

# *Documentos*

---

ISSN 1516-4691

Dezembro, 2007

69

**Comparação das Taxas de  
Crescimento Populacional em  
Artrópodes Utilizando Testes  
Permutacionais**

**Embrapa**



ISSN 1516-4691

Dezembro, 2007

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## **Documentos 69**

### **Comparação das Taxas de Crescimento Populacional em Artrópodes Utilizando Testes Permutacionais**

***Aline de Holanda Nunes Maia***

Embrapa Meio Ambiente  
Jaguariúna, SP  
2007

Exemplares dessa publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio Ambiente  
Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho  
Caixa Postal 69 13820-000, Jaguariúna, SP  
Fone: (19) 3867-8750 Fax: (19) 3867-8740  
sac@cpma.embrapa.br  
www.cnpma.embrapa.br

**Comitê de Publicação da Unidade**

Presidente: *Alfredo José Barreto Luiz*

Secretária-Executiva: *Heloisa Ferreira Filizola*

Secretário: *Sandro Freitas Nunes*

Bibliotecária: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Membros: *Ladislau Araújo Skorupa, Ariovaldo Luchiani Júnior, Luiz Antônio S. Melo, Adriana M. M. Pires, Emília Hamada e Cláudio M. Jonsson*

Normalização Bibliográfica: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Editoração Eletrônica: *Alexandre Rita da Conceição*

**1ª edição eletrônica**

(2007)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no seu todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

---

Maia, Aline de Holanda Nunes.

Comparação da taxas de crescimento populacional em artrópodes utilizando testes permutacionais / Aline de Holanda Nunes maia.- Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007.  
37 p. : il. — (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, ; 69)

1. Artrópode. 2. Taxa de crescimento. 3. Teste permutacional I. Maia, Aline de Holanda Nunes. II. Título. III. Série.

CDD 595

---

© Embrapa 2007

## **Autores**

***Aline de Holanda Nunes Maia***

Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia,  
Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP  
340 - Km 127,5 - 13.820-000, Jaguariúna, SP.  
E-mail: [ahmaia@cnpma.embrapa.br](mailto:ahmaia@cnpma.embrapa.br)

## Apresentação

Embora o senso comum nos leve a considerar que, a priori, os métodos de controle biológico de pragas aplicados na agricultura causarão menor impacto ambiental que seus correspondentes químicos sintéticos, é preciso que a ciência demonstre inequivocamente que isso é verdade.

Por outro lado, a sociedade está a cobrar uma resposta sobre os possíveis impactos de organismos geneticamente modificados (OGMs) no ambiente.

Com este trabalho, em que é apresentada uma ferramenta quantitativa poderosa, os testes permutacionais, a Embrapa Meio Ambiente oferece mais uma contribuição no sentido de buscar, no âmbito da pesquisa científica na interface entre agricultura e meio ambiente, o atendimento a algumas destas demandas.

Taxas de crescimento populacional são importantes indicadores em estudos sobre a eficiência de insetos como agentes de controle biológico e aspectos de biossegurança relacionados ao possível impacto de OGMs sobre insetos não alvo. No documento a seguir é proposto, como alternativa aos testes tradicionalmente empregados para estimação da variância, o uso de testes permutacionais para investigar a influência de diferentes fatores sobre os parâmetros de crescimento populacional.

Alfredo José Barreto Luiz  
Chefe-Geral em Exercício  
Embrapa Meio Ambiente

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| <b>Introdução</b> .....  | 07 |
| <b>1. Geração dos dados utilizados nos exemplos</b> .....                          | 08 |
| <b>2. Programa SAS para geração dos dados</b> .....                                | 10 |
| <b>3. Testes permutacionais para a hipótese de ausência de efeito linear</b> ..... | 12 |
| <b>4. Análise exploratória dos dados gerados para as duas espécies</b> .....       | 13 |
| <b>5. Quantificação do efeito linear</b> .....                                     | 15 |
| <b>6. Considerações finais</b> .....   | 18 |
| <b>Referências</b> .....   | 19 |
| <b>Anexo</b> .....   | 21 |

# Comparação das Taxas de Crescimento Populacional em Artrópodes Utilizando Testes Permutacionais

---

*Aline de Holanda Nunes Maia*

## Introdução

Taxas de crescimento populacional são importantes indicadores em estudos sobre a eficiência de espécies de artrópodes como agentes de controle biológico e aspectos de biossegurança relacionados ao possível impacto de agentes biológicos sobre artrópodes não alvo (MAIA et al., 2000). Nesses estudos, dados de oviposição e sobrevivência de cada um dos tratamentos avaliados são condensados em tabelas de vida e fertilidade (TBVF), para posterior estimação dos parâmetros populacionais: taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ), taxas intrínsecas de crescimento ( $R_m$ ), tempo de duplicação ( $Dt$ ), intervalo entre gerações ( $T$ ) e razão finita de crescimento ( $\Lambda$ ) (NASCIMENTO et al., 1998; BLEICHER & PARRA, 1990; NARDO et al., 2001). Os testes estatísticos para comparação de grupos com relação a esses parâmetros requerem a quantificação das incertezas (variância, erro padrão, intervalos de confiança) associada às suas respectivas estimativas, em cada grupo.

As estimativas dessas incertezas são tradicionalmente obtidas utilizando o método "jackknife" (MEYER et al., 1986; MAIA et al., 2000). No entanto, quando algumas das fêmeas utilizadas nos ensaios não ovipositam (no. de ovos = 0), o uso do método "jackknife" torna-se inviável devido a limitações do próprio algoritmo. Como alternativa aos testes que utilizam estimativas "jackknife" da variância, propomos o uso de testes permutacionais (MANLY, 1991). Os testes permutacionais (TP) utilizam distribuições empíricas, geradas via alocações aleatórias das unidades experimentais aos tratamentos (grupos). Tais distribuições empíricas são utilizadas para testar hipóteses sobre os

parâmetros de interesse. Os TP têm a vantagem de não requerer pressuposições sobre o tipo de distribuição de probabilidade da variável resposta objeto de investigação. Apresentamos os programas SAS<sup>®</sup> desenvolvidos para esse fim e dois exemplos, utilizando dados simulados, onde é avaliado o efeito linear de um fator quantitativo sobre as taxas intrínsecas de crescimento de duas espécies hipotéticas de artrópodes. O método apresentado neste trabalho aplica-se aos demais parâmetros associados às TBVF. Também pode ser utilizado para comparação de parâmetros em ensaios onde são investigados efeitos de tratamentos qualitativos sobre o crescimento populacional dos artrópodes objeto de estudo.

