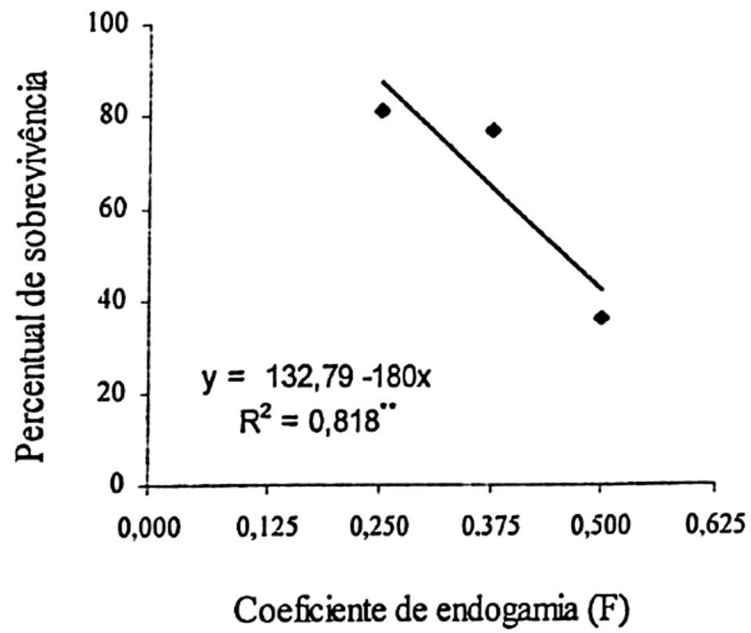


Figura 7. Regressão do percentual de sobrevivência da família F1 do escargot *H. aspersa* em função do coeficiente de endogamia.

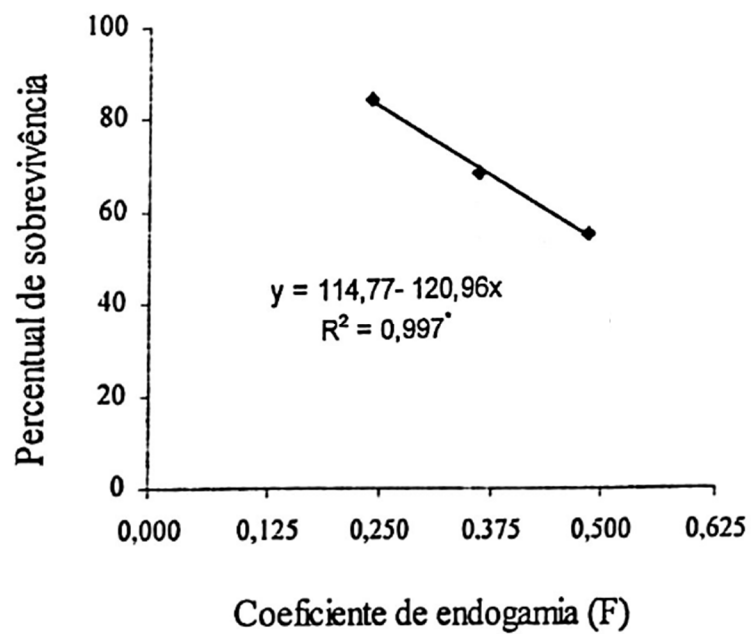


Figura 8. Regressão do percentual de sobrevivência da família F2 do escargot *H. aspersa* em função do coeficiente de endogamia.

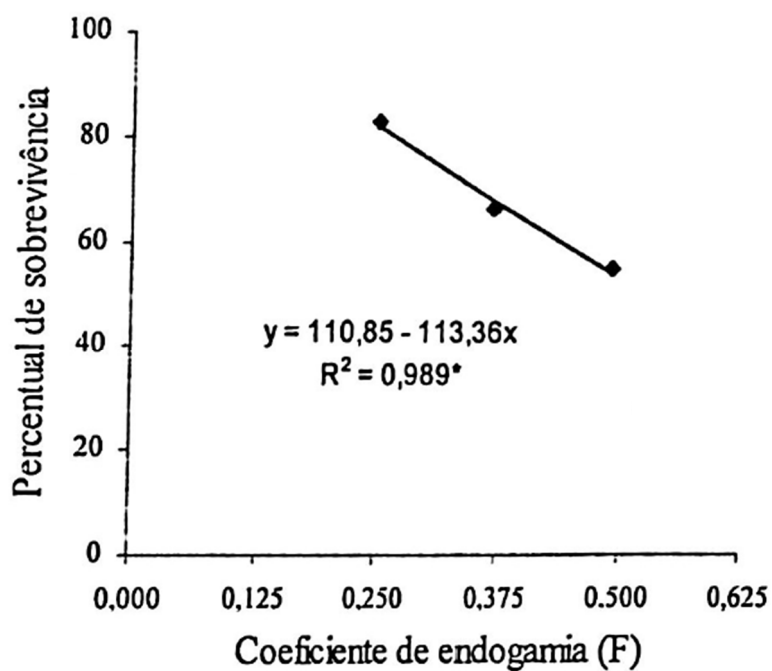


Figura 9. Regressão do percentual de sobrevivência da família F3 do escargot *H. aspersa* em função do coeficiente de endogamia.

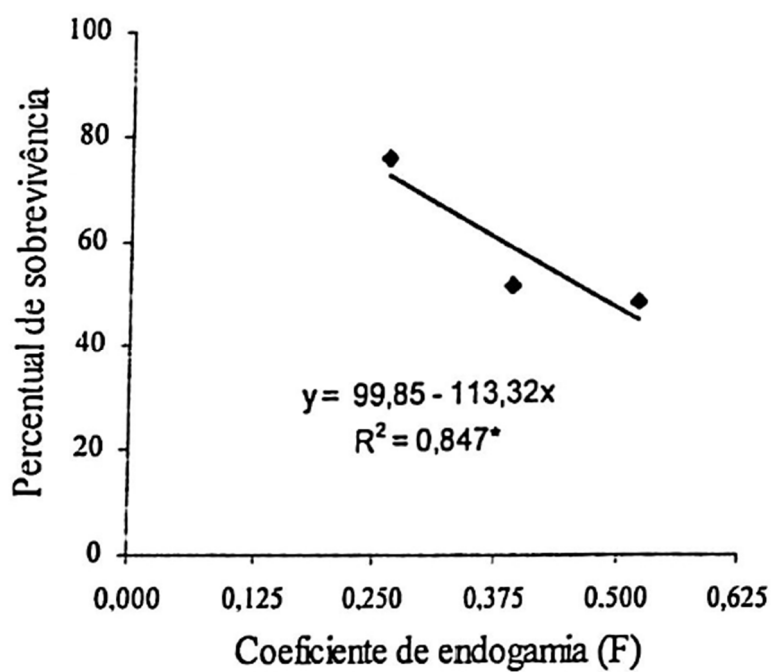


Figura 10. Regressão do percentual de sobrevivência da família F4 do escargot *H. aspersa* em função do coeficiente de endogamia.

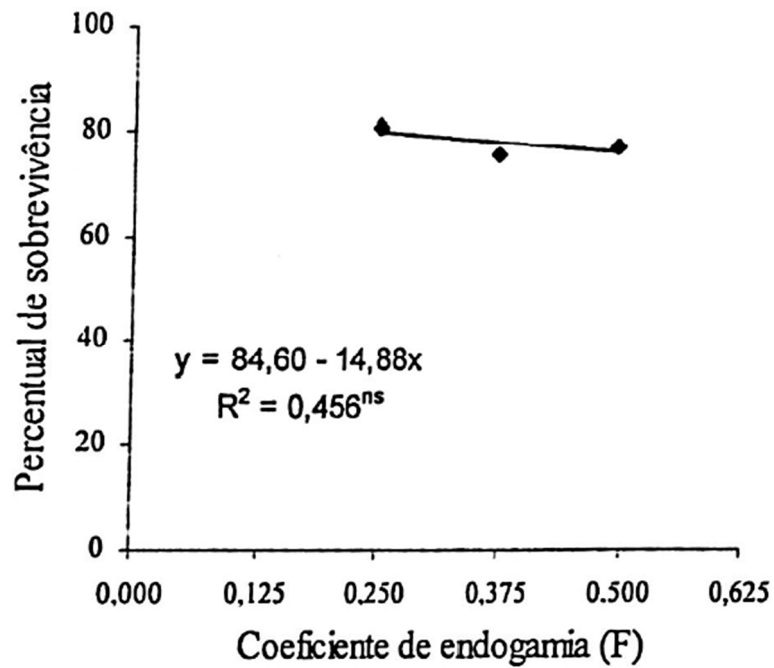


Figura 11. Regressão do percentual de sobrevivência da família F5 do escargot *H. aspersa* em função do coeficiente de endogamia.