## 1. Geração dos dados utilizados nos exemplos

Para aplicação do método proposto, foram gerados dois conjuntos de dados para duas espécies hipotéticas de artrópodes (Espécie I e Espécie II), de acordo com as seguintes características, resumidas na Tabela 1:

- a) Os grupos 1, 2 e 3, dentro de cada espécie, correspondem às temperaturas de 25, 30 e 35° C, respectivamente;
- b) Nos duas espécies, foram considerados diferentes números de fêmeas por grupo (ensaios não balanceados)
- c) Nas duas espécies, considerou-se que o número de ovos em cada data dia  $t$ , para fêmeas do grupo  $g$  têm distribuição de Poisson com média  $\lambda_{gt}$ ;
- d) A longevidade máxima das fêmeas foi considerada 10 dias;
- e) Os dados da Espécie I foram gerados considerando efeito linear crescente da temperatura sobre o número de ovos postos por fêmea;
- f) Para a Espécie, considerou-se um efeito menos intenso da temperatura sobre a oviposição;
- g) O efeito da temperatura foi considerado quadrático para as duas espécies: o número de ovos cresce com a temperatura até atingir um pico e depois passa a decrescer;



- h) Nos dois exemplos, o número de fêmeas que ovipositaram foi gerado utilizando uma distribuição Binomial com parâmetros  $N_g$  e  $p$ , sendo  $p$  igual a 0,2 comum a todos os grupos;
- i) A porcentagem de fêmeas nos descendentes ( $Pct\_Fem$ ) foi fixada em 49, 50 e 51%, para os grupos 1,2 e 3, respectivamente, nas duas espécies.
- j) Na espécie I, a sobrevivência na fase imatura ( $SFImat$ ) foi fixada em 50, 70 e 90% para os grupos 1,2 e 3, respectivamente. Esse padrão é coerente com o efeito linear da temperatura sobre a taxa intrínseca de crescimento;
- k) No espécie II, a sobrevivência na fase imatura ( $SFImat$ ) foi fixada em 51, 54 e 49% para os grupos 1,2 e 3, respectivamente.

Os valores do parâmetro  $SFImat$  para a espécie I foram escolhidos de modo contribuírem para um efeito linear crescente da temperatura sobre o crescimento populacional (sobrevivência diretamente proporcional à temperatura). Para a espécie II, a sobrevivência foi considerada similar nas três temperaturas.

**Tabela 1.** Parâmetros utilizados para geração dos dados para as espécies I e II.

| Parâmetro   | Grupo | Espécie I  | Espécie II   |
|---|-------|--|--|
|   | (g)   |  |  |
| No. de ovos em cada dia $t$ para fêmeas do grupo $g$  | 1,2,3 | Poisson ( $\lambda_{gt}$ )<br>$\lambda_{gt} = (g/10).f(t)$<br>$f(t) = -4.t^2 + 40*t + 1$ | Poisson ( $\lambda_{gt}$ )<br>$\lambda_{gt} = [(g+30)/100].f(t)$<br>$f(t) = -4.t^2 + 40*t + 1$ |
| No. de fêmeas que ovipositaram                        | 1,2,3 | Binomial ( $N_g, 0.2$ )  | Binomial ( $N_g, 0.2$ )  |
|   | 1     | 10   | 10   |
| No. de fêmeas ( $N_g$ )                               | 2     | 9  | 9  |
|   | 3     | 7  | 7  |
| Porcentagem de fêmeas nos descendentes ( $Pct\_Fem$ ) | 1     | 0,49   | 0,49   |
|   | 2     | 0,50   | 0,50   |
|   | 3     | 0,51   | 0,51   |
| Sobrevivência na fase imatura ( $SFImat$ )            | 1     | 0,50   | 0,51   |
|   | 2     | 0,70   | 0,54   |
|   | 3     | 0,90   | 0,49   |

## 2. Programas SAS para geração dos dados

Os programas SAS<sup>®</sup> para geração dos dados (espécies I e II) são apresentados nas Figs 1 e 2, respectivamente. Nesses programas são utilizadas funções do SAS<sup>®</sup> (SAS<sup>®</sup>, 1999b) especialmente construídas para geração de amostras a partir de distribuições (teóricas) de probabilidade (ex. Uniforme, Normal, Poisson), com parâmetros especificados pelo usuário. As linhas em negrito correspondem a comandos para a geração de dados que diferem entre as duas espécies. Para definir se uma determinada fêmea será fecunda ou não, retira-se um valor de uma distribuição Uniforme (0,1), utilizando a função *ranuni* do SAS<sup>®</sup>; se o valor for inferior a 0,2 a oviposição será nula durante todo o período de avaliação; caso contrário, o número de ovos postos a cada dia é gerado a partir de uma distribuição de Poisson (função *ranpoi* do SAS<sup>®</sup>) cuja média é função da idade da fêmea. A partir dos dados de oviposição gerados e das informações sobre porcentagem de fêmeas e sobrevivência na fase imatura, são construídos arquivos com as informações necessárias para estimação dos parâmetros associados às TBVF, em cada espécie. Esses dados são exportados para planilhas Excel, via procedimento EXPORT (Proc EXPORT) do SAS<sup>®</sup> System. As planilhas geradas para as duas espécies foram denominadas *especie\_I.xls* e *especie\_II.xls*, respectivamente. Os programas para geração de dados e as planilhas Excel encontram-se disponíveis para 'download' em [http://www.cnpma.embrapa.br/public/index.php3?it=p&func=alivre#docs\\_public](http://www.cnpma.embrapa.br/public/index.php3?it=p&func=alivre#docs_public)

```

/*----- Geração de dados de oviposição e sobrevivência em três grupos -----*/
/*-----*/
data d1;
do grupo=1 to 3;
do n_femea=1 to 10;
do dia=1 to 10;
do status=ranuni(245631);
if status>0.2 then n_ovos=ranpoi(245367, (grupo/10)*(-4*dia**2 +40*dia +1));
if status<=0.2 then n_ovos=0;
idade=15.5 + dia;
output;
end;
end;
end;
data d2;
set d1;
if (grupo=2 and n_femea>9) then delete;
if (grupo=3 and n_femea>7) then delete;
if grupo=1 then pct_fem=0.49;
if grupo=2 then pct_fem=0.50;
if grupo=3 then pct_fem=0.51;
if grupo=1 then sformat=0.5;
if grupo=2 then sformat=0.7;
if grupo=3 then sformat=0.9;
keep grupo n_femea idade n_ovos pct_fem sformat;
proc print data=d2;
run;
proc export data=d2
outfile="C:\TBVF testes permutacionais\especie_I.xls"
DBMS=EXCEL2000 replace;
run;