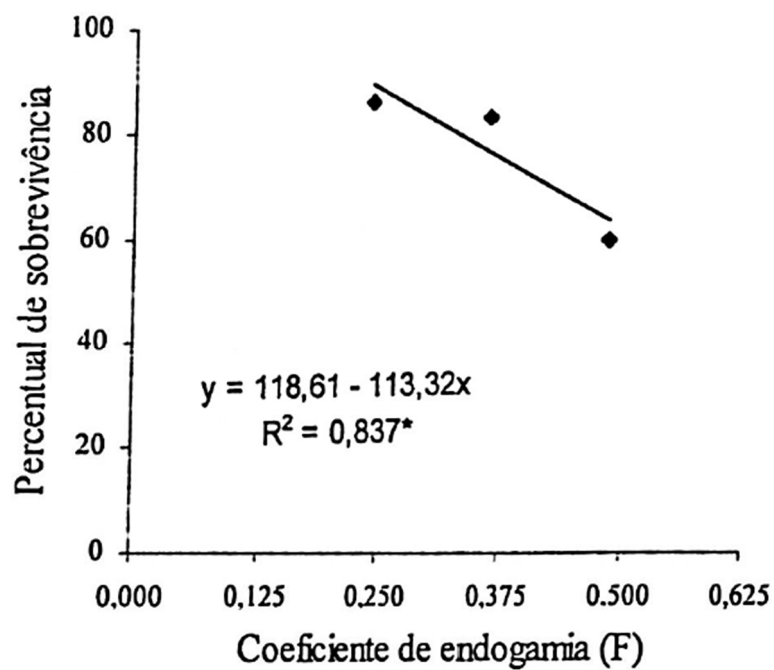


Figura 12. Regressão do percentual de sobrevivência da família F6 do escargot *H. aspersa* em função do coeficiente de endogamia.

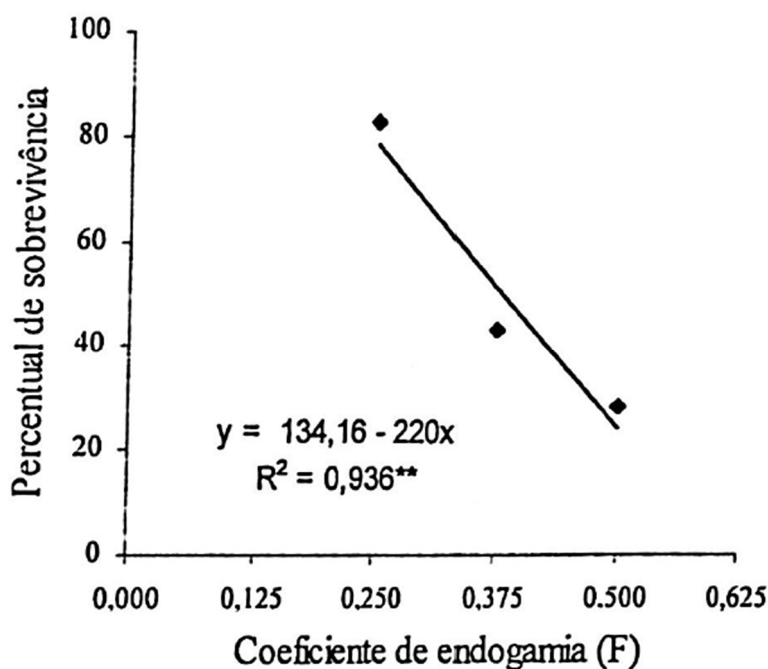


Figura 13. Regressão do percentual de sobrevivência da família 7 do escargot *H. aspersa* em função do coeficiente de endogamia.

Na Tabela 6 são mostradas as médias e as depressões endogâmicas do caráter percentual de sobrevivência das sete famílias estudadas nas gerações G2, G3 e G4. Comparando-se as médias do percentual de sobrevivência das famílias nas gerações G2 com G3, observou-se redução na média de todas as famílias, porém a depressão foi significativa ($P < 0,05$) apenas para a família F7. Ao comparar-se as médias das famílias nas gerações G3 com G4 foi constatado também um decréscimo na média, sendo as famílias F1 e F6 as que apresentaram depressão significativa. Resultados diferentes foram obtidos ao comparar-se as gerações G2 com G4 onde a depressão endogâmica foi significativa ($P < 0,05$) para todas as famílias com exceção da família F5.

A regressão da média das sete famílias do percentual de sobrevivência em função dos três níveis de endogamia (Fig.14), apresentou um comportamento que pode ser descrito como linearmente negativo ($R^2 = 0,998^{**}$), onde o aumento de 1% no coeficiente de endogamia (F) diminui em 1,34% no percentual de sobrevivência conforme a equação de regressão linear simples: $Y = 116,16 - 133.69x$.

Tabela 6 Médias do percentual de sobrevivência e depressões endogâmicas de sete famílias de escargot *H. aspersa*, nas gerações G2, G3 e G4.

Famílias	Médias			Depressão %		
	G2	G3	G4	G2/G3	G3/G4	G2/G4
F1	81,67	77,54	36,67	5,06 ^{ns}	52,71 [*]	55,10 [*]
F2	85,00	68,48	54,76	19,44 ^{ns}	20,04 ^{ns}	35,58 [*]
F3	83,34	66,67	55,00	20,00 ^{ns}	17,50 ^{ns}	34,01 [*]
F4	75,00	50,40	46,67	32,80 ^{ns}	7,40 ^{ns}	37,77 [*]
F5	82,05	76,67	78,34	6,56 ^{ns}	-2,17 ^{ns}	4,53 ^{ns}
F6	86,67	83,33	58,34	3,85 ^{ns}	29,99 ^{ns}	32,69 [*]
F7	83,33	43,33	28,33	48,00 [*]	34,62 ^{ns}	66,00 [*]
Médias	82,44	66,63	51,16	19,17 [*]	23,22 [*]	37,94 [*]

Significância do contraste das médias pelo teste de Tukey.

ns = não significativo; * = 5% de significância; ** = 1% de significância.

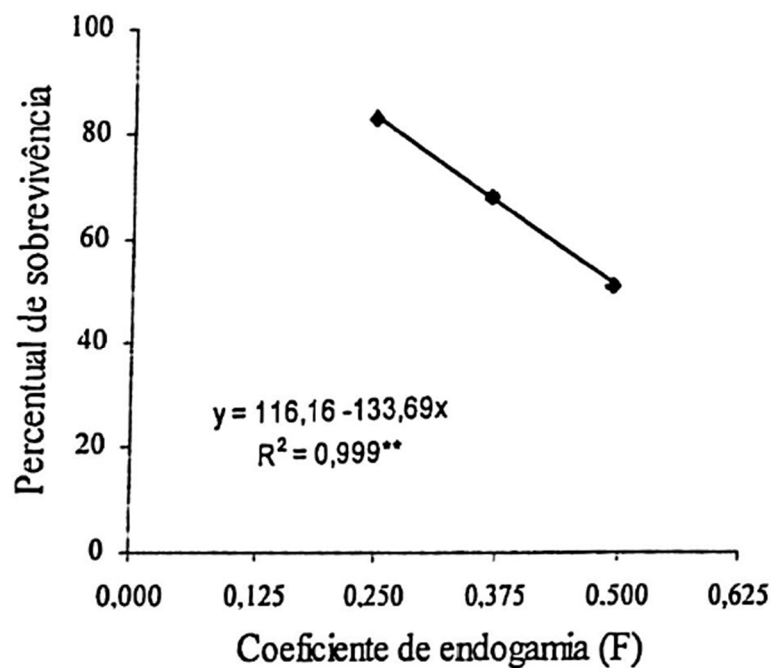


Figura 14. Regressão da média das sete famílias do percentual de sobrevivência do escargot *H. aspersa* em função dos níveis de endogamia.