```

Figura 1. Programa SAS para geração de dados: espécie I, com efeito linear da temperatura sobre o  $R_m$ .

Fig. 1. Programa SAS para geração de dados: espécie I, com efeito linear da temperatura sobre o  $R_m$ .

```

/*----- Geração de dados de oviposição e sobrevivência em três grupos -----*/
/*-----*/
data d1;
do grupo=1 to 3;
do n_femea=1 to 10;
do dia=1 to 10;
do status=ranuni(245631);
if status>0.2 then n_ovos=ranpoi(245367, (grupo+30)/100*(-4*dia**2 +40*dia +1));
if status<=0.2 then n_ovos=0;
idade=15.5 + dia;
output;
end;
end;
end;
data d2;
set d1;
if (grupo=2 and n_femea>9) then delete;
if (grupo=3 and n_femea>7) then delete;
if grupo=1 then pct_fem=0.49;
if grupo=2 then pct_fem=0.50;
if grupo=3 then pct_fem=0.51;
if grupo=1 then sformat=0.51;
if grupo=2 then sformat=0.54;
if grupo=3 then sformat=0.49;
keep grupo n_femea idade n_ovos pct_fem sformat;
proc print data=d2;
run;
proc export data=d2
outfile="C:\TBVF testes permutacionais\especie_II.xls"
DBMS=EXCEL2000 replace;
run;

```

Figura 2. Programa SAS para geração de dados: espécie II, sem efeito linear da temperatura sobre o  $R_m$ .

Fig. 2. Programa SAS para geração de dados: espécie II, sem efeito linear da temperatura sobre o  $R_m$ .

### 3. Testes permutacionais para a hipótese de ausência de efeito linear

A seguir, descrevemos os métodos para testar a hipótese de ausência de efeito linear da temperatura sobre a taxa intrínseca de crescimento ( $Rm$ ) da população hipotética de artrópodes. Os mesmos procedimentos são aplicáveis para os demais parâmetros. O método constituiu-se dos seguintes passos:

- a) alocação aleatória das unidades experimentais (fêmeas) aos tratamentos. Foram geradas 1000 alocações aleatórias (experimentos Monte Carlo);
- b) estimação dos parâmetros associados às TBVF, correspondentes a cada tratamento e experimento utilizando um procedimento iterativo (Southwood, 1978), conforme descrito em Maia et al. (2000);
- c) Ajuste de modelos de regressão linear simples (Equação 1) para descrever o efeito da temperatura sobre a taxa intrínseca de crescimento para o conjunto de dados originais ( $j=0$ ) e cada um dos experimentos ( $j=1$  to 1000);
- d) Construção da distribuição empírica utilizando as estimativas de  $\beta_j$  obtidas em cada experimento;
- e) Teste da hipótese  $\beta_j = 0$  (versus  $\beta_j > 0$ ) utilizando a distribuição empírica da estimativa de  $\beta_j$ ;
- f) O valor p associado à hipótese de interesse é calculado pela razão entre o número de estimativas de  $\beta_j$  superiores à estimativa de  $\hat{\beta}_j$  obtida para o conjunto de dados originais ( $\beta_j^*$ ).

O modelo linear utilizado para descrever o efeito do fator quantitativo que está sendo investigado (neste exemplo, temperatura) sobre a taxa intrínseca de crescimento é dado por:

$$Rm_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \cdot TEMP_i + \varepsilon_{ij}$$

onde  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são o intercepto e o coeficiente angular do modelo,  $Rm_{ij}$  a taxa intrínseca de crescimento correspondente ao grupo (temperatura)  $i$  e experimento  $j$ , e  $\mathcal{E}_{ij}$  o erro aleatório associado a cada  $Rm_{ij}$ . Considera-se que os  $\mathcal{E}_{ij}$  independentes e identicamente distribuídos, com distribuição Normal com média zero e variância  $\sigma_j^2$  ( $\mathcal{E}_{ij} \sim N(0, \sigma_j^2)$ ).

O programa SAS® para quantificação do efeito linear e realização de testes de hipóteses associados para a espécie I (TBVF TPERMUT especiell.sas) é apresentado no **Anexo**. Os algoritmos utilizados nesse programa para cálculo dos pseudovalores, são semelhantes aos descritos em Maia & Luiz (2006). Para análise dos dados da espécie II (TBVF TPERMUT especiell.sas), foram alterados apenas os dados de origem, títulos dos gráficos no que se refere à identificação da espécie e detalhes de formatação do histograma. Os referidos programas estão disponíveis para download em [http://www.cnpma.embrapa.br/public/index.php3?it=p&func=alivre#docs\\_public](http://www.cnpma.embrapa.br/public/index.php3?it=p&func=alivre#docs_public)

#### 4. Análise exploratória dos dados gerados para as duas espécies

Os padrões de oviposição correspondentes às temperaturas 25, 30 e 35° C para as espécies I e II são apresentados na Fig. 3. Os gráficos de caixas ('box-plots') do número de ovos postos por fêmea, na Fig. 4. Observa-se que o efeito da temperatura sobre o número de ovos postos por fêmea é mais evidente na espécie I, resultado consistente com os cenários utilizados para geração dos dados. Os gráficos apresentados nesta secção foram construídos utilizando o procedimento GPLOT ('The GPLOT Procedure', SAS, 1999a).

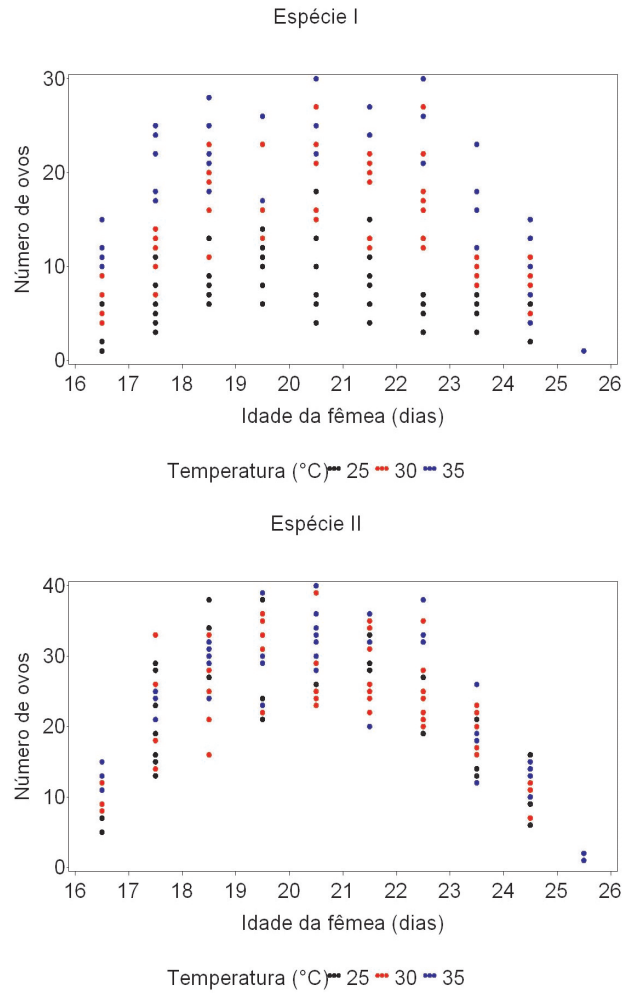


Fig. 3. Padrões temporais de oviposição para as duas populações hipotéticas de artrópodes (espécies I e II).

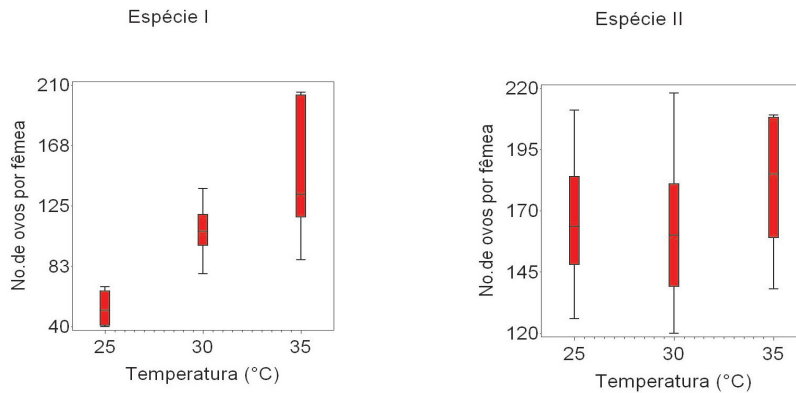
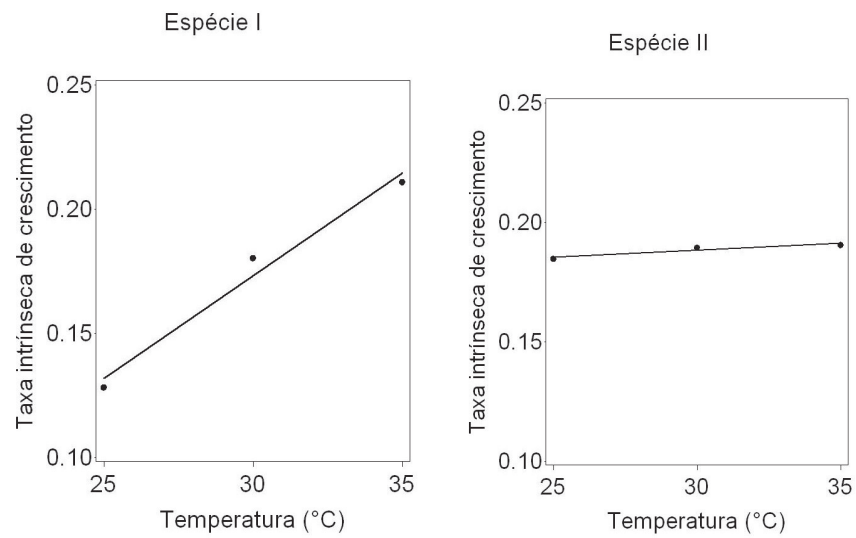


Fig. 4. Gráficos de caixas ('box-plots') do número de ovos por fêmea para as duas populações hipotéticas de artrópodes (espécies I e II)

## 5. Quantificação do efeito linear

Os modelos de regressão descrevendo o efeito linear da temperatura sobre o  $Rm$  (Fig. 4) foram ajustados pelo método de quadrados mínimos, via procedimento REG do SAS® System (The REG Procedure, SAS, 1999c), utilizando as estimativas ( $rm_j$ ) dos parâmetros  $Rm$  em cada temperatura, no conjunto de dados original ( $j=0$ ). As estimativas dos parâmetros  $\beta_0^*$  e  $\beta_1^*$  foram  $b_0 = -0.0749$  e  $b_1 = 0,00827$  para a espécie I e  $b_0 = 0,1708$  e  $b_1 = 0,00058$ , para a espécie II, respectivamente. As hipóteses  $\beta_1=0$  versus  $\beta_1>0$ , em cada espécie, foram testadas utilizando as distribuições empíricas de  $b_1$  (Fig. 5). Os níveis de significância nominal (valores p), representados na Fig. 5 pelas áreas à direita da linha pontilhada foram 0.00058 e 0,152 para as espécies I e II, respectivamente. Os histogramas apresentados na Fig. 5 foram construídos utilizando-se o procedimento CAPABILITY do SAS® System (The CAPABILITY Procedure, SAS, 1999c). A magnitude dos coeficientes  $b_1$  e dos respectivos valores  $p$  associados às referidas hipóteses respectivamente, indicam efeito pronunciado da temperatura para a espécie I e efeito moderado para a espécie II, resultados consistentes com as informações consideradas na geração dos dados.