A Tabela 7 apresenta os resultados das análises de variância do percentual de sobrevivência em cada geração endógama (G2, G3 e G4), considerando-se os intervalos de - 30, 30 - 60, 60 - 90 e 90 - 120 dias de vida como fonte de variação.

Verificou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) entre os intervalos de observação para a geração G2 e diferença significativa ($P < 0,05$) para a geração G3. No entanto para a geração G4 não houve diferença significativa ($P > 0,05$).

As médias do percentual da taxa de sobrevivência dos intervalos de observação das três gerações estão reportadas na Tabela 8. A avaliação pelo teste de Tukey, mostrou que as médias de todos os intervalos de observação foram semelhantes na geração G2, com exceção apenas do intervalo de 0-30 dias que diferiu significativamente ($P < 0,05$) dos demais intervalos. Para a geração G3 a diferença observada foi entre os intervalos 0-30 e 90 —120 dias, não tendo sido observados diferenças significativa entre os demais contrastes. Enquanto que, para a geração G4, não foram observadas diferenças significativas entre as médias dos intervalos de observação.

Tabela 7. Resultados das análises de variância do percentual de sobrevivência do escargot *H. aspersa* determinados em quatro intervalos regulares de observação: 0 - 30, 30 - 60, 60 - 90 e 90 - 120 dias das gerações G2, G3 e G4.

Fonte de variação	G2		G3		G4	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Tratamentos	3	224,036**	3	290,977*	3	206.599 ^{ns}
Resíduo	52	18,048	52	73,556	52	80,513

ns = não significativo; * = 5% de significância; ** = 1% de significância

Tabela 8. Médias do percentual de sobrevivência do escargot *H. aspersa* determinados em quatro intervalos regulares de observação: 0 - 30, 30 - 60, 60 - 90 e 90 - 120 dias, de três gerações endógamas (G2, G3 e G4).

Intervalos de observação	Gerações		
	G2	G3	G4
0 - 30	89,89 b	85,39 b	82,76 a
30 - 60	95,42 a	88,60 ab	82,12 a
60 - 90	96,67 a	91,72 ab	83,02 a
90 - 120	99,41 a	96,07 a	87,55 a
Médias totais entre as gerações	95,35 a	90,45 b	83,86 c

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, exceto para as médias totais que são entre as gerações.

3.2. Percentual de maturidade sexual

O percentual médio de maturidade sexual aos 120 dias de vida nas sete famílias analisadas de *H. aspersa* foi de 59% na geração G2, 29% na G3 e 18% na G4.

Pela análise de Qui-quadrado (X^2) foi observado que houve diferença significativa nas gerações G2, G3 e G4 ($X^2 = 120,30$; $P < 0,001$). Quando se comparou a geração G2 com a G3 + G4, e G3 com G4, também foram observadas diferenças significativas $X^2 = 108,35$; $P < 0,001$ e $X^2 = 11,20$; $P < 0,001$, respectivamente.

O coeficiente de regressão para o percentual de maturidade sexual aos 120 dias de vida mostrou que a depressão foi de 1,64% para cada 1% de aumento no coeficiente de endogamia (Fig. 15). O decréscimo entre as gerações foi na ordem de 2 vezes entre G2/G3, de 1,6 vez entre G3/G4 e 3 vezes entre G2/G4 quando os percentuais de maturidade aos 120 dias foram comparados.

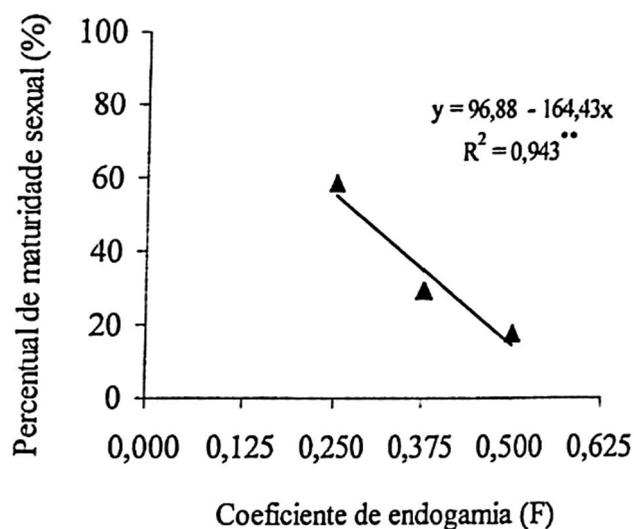


Figura 15. Regressão do percentual da maturidade sexual do escargot *H. aspersa* em função do coeficiente de endogamia

3.3. Fecundidade realizada

A Tabela 9 apresenta os resultados da análise de variância da fecundidade realizada (número de animais nascidos por pares de animais) de sete famílias das três gerações endogâmicas.

O coeficiente de variação foi de 12,60%. Os resultados mostram que houve diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as famílias e as gerações. Já o valor de F para a interação não foi significativo ($P > 0,05$).

Tabela 9. Análise de variância do caráter fecundidade realizada de sete famílias de escargot *H. aspersa* em três gerações endógamas (G2, G3 e G4) e a regressão linear na análise de variância no fator geração.

Fonte de variação	GL	QM
Geração	(2)	(18,212) *
Regressão linear	1	36,023 **
Desvio de regressão	1	0,401 ^{ns}
Família	6	15,156 *
Geração x Família	12	1,619 *
Resíduo	21	5,217

ns = não significativo; * = 5% de significância; ** = 1% de significância

Na Tabela 10 estão apresentas as médias e a depressão endogâmica das sete famílias nas gerações G2, G3 e G4 do caráter fecundidade realizada.

Verificou-se redução na média do número de animais nascidos de todas as famílias nas gerações G3 e G4, porém a depressão endogâmica não foi significativa em nenhuma das famílias nas respectivas gerações. Quando se comparou a média total das sete famílias entre as diferentes gerações, observou-se também redução na média, no entanto, a depressão foi significativa apenas para o contraste G2 com G4. Para os demais (G2 com G3 e G3 com G4) não foram observadas diferenças significativas.

Embora o teste de médias tenha mostrado que a geração G3 não diferiu das demais gerações (G2 e G4), a regressão na análise de variância mostrou uma diminuição linear ($R^2 = 0,989^{**}$) no número de animais nascidos com o aumento do coeficiente de endogamia (F) como mostra a Figura 16.

A depressão endogâmica observada foi de aproximadamente 1,65 animal na média para cada 1% do aumento no coeficiente de endogamia. Tendo sido obtido o valor de 94 animais na média em G2, 70 em G3 e 53 em G4.

Tabela 10. Médias do caráter fecundidade realizada, depressão endogâmica de sete famílias de escargot *H. aspersa* em três gerações endogamas (G2, G3 e G4).

Famílias	Médias			Depressão (%)		
	G2	G3	G4	G2/G3	G3/G4	G2/G4
1	128,00	117,50	53,00	8,20	54,89	58,59
2	62,00	25,00	14,50	59,68	42,00	76,61
3	115,50	72,00	78,00	37,66	-8,33	32,47
4	93,50	50,50	51,00	45,99	-0,99	45,45
5	88,00	70,50	61,50	19,89	12,77	30,11
6	118,50	104,00	77,50	12,24	25,48	34,60
7	52,50	48,50	34,00	7,62	29,90	35,24
Médias	94,00	69,70	52,78	25,84 ^{ns}	24,28 ^{ns}	43,84 [*]

Os contrastes das médias de todas as famílias entre as gerações foram não significativos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns = não significativo; * = 5% de significância.