**Fig. 4.** Efeito da temperatura sobre a taxa intrínseca de crescimento da população de artrópodes para as espécies I e II (espécie I:  $rm_{ij} = -0,0749 + 0,00827.TEMP_i$ ; espécie II:  $rm_{ij} = 0,1708 + 0,00058.TEMP_i$ ).



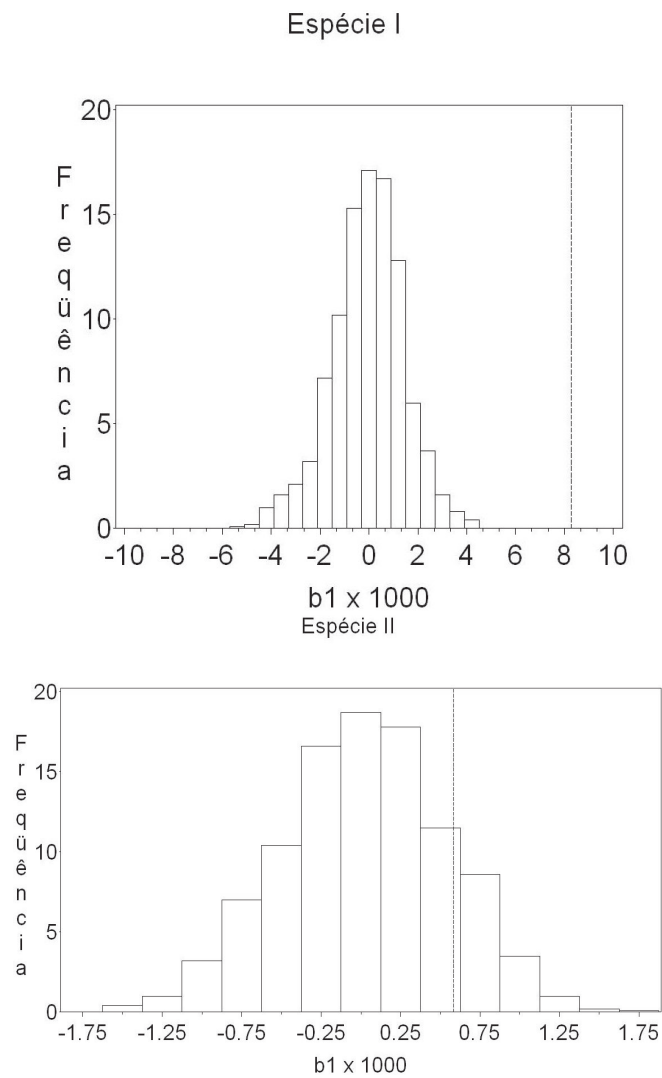


Fig. 5. Distribuições empíricas das estimativas do efeito linear da temperatura ( $b_1$ ) sobre a taxa intrínseca de crescimento ( $R_m$ ) para as espécies I e II.

Os procedimentos descritos acima são válidos para investigação do efeito linear de algum fator quantitativo sobre o  $Rm$  ou demais parâmetros das TBVF ( $R_0$ ,  $T$ ,  $Dt$  e  $Lambda$ ). O tempo computacional requerido para conjuntos de dados com grande número de fêmeas com alta longevidade pode se tornar limitante, devido ao uso de processos iterativos para estimação dos parâmetros das TBVF em combinação com o ajuste de modelos lineares para cada experimento Monte Carlo, necessários para construção das distribuições de referência empíricas. Inferências sobre parâmetros de modelos não lineares utilizando testes permutacionais podem apresentar problemas de convergência relativos aos processos iterativos utilizados em estimação não linear.

## 6. Considerações finais

Testes permutacionais são ferramentas úteis e adequadas para testar hipóteses sobre parâmetros associados a tabelas de vida e fertilidade em casos onde os métodos tradicionalmente utilizados, baseados em estimativas 'jackknife' da variância, apresentam limitações. Os procedimentos apresentados neste trabalho podem também ser adaptados para investigação de efeito quantitativos, descritos por modelos não lineares ou ainda testes de hipóteses representadas por contrastes lineares entre estimativas de qualquer um dos parâmetros associados às tabelas de vida e fertilidade.

## Referências

BLEICHER, E.; PARRA, J.R.P. Espécies de Trichogramma parasitoides de Alabama argillacea. II. Tabela de vida e fertilidade e parasitismo de três populações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.2, p.207-214, 1990.

MAIA, A. de H.N.; LUIZ, A.J.B. **Programa SAS para análise de tabelas de vida e fertilidade de artrópodes**: o método Jackknife. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 33).

MAIA, A. de H.N.; LUIZ, A.J.B.; CAMPANHOLA, C. Statistical Inferences on associated lifetable parameters using jackknife technique: computational aspects. **Journal of Economic Entomology**, v.93, n.2, p.511-518, 2000.

MANLY, B.F.J. **Randomization tests and Monte Carlo methods in biology**. London: Chapman & Hall, 1991.

MEYER, J.S.; IGERSELL, C.G.; MacDONALD, L.L.; BOYCE, M.S. Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. Bootstrap techniques. **Ecology**, v.67, p.1156-1166, 1986.

NARDO, E.A.B. de; MAIA, A.H.N.; WATANABE, M.A. Effect of a formulation of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) on the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae: Asopinae) using fertility life table parameters. **Environmental Entomology**, v.30, n.6, p.1164-1173, 2001.

NASCIMENTO, M.L.; CAPALBO, D.F.; MORAES, G.J.; NARDO, E.A.B. de; MAIA, A. de H.N.; OLIVEIRA, R.C.A.L. Effect of a formulation of *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *kurstaki* on *Podisus nigrispinus* Dallas (Heteroptera: Pentatomidae asopinae). **Journal of Invertebrate Pathology**, v.72, p.178-180, 1998.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/GRAPH® Software**: Reference, Version 8. Cary, NC: SAS Institute, 1999a.

SAS INSTITUTE INC. **SAS Language**: Reference, version 8. Cary, NC: SAS Institute, 1999b.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/QC<sup>®</sup> User's Guide**: Version 8. Cary, NC: SAS Institute, 1999c.

SOUTHWOOD, T.R.E. **Ecological methods with particular reference to the study of insect population**. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1978.

## Anexo

Programa SAS para quantificação de efeitos lineares de fatores quantitativos sobre parâmetros de crescimento populacional, utilizando testes permutacionais.

```
/*#####*/
/*
/*   PROGRAMA SAS PARA ESTIMAR PARÂMETROS ASSOCIADOS A          */
/*   TABELAS DE VIDA E FERTILIDADE:TESTES PERMUTACIONAIS      */
/*
/*   NOME: TBVF TESTES PERMUTACIONAIS.SAS                      */
/*   DADOS: SIMULADOS (EXEMPLO TENDENCIA LINEAR.XLS)          */
/*
/*
/*   PRODUTOS: SAS Language, BASE SAS Procedures, SAS/STAT, SAS/QC */
/*   and SAS/GRAPH                                           */
/*
/*   PROCS: SORT, MEANS, CAPABILITY,GPLOT, PRINT             */
/*
/*#####*/
/*-----*/
/* Criação de "biblioteca" (tabvida)para armazenamento de arquivos */
/* secundários                                              */
/*-----*/

libname tabvida "C:\TBVF testes permutacionais";

/*-----*/
/* Leitura do arquivo Excel2000 (*.xls) contendo os dados de   */
/* sobrevivência e fertilidade                                 */
/* com as seguintes variáveis (colunas)                       */
/* GRUPO - nome ou número do "tratamento"                   */
/* N_FEMEA - no. de identificação de cada fêmea              */
/* IDADE - idade da fêmea em cada data de oviposição         */
/* N_OVOS - número de ovos/fêmea em cada data de oviposição  */
/* PCT_FEM - porcentagem de fêmeas na população de descendentes */
/* SFIMAT - sobrevivência dos descendentes durante a fase imatura */
/*-----*/

PROC IMPORT OUT=DATA1
  DATAFILE= " C:\TBVF testes permutacionais\especie_I.xls"
  DBMS=EXCEL2000 REPLACE;
  GETNAMES=YES;
RUN;
options ls=70 nodate pageno=1;
run;
data data1;
set data1;
if GRUPO=1 then TEMP=25;
if GRUPO=2 then TEMP=30;
if GRUPO=3 then TEMP=35;
proc print data=DATA1;
var GRUPO N_FEMEA IDADE N_OVOS PCT_FEM SFIMAT;
run;
/*-----*/
/* Construção de gráficos do padrão de oviposição em cada GRUPO */
/*-----*/

proc sort data=DATA1 out=FERT2;
  by GRUPO IDADE;

proc means data=FERT2 noprint;
  var IDADE N_OVOS;
  output out=FERT3 min=IDAEMIN OVOSMIN max=IDAEMAX OVOSMAX;

data _null_;
  set FERT3;
  IDAEMIN=IDAEMIN-0.5;
  IDAEMAX=IDAEMAX+0.5;
```

```

    call symput('IDADEMIN' ,IDADEMIN);
    call symput('IDADEMAX' ,IDADEMAX);
    call symput('OVOSMIN' ,OVOSMIN);
    call symput('OVOSMAX' ,OVOSMAX);

data FERT2;
set FERT2;
where N_OVOS>0;
if GRUPO=1 then TEMP=25;
if GRUPO=2 then TEMP=30;
if GRUPO=3 then TEMP=35;

label IDADE= 'Idade da fêmea (dias)';
label GRUPO= 'Grupo';
label TEMP= 'Temperatura (°C)';
label N_OVOS= 'Número de ovos';

options reset=global gunit=pct
          ftext='Arial' htext=5;

title 'Espécie I';

symbol1 interpol=none cv=black width=1 value=dot height=2;
symbol2 interpol=none cv=red width=1 value=dot height=2;
symbol3 interpol=none cv=blue width=1 value=dot height=2;

axis1 label=(angle=0 h=5)
      offset=(1,1)
      order=&IDADEMIN to &IDADEMAX BY 1
      length=80
      minor=none;

axis2 label=(angle=90 h=5)
      order=&OVOSMIN to &OVOSMAX BY 10
      length=60
      minor=none;

proc gplot data=FERT2;
plot N_OVOS*IDADE=temp/haxis=axis1 vaxis=axis2;
run;

/*-----*/
/* Cálculo do número total de ovos postos por fêmea durante o período */
/* de oviposição */
/*-----*/
proc sort data=DATA1;
by GRUPO N_FEMEA IDADE;

proc means data=DATA1 sum noprint;
by GRUPO N_FEMEA;
id temp;
var N_OVOS;
output out=FERT sum=OVTOTAL;

proc print data=FERT noobs;
title 'No.de ovos por fêmea durante o período total de oviposição';
by GRUPO;
var N_FEMEA OVTOTAL;

run;
proc means data=FERT mean median p25 p75;
by grupo;
var OVTOTAL;
run;

/*-----*/
/* Construção de gráficos de caixas para o no. de ovos/fêmea em cada */
/* GRUPO */
/*-----*/

data FERT;
set FERT;
label OVTOTAL= 'No.de ovos por fêmea';
label GRUPO= 'Grupo';
label TEMP= 'Temperatura (°C)';