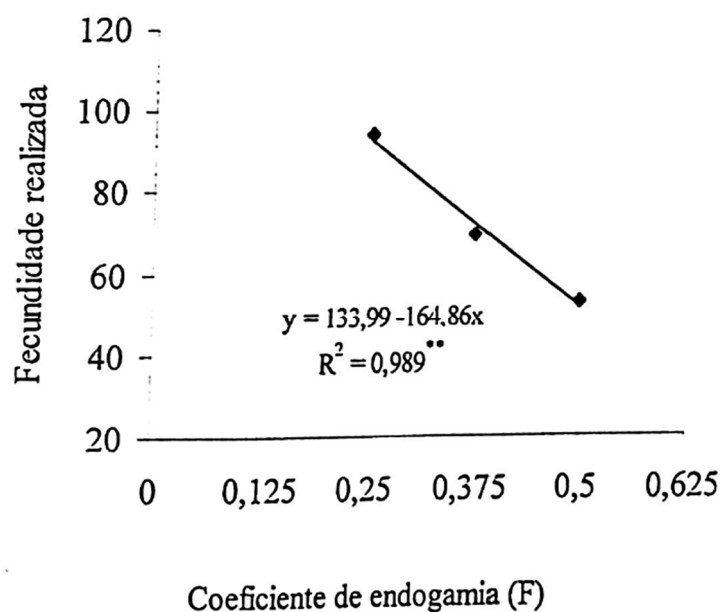


Figura 16. Regressão do caráter fecundidade realizada por pares de escargot *H. aspersa* em função dos níveis de endogamia.

3.4. Longevidade

Para a avaliação do efeito da endogamia sobre a longevidade em *H. aspersa* foram utilizados apenas os dados das gerações G1 e G3. Não foram utilizados os dados da geração G2 pelo fato de ter ocorrido o efeito de época do ano sobre esta geração.

A Tabela 11 mostra os resultados da análise de variância da longevidade de sete famílias do escargot *H. aspersa* nas gerações G1 e G3.

O coeficiente de variação foi de 13,67%. O teste F foi significativo ($P < 0,05$) apenas para o fator família e não significativo ($P > 0,05$) para o fator geração. A longevidade média das gerações G1 e G3 foi de 313,9 e 306,4 dias respectivamente (Tabela 12).

Tabela 11. Análise de variância do caráter longevidade das sete famílias de escargot *H. aspersa* nas gerações G1 e G3.

Fonte de variação	GL	QM
Geração	1	393,750 **
Família	6	10716,476 **
Geração x Família	6	2282,500 ^{ns}
Resíduo	14	1798,036

ns =-- não significativo; ** = 1% de significância.

Tabela 12. Médias da longevidade de sete famílias de escargot *H. aspersa* das gerações G1 e G3.

Famílias	Médias	
	G1	G3
1	265,00	272,00
2	400,50	431,50
3	288,50	277,00
4	323,00	218,50
5	318,50	302,50
6	308,50	347,50
7	302,50	296,00
Médias	313,93	306,43

As médias não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.5. Efeitos práticos da endogamia

Com base nos resultados obtidos neste estudo, foram feitas simulações do efeito da endogamia sobre o percentual de sobrevivência, maturidade sexual e fecundidade realizada do escargot *H. aspersa*.

A tabela 13 apresenta os valores dos coeficientes de endogamia (F) calculados para cada geração de cada um dos sete grupos de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110).

Tabela 13. Valores do coeficiente de endogamia (F) do escargot *H. aspersa* determinado em sete diferentes grupos de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) durante dez gerações sucessivas.

Gerações	Coeficiente de endogamia (F)						
	10	30	50	70	90	100	110
G1	0,05 0	0,017	0,010	0,007	0,006	0,005	0,005
G2	0,098	0,033	0,020	0,014	0,011	0,010	0,009
G3	0,143	0,049	0,030	0,021	0,017	0,015	0,014
G4	0,185	0,065	0,039	0,028	0,022	0,020	0,018
G5	0,226	0,081	0,049	0,035	0,027	0,025	0,023
G6	0,265	0,096	0,059	0,042	0,033	0,030	0,027
G7	0,302	0,111	0,068	0,049	0,038	0,034	0,031
G8	0,337	0,126	0,077	0,056	0,044	0,039	0,036
G9	0,370	0,140	0,086	0,062	0,049	0,044	0,040
G10	0,401	0,155	0,096	0,069	0,054	0,049	0,045

As simulações do efeito da endogamia sobre o percentual de sobrevivência e maturidade sexual encontram-se nas Tabelas 14 e 15 e nas Figuras 17 e 18, respectivamente. Para o caráter fecundidade, os resultados obtidos pela simulação encontram-se na Tabela 16 e Figura 19.

Tabela 14. Valores obtidos através da simulação da depressão endogâmica do caráter sobrevivência do escargot *H. aspersa*, segundo o número de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) durante dez gerações sucessivas.

Gerações	Depressão endogâmica (%)						
	10	30	50	70	90	100	110
G1	6,70	2,23	1,34	0,96	0,74	0,67	0,61
G2	13,07	4,43	2,67	1,91	1,48	1,34	1,22
G3	19,11	6,59	3,98	2,85	2,22	2,00	1,82
G4	24,86	8,71	5,28	3,79	2,95	2,66	2,42
G5	30,31	10,80	6,57	4,72	3,68	3,32	3,02
G6	35,50	12,85	7,84	5,64	4,41	3,97	3,61
G7	40,42	14,87	9,10	6,56	5,13	4,62	4,21
G8	45,10	16,86	10,35	7,47	5,84	5,27	4,80
G9	49,55	18,81	11,59	8,37	6,55	5,91	5,38
G10	53,77	20,73	12,81	9,27	7,26	6,55	5,97

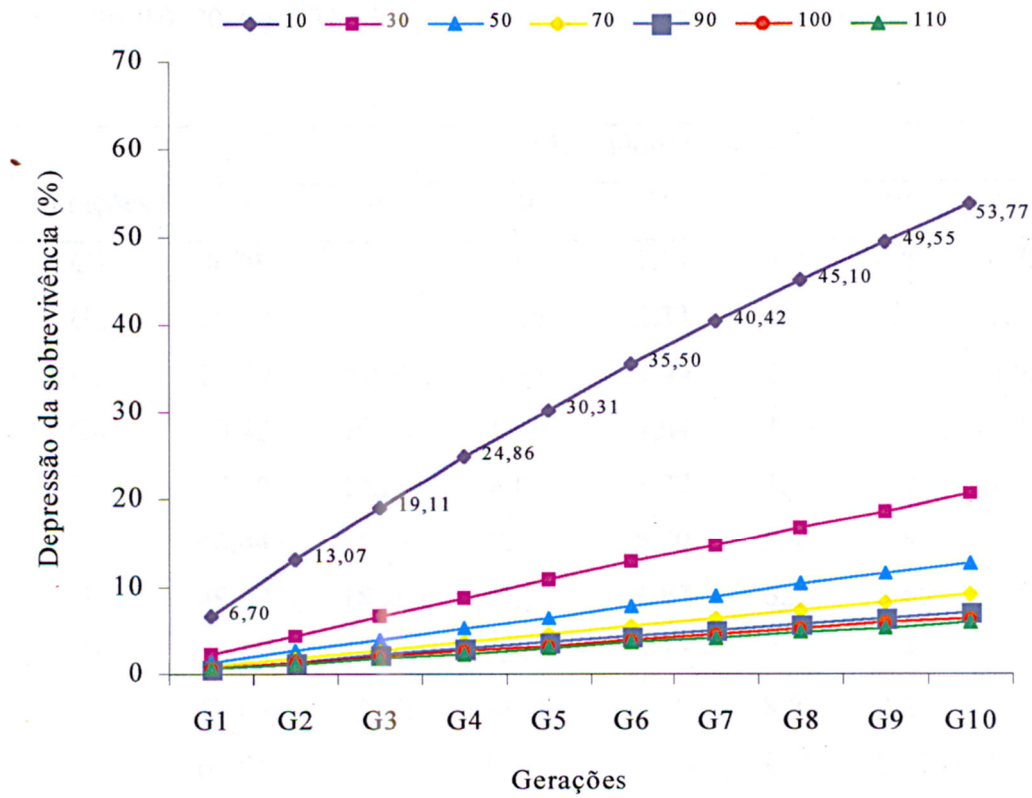


Figura 17. Simulação da depressão endogâmica do caráter sobrevivência em *Haspersa*, segundo o número de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) acasalados durante dez gerações sucessivas.

Tabela 15. Valores obtidos através da simulação da depressão endogâmica do caráter maturidade sexual do escargot *H. aspersa*, segundo o número de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) durante dez gerações sucessivas.

Gerações	Depressão endogâmica(%)						
	10	30	50	70	90	100	110
G1	8,20	2,73	1,64	1,17	0,91	0,82	0,75
G2	15,99	5,42	3,26	2,33	1,82	1,64	1,65
G3	23,39	8,06	4,87	3,49	2,72	2,45	2,55
G4	30,42	10,66	6,46	4,64	3,61	3,26	3,45
G5	37,10	13,22	8,04	5,77	4,51	4,06	4,34
G6	43,44	15,73	9,60	6,90	5,39	4,86	5,23
G7	49,47	18,20	11,14	8,03	6,27	5,65	6,11
G8	55,20	20,63	12,67	9,14	7,15	6,45	6,99
G9	60,64	23,02	14,18	10,25	8,02	7,23	7,86
G10	65,81	25,37	15,68	11,34	8,89	8,02	8,73

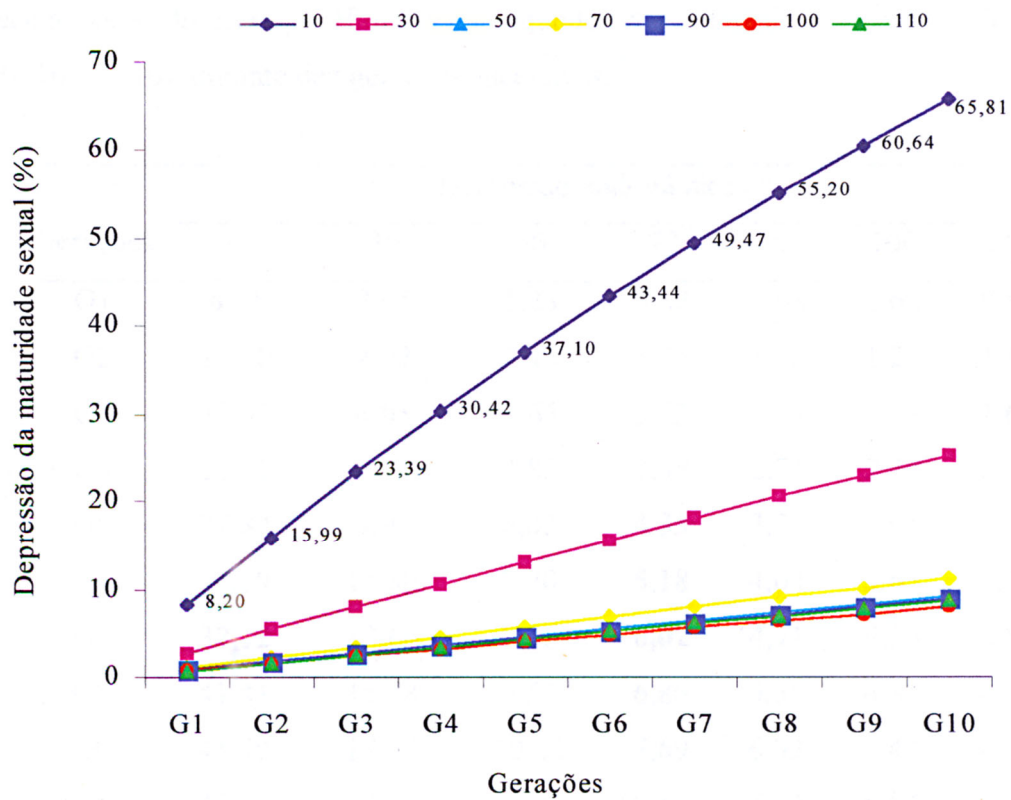


Figura 18. Simulação da depressão endogâmica para o caráter maturidade sexual em *H. aspersa*, segundo o número de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) acasalados durante dez gerações sucessivas.

Tabela 16. Valores obtidos através da simulação da depressão endogâmica do caráter fecundidade do escargot *H. aspersa*, segundo o número de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) durante dez gerações sucessivas.

Gerações	Depressão endogâmica (%)						
	10	30	50	70	90	100	110
G1	6,15	2,05	1,23	0,88	0,68	0,62	0,56
G2	12,00	4,07	2,45	1,75	1,36	1,23	1,12
G3	17,55	6,05	3,65	2,62	2,04	1,84	1,67
G4	22,82	8,00	4,85	3,48	2,71	2,44	2,22
G5	27,83	9,92	6,03	4,33	3,38	3,05	2,77
G6	32,59	11,80	7,20	5,18	4,04	3,65	3,32
G7	37,12	13,66	8,36	6,02	4,71	4,24	3,86
G8	41,41	15,48	9,51	6,86	5,36	4,84	4,40
G9	45,49	17,27	10,64	7,69	6,02	5,43	4,94
G10	49,37	19,03	11,76	8,51	6,67	6,02	5,48

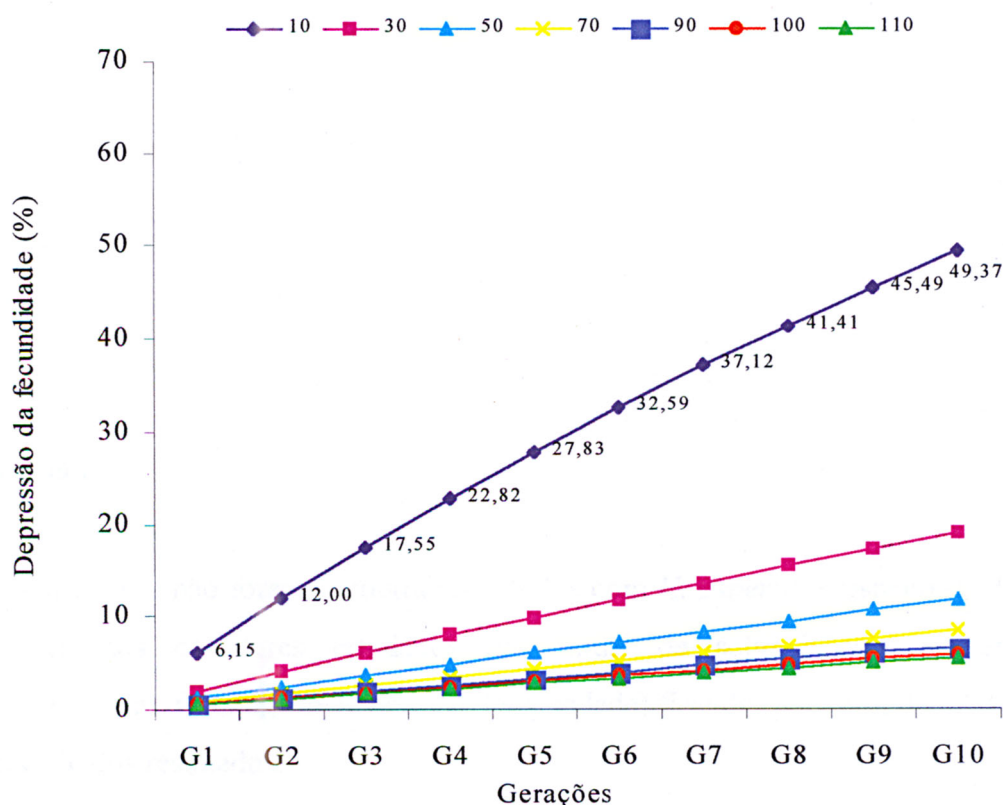


Figura 19. Simulação da depressão endogâmica para o caráter fecundidade em *H. aspersa*, segundo o número de animais (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110) acasalados durante dez gerações.

Através das simulações efetuadas sobre os caracteres sobrevivência, maturidade sexual e fecundidade, verificou-se que, uma população com 5% de endogamia poderá vir apresentar riscos econômicos para o helicicultor logo na 1ª geração para criações iniciadas com 10 animais, onde foram observadas depressões de 6,70% para o caráter sobrevivência, 8,2% para maturidade sexual e de 6,15% para fecundidade. Diferentemente ocorreu nas simulações para criações iniciadas com 100 reprodutores, onde esta diminuição só foi observada na 10ª geração (Tabelas 14, 15 e 16; Fig. 16, 17 e 18).

4. Discussão

Na literatura não foram encontrados estudos com *H. aspersa* a respeito da depressão endogâmica nos caracteres estudados (percentual de sobrevivência, percentual de maturidade sexual, fecundidade realizada e longevidade) ficando, portanto, difícil de julgar a generalidade dos resultados.

4.1. Percentual de sobrevivência

O percentual de sobrevivência médio de *H. aspersa* variou entre as diferentes gerações, sendo maior na geração G2 (82,44%) e mais baixa na geração G4 (51,16%) como mostra a Tabela 6. Lazaridou-Dimitriadou (1998), ao estudar a mortalidade, o crescimento e a fecundidade de escargot por sete gerações sucessivas, verificou que o percentual de mortalidade variou de 0 a 10% até a geração G6, e que a partir desta geração (G6) o percentual de mortalidade foi de 25%, sugerindo que problemas de endogamia poderiam representar um papel importante nestas características. Contudo o percentual de mortalidade obtido pelo autor é baixo quando comparado ao deste estudo, provavelmente porque no seu experimento todas as gerações provinham do acasalamento entre escargots originados de cinco posturas diferentes, o que certamente provocou um efeito de endogamia lenta, ao contrário do presente

estudo onde todas as gerações foram provenientes de acasalamento entre irmãos, o que demonstrou um efeito da endogamia mais intenso.

Ainda neste experimento foi estudado o comportamento das sete famílias (linhagens), que constitui a população em estudo, nas três gerações. Para cada geração o coeficiente de endogamia correspondente foi de: 25%, 37,5% e 50% para G2, G3 e G4 respectivamente.

As sete famílias tiveram as médias contrastadas entre as três gerações. Os contrastes mostraram que a depressão endogâmica foi significativa para todas as famílias, exceto para a família F5, quando se comparou a geração G2 com a geração G4. Comportamento diferente deste ocorreu ao comparar-se as gerações G2/G3 e G3/G4, onde 85% e 71% das famílias, respectivamente, não apresentaram depressão endogâmica significativa. Os resultados indicam que todas as famílias exibiram diferentes graus de depressão endogâmica (Tabela 6). Isso mostra que existem famílias com genótipos superiores, que podem ser homozigotas para muitos alelos favoráveis, e carrega poucos alelos deletérios, e assim sofrem pouca ou nenhuma depressão endogâmica devido ao acasalamento entre irmãos ou outra forma de endogamia. Com relação a família F5, na qual as médias permaneceram inalteradas nas três gerações, pode ser que em um loco os genes já estivessem em homozigose ou em heterozigose com ausência de dominância, neste último caso, as mudanças ocorridas nas frequências genotípicas não são visíveis quanto aos níveis de endogamia, o que justifica a ausência do efeito deletério nesta família.

Embora o contraste de médias tenha demonstrado que algumas famílias apresentaram depressão endogâmica não significativa nos dois primeiros contrastes, o coeficiente de regressão em função dos níveis de endogamia demonstrou um comportamento linearmente negativo significativo para todas as famílias, com exceção da família F5 (Figura 13). Crow & Kimura (1970) citado por Crisóstomo (1989) demonstraram que o efeito da depressão por endogamia em caracteres quantitativos é uma função linear do coeficiente de endogamia o que corroborou o resultado obtido. Em média a depressão endogâmica observada na população em estudo foi de 1,34% para cada 1% de aumento no coeficiente de endogamia no

caráter sobrevivência. Estes resultados mostraram claramente que a endogamia exerceu efeito importante no percentual de sobrevivência entre as gerações.

No mesmo experimento foi estudado o percentual de sobrevivência em diferentes intervalos de observação 0-30, 30-60, 60-90 e 90-120 dias de vida. Através dos contrastes de médias pelo teste de Tukey, constatou-se que o menor percentual de sobrevivência (89,89% e 85,39%) para as gerações G2 e G3 ocorreu aos 30 primeiros dias de vida com conseqüente estabilização nos demais intervalos. No entanto, para a geração G4 os percentuais de sobrevivência (82,76%; 82,12%; 83,02%; 87,00%) mantiveram-se baixo para todos os intervalos de observação. Assim, questionou-se porque na geração G4 o percentual de sobrevivência não foi menor apenas nos 30 primeiros dias de vida como ocorreu nas gerações anteriores. Algumas observações sustentam essa hipótese.

1. Pode ser que nas gerações G2 e G3 foram poucos os genes que entraram em homozigose;
2. O número de genes que entraram em homozigose na geração G4, foi maior quando comparado às gerações anteriores ($F = 0,50$, $F = 0,375$ e $F = 0,25$);
3. É provável que o efeito de ambiente seja mais acentuado na geração G4, já que os indivíduos são mais homozigotos em relação às outras gerações, e que, portanto são mais sensíveis a efeitos do ambiente.

Todas estas observações sugerem que em *H. aspersa* o menor percentual de sobrevivência ocorre nos 30 primeiros dias de vida, mas, que com o aumento dos níveis de endogamia a sobrevivência tende a diminuir em todos os intervalos.

4.2. Percentual de maturidade sexual

O percentual de maturidade sexual determinado aos 120 dias de vida foi de 59% na geração G2. mas diminuiu significativamente com o progresso da endogamia, para 29% e 18% nas gerações G3 e G4 respectivamente. Neste mesmo experimento foi observado também, que parte dos animais que não atingiram a maturidade aos 120 dias de vida na

geração G4, atingiram mais tardiamente, em alguns casos podendo chegar até 270 dias de vida. A diminuição no percentual da maturidade sexual com o progresso da endogamia é devida provavelmente a menor taxa de crescimento dos animais devido ao aumento da homozigose, como ocorrem em outras espécies animais (Pereira, 1999). Lazaridou-Dimitriadou (1998), ao estudar a maturidade do escargot durante sete gerações sucessivas, demonstrou que os escargots da geração G1 atingiram a maturidade aos 4 meses de idade e que na geração G5, onde os animais atingiam o tamanho adulto em um período de tempo mais longo, colocariam ovos também mais tarde, sugerindo que a endogamia poderá representar papel importante sobre essa característica.

A depressão endogâmica observada na população em estudo foi de 1,64% para cada 1% de aumento no coeficiente de endogamia no caráter maturidade sexual.

4.3. Fecundidade realizada

Os resultados da Tabela 10 mostraram que o número médio de animais nascidos (por par de animais) decresceu a cada geração: G2 = 94; G3 = 69,7 e G4 = 52,78 animais. Lazaridou-Dimitriadou (1998), verificou que problemas de endogamia poderiam representar um papel importante na fecundidade quando cada geração provinha do acasalamento entre escargots originados de posturas diferentes de uma geração prévia. Estudos realizados por Albuquerque de Matos et al. (1984) mostraram que a fecundidade (número de animais por cruzamento fértil) tende a diminuir com o progresso da endogamia, através de acasalamento entre irmãos, porém estes autores não quantificaram esse decréscimo. O número de animais observado por eles em cada geração foi de: G0 = 158,8; G1 = 101,33; G2 = 79,86 e G3 = 44,67 filhos por cruzamento fértil. Os valores obtidos por esses autores foram menores em relação às gerações correspondentes observadas neste estudo, o que se deve provavelmente à constituição genética inicial de cada população.

Neste experimento as sete famílias estudadas tiveram as médias contrastadas entre as três gerações. Verificou-se que as famílias exibiram diferentes graus de depressão

endogâmica, porém essas diferenças não foram significativas, provavelmente devido ao pequeno número de graus de liberdade na composição da média das famílias. Por outro lado o coeficiente de regressão da fecundidade realizada média sobre o coeficiente de endogamia mostrou comportamento linearmente negativo, mostrando que a depressão endogâmica foi de 1,65 animal para cada 1% de aumento no coeficiente de endogamia (F), no caráter fecundidade. Isso torna evidente que existem famílias fenotipicamente superiores, mas que poderão conter genótipos com alto grau de heterozigose apresentando assim, depressão endogâmica.

4.4. Longevidade

Nas condições do experimento os animais alcançaram uma longevidade média de aproximadamente 314 e 306 dias para as gerações G1 e G3 respectivamente, em vez de quatro a cinco anos de idade como ocorre na natureza na Europa (Lazaridou-Dimitriadou et al., 1986), provavelmente porque as condições experimentais (temperatura, umidade, alimentação, densidade, etc), foram mais favoráveis que na natureza, implicando em um ritmo de vida mais intenso, uma vez que não foram observados animais em hibernação. É importante ressaltar que na natureza os animais entram em hibernação por até seis meses quando as condições do ambiente não são favoráveis ao seu desenvolvimento. proporcionando assim, uma maior longevidade. Não foram encontrados estudos a respeito da longevidade em *H. aspersa* nas condições ambientais do Brasil, porém, estimativas feitas por criadores indicam um período de dois a três anos de vida para essa espécie.

Embora não tenha sido observada diferença estatisticamente significativa da longevidade entre as gerações, vale ressaltar que, a longevidade média da geração G1 foi maior que da geração G3 indicando que houve um decréscimo na média com a endogamia, portanto, novos estudos para avaliação do efeito da endogamia sobre a longevidade deverão ser desenvolvidos.

4.5. Efeitos práticos da endogamia

-As simulações efetuadas mostraram que o efeito da endogamia sobre os caracteres sobrevivência, maturidade sexual e fecundidade poderão apresentar implicações econômicas, já na primeira geração, em criatórios que iniciarem e mantiverem um número fixo de dez animais em reprodução.

Ribas (1984) relata que apesar de não ter encontrado estudos a respeito de endogamia em *H. aspersa*, acredita que possíveis efeitos da endogamia poderiam ocorrer nesses escargots, já que este efeito ocorre em todas as espécies de animais já estudadas, e que portanto, não existiria razões para estes animais serem diferentes. Com base nesta observação o autor recomenda que jamais se deve iniciar uma criação com menos de 10 reprodutores e que o número máximo recomendado para o início desta atividade é de 100 reprodutores.

Este estudo, portanto, confirma a suspeita do autor, pois, através dos resultados obtidos das simulações, verificou-se que, uma população com 5% de endogamia poderá apresentar riscos econômicos para o helicultor logo na 1ª geração para criações iniciadas com 10 animais, onde foram observadas depressões de 6,70% para o caráter sobrevivência. 8,2% para maturidade sexual e de 6,15% para fecundidade. Diferentemente ocorreu nas simulações para criações iniciadas com 100 reprodutores, onde esta diminuição só foi observada na 1ª geração (Tabelas 14, 15 e 16; Fig. 15, 16 e 17).

Com base nestas observações, serão apresentadas a seguir algumas recomendações sobre o manejo reprodutivo do escargot da espécie *H. aspersa*.

1. Para criatórios iniciados com 100 reprodutores, recomenda-se a introdução de novas matrizes, provenientes de outros produtores, após a 1ª geração, ou seja, a cada cinco anos (considerando-se duas gerações ao ano);
2. Ao iniciar um criatório, recomenda-se que o número mínimo de reprodutores seja de 50 animais não aparentados, devendo-se fazer ainda a introdução de

animais oriundos de outros criatórios, de origem genética diferente, após a 5ª geração, ou seja, a cada dois anos aproximadamente;

3. Monitorar o parentesco dos animais destinados a reprodução nas populações, direcionando os acasalamentos com o intuito de manter baixo o nível de endogamia.

5. Conclusões

Diante dos resultados apresentados e discutidos foi possível concluir que:

- 1) O acasalamento entre irmãos (*H. aspersa*) por três gerações sucessivas reduziu os valores médios dos caracteres estudados, indicando que houve depressão endogâmica significativa no percentual de sobrevivência, percentual de maturidade sexual e fecundidade realizada;
- 2) A ocorrência de depressão endogâmica confirmou a presença de dominância gênica e mostrou que estes fatores associados a heterozigose, dificulta a seleção, sobretudo nos esquemas de melhoramento onde há incremento da endogamia;
- 3) No intuito de manter os índices de endogamia de *H. aspersa* em níveis baixos, recomenda-se monitorar o parentesco dos animais destinados a reprodução, o que pode ser feito direcionando os acasalamentos;
- 4) É recomendável que desde ao iniciar uma criação de escargots *H. aspersa* seja mantido um número de matrizes no plantel de pelo menos 50 animais, devendo-se a cada dois anos substituir cerca de 50% das matrizes com animais de origem genética diferente.

6. Considerações finais

Com base neste estudo foi possível perceber que a criação de escargot *H. aspersa* no Brasil e no mundo tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, no entanto, estudos com base científica nas áreas de manejo, reprodução, sanidade e principalmente, melhoramento genético, ainda são escassos.

No que diz respeito ao desenvolvimento da heliocultura no Brasil, existe inúmeras pessoas trabalhando neste sentido, mas que lamentavelmente, não estão respaldados com resultados de pesquisas, o que de certa forma acaba comprometendo seu desenvolvimento.

Pelo que tudo indica, parece que este estudo é o primeiro trabalho científico na área de genética de escargot no Brasil, o que reforça o argumento da necessidade de se realizar mais pesquisas sobre este animal, tendo-se em vista a sua importância como fonte de alimento e, conseqüentemente, de renda.

Sabe-se que as características genéticas quantitativas, principalmente de escargot, são muito influenciadas pelo meio. Por isso, destaca-se como principais demandas de pesquisas sobre escargot no Brasil:

- Desenvolvimento de trabalhos de melhoramento genético de *H. aspersa*;
- Avaliação de condições ambientais para criação de *H. aspersa*. considerando-se nesta o efeito de temperatura, umidade, fotoperíodo e densidade de criação, sobre o crescimento, reprodução e ganho de peso destes animais;

- Desenvolvimento de rações balanceadas;
- Avaliação econômica e potencialidades da helicicultura no Brasil.

No que diz respeito a avaliação de condições ambientais para criação de *H. aspersa*, é importante levar em consideração a época do ano (verão e inverno), pois foi constatado que existe um efeito de época do ano sobre diversas características de *H. aspersa*. No que se refere à densidade de criação, acredita-se que a densidade de 50 animais/m² de superfície de colagem (equivalente a aproximadamente 30 animais por caixa de 48 x 32 x 18 cm) seja o ideal para o desenvolvimento de *H. aspersa* nas condições de cultivo utilizadas neste estudo.

7. Referencias bibliograficas

- Albuquerque de Matos, R. M. & J. A. Serra. 1984. Taxonomic polymorphism and intrinsic factors in *Helix aspersa*. *Broteria-Genetica* 5: 181-220.
- Albuquerque de Matos, R. M. 1988. Ce que la genetique a fait et peut faire pour l'heliciculture. *Broteria-Genetica* 9: 25-81.
- Albuquerque de Matos, R. M. 1989a. Ciclo vital e reprodução em *Helix aspersa* com aplicação à helicicultura. Actas IV Simpósio Internacional de Reprodução Animal, Lisboa. v.I: 115-142.
- Albuquerque de Matos, R. M. 1989b. Contributions of genetics to snail farming and conservation. In Slugs and snails in world agriculture. *BCPC Monograph* 41: 11-18.
- Albuquerque de Matos, R. M. 1989c. Contribution a l'étude des relations entre caracteres qualitatifs et quantitatifs chez *Helix aspersa*. *Haliotis* 19: 153 – 164.
- Albuquerque de Matos, R. M. 1990. Genetic and adaptive characteristics in *Helix aspersa* of direct interest in snail farming. *Snail Farming Research* III: 36-43.
- Albuquerque de Matos, R. M. 1992. Low temperature storage of *Helix aspersa* eggs: some preliminary results. *Snail Farming Research* IIV: 13-18.
- Bailey, S. E. R. 1981. Circannual and eireadian rhythms in the snail *Helix aspersa* Müller and the photoperiodic control of annual activity and reproduction. *Journal Comparative Physiology* 142: 89-94.

- Bailey, S. E. R. 1983. The Photoperiodic control of hibernation and reproduction in the landsnail *Helix aspersa* Müller. *Journal of Molluscan Studies* 12A: 2-5.
- Briquet Junior, R. 1967. *Melhoramento Genético Animal*. Editora da Universidade de São Paulo. 269p.
- Chevalier, H. 1978. Les escargots. Un Elevage d'Avenir, 7^a ed. Paris.
- Chevallier, H. 1985. L'Elevage des Escargots: production et Preparation du Petit-gris. Editions du Point Veterinaire, Maisond-Alfort.
- Crisóstomo, J. R. 1989. Avaliação da estrutura e do potencial genético de uma população de algodoeiro (*G. hirsutum* L.) parcialmente autógama. Piracicaba, ESALQ/USP.
- Crowell, H. H. 1973. Laboratory study of calcium requirements of the brown snail *Helix aspersa* Müller. *Proc. Malacological Society London* 40: 491-503.
- Cook, L. M. 1965. Inheritance of shell size in the snail *Arianta arbustorum*. *Evolution* 19: 86-94.
- Daguzan, J. 1985. Contribution a l'elevage de l'escargot Petit-gris: *Helix aspersa* Müller (Molusque Gasteropode Pulmone Stylommatophore). III Annales de Zootechnie 34: 127148.
- Dan, N. A. & S. E. R. Bailey. 1982. Growth, mortality and feeding rates of the snail *Helix aspersa* at different population densities in the Laboratory, and the depression of activity of Helicid snails by others individuals or their mucus. *Journal of Molluscan Studies* 48 (2): 257-265.
- Dupont-Nivet, M.; J. Mallard; J. C. Bonnet & J. M. Blanc. 1997a. Quantitative genetics of growth traits in the edible snail, *Helix aspersa* Müller. *Genetics Selection Evolution* 29 (6): 571-587.
- Dupont-Nivet, M.; A. Guiller & J. C. Bonnet. 1997b. Genetic and environmental variability of adult size in some stocks of the edible snail, *Helix aspersa*. *Journal of Zoology* 241 (4): 757-765.

- Dupont-Nivet, M.; J. Mallard; J. C. Bonnet & J. M. Blanc. 1998. Quantitative genetics of reproductive traits in the edible snail, *Helix aspersa* Müller. *Journal of Experimental Zoology* 281 (3) 220-227.
- Falconer, D. S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Longman, London, 3rd ed.
- Fearnley, R. 1993. Sexual selection, dispersal and reproductive behaviour in hermaphrodite land snails with particular reference to *Helix aspersa* Müller (Pulmonata: Gastropoda). Ph. D diss. University of Manchester.
- Gomot, P. & L. Gomot. 1985. Action de la photoperiode sur la multiplication spermatogoniale et la reproduction de l'escargot *Helix aspersa*. *Bull. Soc. Zoology*. 110 (4): 445-459.
- Gomot, L.; J. Enee & J. Laurent. 1982. Influence de la photoperio de sur la croissance ponderale de l'escargot *Helix aspersa* Müller en milieu controle. *Haliotis* 12: 234-240.
- Klein-Rollais, D. 1990. Variation of water content in *Helix aspersa* Müller in a natural environment. *Journal of Molluscan Studies* 56: 9-12.
- Jesse, S. & R. J. Marks. 1995. Population density effects on growth in culture of the edible snail *Helix aspersa* var. *maxima*. *Journal of Molluscan Studies* 61 (3): 313-323.
- Lazaridou-Dimitriadou, M. & D. E. Saunders. 1986. The influence of humidity, photoperiod and temperature on the dormancy and activity of *Helix lucorum* (Gastropoda Pulmonata). *Journal of Molluscan Studies* 52 (2): 180-189.
- Lazaridou-Dimitriadou, M. & M. Kattoulas. 1981. Contribution a l'etude de biologie et de la croissance des escargots commercialises en Grece: *Eobania vermiculata* (Müller) et *Helix aspersa* Müller. *Haliotis* 11: 129 – 137.
- Lazaridou-Dimitriadou, M. & S. E. R. Bailey. 1991. Growth, reproduction and activity rhythms in two species of edible snails, *Helix aspersa* and *Helix lucorum*, in non-24-hour light cycles. *Journal of Zoology* 225 (3): 381-391.
- Lazaridou-Dimitriadou, M.; E. Alpoyanni; M. Baka; T. Brouziotis; N. Kifonidis; E. Mihaloudi; D. Sioula & G. Vellis. 1998. Growth, mortality and fecundity in successive generations of *Helix aspersa* Müller cultured indoors and crowding effects on fast-

- medium - and slow - growing snails of the same clutch. *Journal of Molluscan Studies* 64 (1) 67-74.
- Lucarz, A. & L. Gomot. 1985. Influence de la densite de population sur la croissance diametrele et ponderale de l'escargot *Helix aspersa* Müller dans differentes conditions d'elevage. *Journal of Molluscan Studies* 51: 105-115.
- Lucarz, A. 1991. Evidence of an egg-laying factor in the prostatic secretions of *Helix aspersa* Müller. *Comparative Physiology* 100 (4): 839-843.
- Lush, J. L. 1964. *Melhoramento Genético dos Animais Domésticos*. USAID, Rio de Janeiro, 570p.
- Marasco, F. & C. Muriciano. 1982. Guide complt de l'elevage de escargots. Barcelona. 1-125.
- Madec, L. 1989. Estudos de la diferenciación de quelques populations géographiquement separees de l'espece *Helix aspersa* Müller (Mollusque gasteropode pulmone): aspects morphologiques, ecophysiologiques et biochimiques. Doctorat de l'universite de Rennes, France.
- Madec, L. 1991. Genetic divergences in natural population of the landsnail *Helix aspersa* Milner. 1774. *Journal of Molluscan Studies* 57: 483 - 487.
- Madec, L. Daguzan 1993. Geographic variation in reproductive traits of *Helix aspersa* Müller studied under laboratory conditions. *Malacologia* 35: 99 —117.
- Murray, J. e B. Clarke 1968. Inheritance of shell size in Portula. *Heredity* 23: 189-198.
- Pereira, J. C. C. 1999. *Melhoramento genético aplicado à produção animal*. Belo Horizonte 493p.
- Relatório de Estagio Profissionalizante. 1993. Estudo da co-especificidade de duas variantes de *Helix aspersa* MÜLLER 1774. Centro de Genética e Biologia Molecular Lisboa. Carvalho, C. M. A. S. 99 p.
- Rousselet, M. 1979. *Culture of edible snails*. 120 p.

- Sanz Sampelaiyo, M. R.; J. Fonolla & F. Gil Extremera. 1991. Factors affecting the food intake, growth and protein utilization in the *Helix aspersa* snail. Protein content of the diet and animal age. *Laboratory Animals* 25: 291-298.
- Tompa, A. S. & K. M Wilbur. 1977. Calcium mobilization during reproduction in snail *Helix aspersa*. *Nature* 270: 53-54.
- Vieira, M. I. 1994. *Escargots, criação caseira e comercial*. São Paulo. 131 p.