```

```

options reset=global gunit=pct
        ftext='Arial' htext=5;

title 'Espécie I';

symbol interpol=boxtf05 /* tipo de gráfico */
        cv=red /* cor da caixa */
        co=black /* cor dos limites da caixa */
        width=2 /* espessura da linha */
        value=dot /* tipo de símbolo */
        height=2; /* tamanho do símbolo */

axis1 order=25 to 35 by 5 offset=(5,5) /* distância entre a primeira
        marca e a origem do gráfico */
        length=40; /* comprimento do eixo */

axis2 label=(angle=90) /* ângulo entre os eixos */
        major=(n=5) /* no. de marcas principais */
        minor=none /* no. de marcas secundárias */
        length=60; /* comprimento do eixo */

proc gplot data=FERT;
        plot OVTOTAL*TEMP/haxis=axis1
                vaxis=axis2;
run;

/*-----*/
/* cálculo do número de indivíduos (fêmeas) em cada GRUPO */
/*-----*/

proc sort data=DATA1 nodupkey out=DATA2;
        by GRUPO N_FEMEA;

proc means noprint data=DATA2;
        var N_OVOS;
        by GRUPO;
        id temp;
        output out=DATA3 n=NINDGR;

/*-----*/
/* Criação de um arquivo com números de identificação de cada fêmea em */
/* ordem seqüencial */
/*-----*/

proc means noprint data=DATA3;
        var NINDGR;
        output out=DATA4 sum=NTOTIND max=MAXNGR;

data _null_;
        set DATA4;
        call symput('N',NTOTIND);
        call symput ('MAXNGR',MAXNGR);

data T1;
        set DATA3;
        do INDNUM=1 to &N;
                if INDNUM>NINDGR then delete;
                drop _type_ _freq_;
                output;
        end;
        proc print;
        run;

data T2;
        do nseq=1 to &N;
                output;
        end;
        proc print;
        run;

data t3;
merge t1 t2;
proc print;
        run;

```

```

data T;
merge T3 DATA2;
      by GRUPO;
proc print data=T;
run;
data DATA1SEQ;
merge data1 T;
      by GRUPO N_FEMEA;
proc print data=DATA1SEQ;
run;

proc sort data=DATA1SEQ;
      by GRUPO INDNUM;
proc print data=DATA1SEQ;
run;
/*-----*/
/* Criação de um arquivo com 1000 sequencias correspondentes a aloca- */
/* çoes aleatórias das fêmeas aos grupos                               */
/*-----*/
data data5;
set data1seq;
do exp=1 to 1000;
nglobal=nseq;
keep exp GRUPO nindgr N_FEMEA nseq nglobal indnum IDADE N_OVOS PCT_FEM SFIMAT;
output;
end;
*PROC PRINT data=data5;
run;

PROC PLAN SEED=27371;
TITLE1 'Alocação aleatória das fêmeas aos tratamentos';
FACTORS EXP=1000 ordered nseq=&N /noprint;
output data=data5 OUT=permut1;
run;
proc sort data=permut1;
where exp=1;
*proc print data=permut1;
run;
data permut2;
set permut1;
keep exp nglobal nseq IDADE N_OVOS PCT_FEM SFIMAT;
*proc print data=permut2;
run;
proc sort data=permut2;
by exp nseq IDADE;
proc print data=permut2;
where exp=1;
var exp nseq nglobal IDADE N_OVOS PCT_FEM SFIMAT;
run;

data permut3;
set data5;
nseq=nglobal;
keep exp nseq GRUPO nindgr;
proc sort data=permut3 nodupkey out=permut4;
by exp nseq GRUPO;
*proc print data=permut4;
run;
data data1seq;
set data1seq;
exp=0;

/*-----*/
/* Criação de um arquivo com as 1000 sequencias geradas e os dados cor- */
/* respondentes aos indivíduos alocados em cada sequencia.             */
/*-----*/

data data6;
merge data1seq permut2 permut4;
by exp nseq;
keep EXP GRUPO NINDGR NSEQ IDADE N_OVOS PCT_FEM SFIMAT NINDGR;

proc print data=data6;
where exp=0;

```



```

run;

/*-----*/
/* Cálculo do número médio de ovos postos por fêmea (NM_OVFEM) em cada */
/* data de oviposição */
/*-----*/

proc sort data=DATA6;
    by GRUPO EXP nseq IDADE;

proc sort data=DATA6;
    by GRUPO EXP IDADE;

data DATA6;
set DATA6;
    NM_OVFEM=N_OVOS*PCT_FEM;

proc means data=DATA6 noprint;
    id NINDGR SFIMAT;
    by GRUPO EXP IDADE;
    var NM_OVFEM;
    output out=DATA7 mean=MX;

/*-----*/
/* Construção de tabelas de vida e fertilidade com os dados de cada */
/* correspondentes a cada uma das 1000 alocações aleatórias (EXP)das */
/* fêmeas aos grupos */
/*-----*/

data DATA8;
set DATA7;
    NMAFEM=_freq_;
    LX=SFIMAT*(NMAFEM/NINDGR);
    LXX=LX*MX;
    MXLXX=LXX*IDADE;
    drop _type_ _freq_;

run;
proc print data=DATA8 noobs;
where EXP=0;
var GRUPO IDADE LX MX LXX MXLXX;
run;

/*-----*/
/* Cálculo da taxa líquida de reprodução (Ro, no. fem/fem) e do */
/* numerador da expressão  $T=(\text{soma}(MX*LX^X))/Ro$  para estimativa do */
/* intervalo entre gerações (T) pelo método aproximado. */
/*-----*/

proc means noprint data=DATA8;
    id NINDGR;
    by GRUPO EXP;
    var LXX MXLXX;
    output out=DATA9 sum=RO NUMT;

/*-----*/
/* Estimación dos seguintes parâmetros utilizando o método aproximado */
/* Ro: taxa líquida de reprodução */
/* T : intervalo entre gerações */
/* DT: tempo de duplicação */
/* Rm: taxa intrínseca de crescimento */
/* Lambda: razão finita de crescimento */
/*-----*/

data DATA10;
set DATA9;
    T=NUMT/RO;
    RM=(LOG(RO))/T;
    DT=(log(2))/RM;
    LAMBDA=exp(RM);
    keep GRUPO NINDGR EXP RO T DT RM LAMBDA;

run;
proc print data=DATA10 noobs;
title 'Estimativas dos parâmetros obtidas pelo o método aproximado';
where V=0;

```

```

var GRUPO RO T DT RM LAMBDA;
run;
/*-----*/
/* Estimação dos parâmetros utilizando métodos iterativos */
/*-----*/
data DATA11;
merge DATA8 DATA10;
  by GRUPO EXP;
  keep GRUPO NINDGR EXP IDADE RM RO LXXM;

data DATA12;
set DATA11;
  do U=50 to 150 by 1;
    R=RM*(U/100);
    Y=LXXM*(exp(-R*IDADE));
    keep GRUPO NINDGR EXP IDADE Y U R RO;
  output;
end;

proc sort data=DATA12;
  by GRUPO EXP R;

proc means noprint data=DATA12;
  by GRUPO EXP R;
  var Y;
  id U RO NINDGR;
  output out=DATA13 sum=SUM;
data DATA14;
set DATA13;
  DELTA=abs(1-SUM);
  drop _type_ _freq_;

proc means noprint data=DATA14;
  by GRUPO EXP;
  var DELTA;
  id u;
output out=MINDELTA min=MINDELTA;

data DATA15a;
merge DATA14 MINDELTA;
by GRUPO EXP;

data DATA15;
set DATA15a;
where DELTA=MINDELTA;
  RM=R;
  DT=(log(2))/RM;
  T=(log(RO))/RM;
  LAMBDA=exp(RM);
KEEP GRUPO NINDGR EXP U SUM MINDELTA RO RM DT T LAMBDA;
run;

data data16;
set data15;
where EXP=0;
keep GRUPO RO RM DT T LAMBDA;
proc transpose data=data16 out=DATA16T;
*proc print;
run;

data DATA17;
set DATA15;
if GRUPO=1 then TEMP=25;
if GRUPO=2 then TEMP=30;
if GRUPO=3 then TEMP=35;

*   where EXP>0;
  keep GRUPO temp NINDGR EXP RO RM T DT LAMBDA;
run;
proc print;
run;
proc reg data=DATA17;
where exp=0;
model rm=temp;

```

```

run;

data DATA17;
set DATA17;
label rm= 'Taxa intrínseca de crescimento';
label TEMP= 'Temperatura (°C)';

goptions reset=global gunit=pct
          ftext='Arial' htext=5;

symbol1 interpol=RL cv=black width=2 value=dot height=2;

axis1 label=(angle=0 h=5)
      offset=(1,1)
      order=25 to 35 by 5
      length=40
      minor=none;

axis2 label=(angle=90 h=5)
      order=0.10 to 0.25 by 0.05
      length=70
      minor=none;

proc gplot data=DATA17;
title 'Espécie I';
where exp=0;
plot Rm*temp/haxis=axis1 vaxis=axis2;
run;

proc sort data=data17;
by exp GRUPO;
run;
*proc print data=data17 noobs;
*where exp=0;
run;
/*-----*/
/* Ajuste de modelos de regressão linear para descrever a variação do */
/* Rm em função da temperatura, dentro dos limites testados em labo- */
/* ratório. */
/* Modelo: Rm = beta0 + beta1*TEMP */
/*-----*/
data d18;
set data17;
if GRUPO=1 then TEMP=25;
if GRUPO=2 then TEMP=30;
if GRUPO=3 then TEMP=35;

proc reg data=d18 noprint tableout outest=parms;
by exp;
model Rm = TEMP;
run;
/*-----*/
/* Criação de um arquivo com os valores de beta1 e respectivos valores */
/* p associados à hipótese beta1=0 para cada experimento */
/*-----*/
data parms2;
set parms;
where _TYPE_="PARMS" or _TYPE_="PVALUE";
TBVFparm=_DEPVAR_;
beta1=TEMP;
keep exp _TYPE_ TBVFparm Intercept beta1;
run;
*proc print data=parms2;
run;
proc sort data=parms2;
by TBVFparm exp;
*proc print data=parms2;
*where exp=0 and _TYPE_="PARMS";
run;
data parms3;
set parms2;
where exp>0 and _TYPE_="PARMS";
run;
*proc print data=parms3;

```

```

*where exp=1;
run;
data parms4;
set parms2;
where exp=0 and _TYPE_="PARMS";
beta1obs=beta1;
keep exp TBVFparm beta1obs;
run;

proc sort data=parms3;by TBVFparm exp;
proc sort data=parms4;by TBVFparm exp;
*proc print data=parms3;
run;
proc print data=parms4;
run;
/*-----*/
/* Cálculo da porcentagem de valores de beta1 (entre os 1000 valores) */
/* iguais ou mais extremos que o valor de beta1 observado. */
/* No caso de a hipótese alternativa ser H0:beta1>0, calculamos a por- */
/* centagem de valores superiores a beta1obs */
/*-----*/
data parms5;
merge parms3 parms4;
by TBVFparm;
if TBVFparm="RM" and beta1>beta1obs then indbeta1=1;
if TBVFparm="RM" and beta1<=beta1obs then indbeta1=0;
b1obs=beta1obs*1000;
proc print data=parms5;
run;

proc freq data=parms5;
tables TBVFparm*indbeta1;
run;
/*-----*/
/* Construção de um histograma dos valores de beta1 */
/*-----*/
data _null_;
set parms5;
call symput('b1',b1obs);
goptions reset=global gunit=pct
fntext='Arial' htext=5;
axis1 offset=(1,1) order=-10 to 10 by 2 length=55;
axis2 label =("Frequência") order=0 to 20 by 5 length=65;
proc means data=parms5 mean std;
var beta1;
run;
data parms5;
set parms5;
b1=beta1*1000;

proc capability data=parms5 noprint;
*ttitle "Histograma dos valores de beta1";
title "Espécie I";
label b1="b1 x 1000";
spec /*|s1 = 3.45 |l1 = 2 c|s1 = black*/
us1 = &b1 |us1 = 3 cus1 = black;
histogram b1/nolegend cframe = white cbarline=black
cfill = white haxis=axis1 vaxis=axis2 ;
run;

```

Comparação das Taxas de Crescimento Populacional em Artrópodes Utilizando Testes Permutacionais

**Embrapa**

*Meio Ambiente*

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento

