

Ciclomorfose em *Bosmina* (Crustacea, Cladocera) no Lago Paranoá, Brasília

Lourdes M. A. Elmoor-Loureiro¹

ABSTRACT

*In order to verify the existence of seasonal variations in morphology of *Bosmina longirostris* and *Bosmina hagdmani*, samples were taken from Paranoá Lake (Brasília, DF) during 1983. Body length and breadth, antennule, mucro and eye diameter were measured. Allometry rates were also calculated.*

*It was verified that throughout the year both *Bosmina* species presented variation involving the five measures. The measures, except the antennule and mucro of *B. longirostris*, depend, at least partially, on the size of the individual and, therefore, on the age structure of the population. The antennule and mucro variations of *B. hagdmani* were strongly related to allometry rates. For *B. longirostris* the antennule and mucro variations appeared to be related to phenomena in an embryonic phase.*

INTRODUÇÃO

O polimorfismo sazonal, ou ciclomorfose, é comum entre os cladóceros planctônicos, sendo especialmente estudado nos gêneros *Daphnia* e *Bosmina* (BROOKS, 1965; HUTCHINSON, 1967; DODSON, 1974; KERFOOT, 1975; BLACK, 1980). Contudo, estes trabalhos referem-se, em sua maioria, a animais de regiões temperadas.

Em *Bosmina*, a ciclomorfose caracteriza-se, especialmente, pela variação nos comprimentos da antênula e do mucro.

Temperatura, iluminação e nutrição tem sido frequentemente associadas à ciclomorfose, como causas imediatas, isto é, como indicadores de quando e onde sofrer variações morfológicas (HUTCHINSON, 1967; KERFOOT, 1975). Quanto ao significado adaptativo, estas variações parecem conferir ao animal uma menor susceptibilidade à predação (BROOKS, 1965; ZARET, 1969; DODSON, 1974; WONG, 1981).

Segundo Lieder (1982), a ciclomorfose parece estar relacionada à variação, durante o ano, das taxas de alometria das várias partes do corpo do animal. Por taxa de alometria entende-se o crescimento de uma parte do corpo em relação ao crescimento de uma dimensão padrão.

¹ Universidade de Brasília, Laboratório de Zoologia.

Este trabalho teve por objetivo verificar a ciclomorfose em *Bosmina longirostris* e *B. hagdmani* no Lago Paranoá, bem como procurar relacioná-la à variação das taxas de alometria.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas, feitas com rede e armadilha de plâncton, foram realizadas entre janeiro/1983 e janeiro/1984 em um ponto do Lago Paranoá, situado cerca de 100 metros da margem, em frente ao Grupamento de Busca e Salvamento do Corpo de Bombeiros do Distrito Federal. Para cada amostra foram medidos um mínimo de 30 indivíduos de cada espécie. Para maior facilidade, foram feitos esboços dos animais com auxílio de câmara clara. Posteriormente, eram tomadas medidas do esboço e, com escala já calculada, as medidas eram transformadas para μm (Fig. 1).

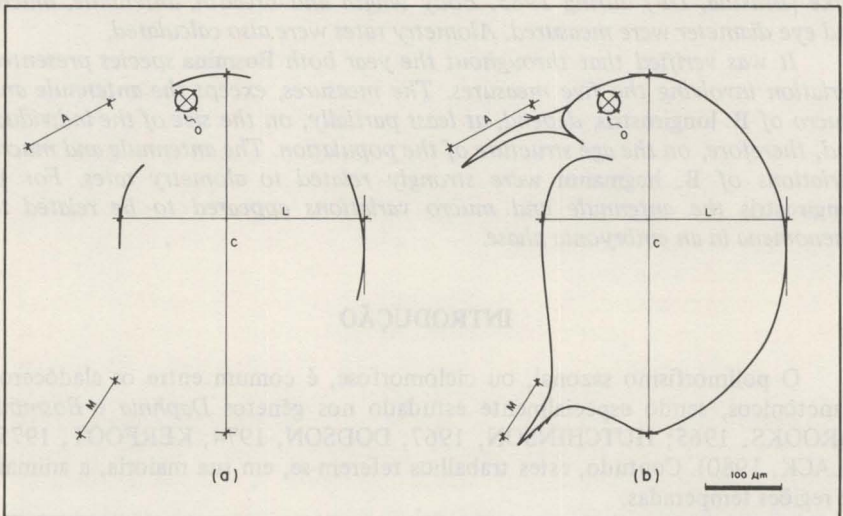


FIG. 1 – Medidas tomadas para *Bosmina*, no esboço(a) e no animal.

Com cerca de 290 μm , *B. hagdmani* sofre uma ecdise, com forte redução dos comprimentos da antênula e do mucro. Assim, para essa espécie, considerou-se separadamente as medidas dos indivíduos menores e maiores que 290 μm . Para *B. longirostris*, as reduções, a cerca de 270 μm de comprimento, não são tão intensas, logo, não se fez distinção de tamanho (ELMOOR-LOUREIRO, 1984).

Para o cálculo das taxas de alometria seguiu-se a fórmula utilizada por BROOKS (1965):

$$K = \frac{(\log y_2 - \log y_1)}{(\log x_2 - \log x_1)}$$

onde K é a taxa de alometria, y_i é a parte do corpo estudada e x_i é a dimensão considerada padrão (no caso, o comprimento total). Neste trabalho foram calculados três valores de K:

Kaj = taxa de alometria entre os estágios jovens e os últimos estágios adultos;

Kmj = taxa de alometria entre os estágios jovens e os primeiros estágios adultos;

Kam = taxa de alometria entre os primeiros e os últimos estágios adultos.

Para *B. hagdmani*, considerou-se como jovem o indivíduo com menos de 290 μm de comprimento; como nos primeiros estágios adultos, os indivíduos entre 290 e 400 μm ; nos últimos estágios adultos, os indivíduos com mais de 400 μm . Para *B. longirostris*, estes limites foram 270 e 350 μm .

Foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson entre as medidas dos animais, no intuito de se apreciar a relação entre elas. Para se avaliar se as variações das medidas eram significativas, foram realizadas análises de variância.

RESULTADOS

B. hagdmani esteve presente no local de coleta durante todo o ano, enquanto que *B. longirostris* foi encontrada em apenas parte do ano.

O comprimento total, a largura e o diâmetro do olho de *B. longirostris* apresentaram variações semelhantes durante o ano, apresentando dois períodos de máxima, sendo estas diferenças consideradas significativas (Figs. 2, 3 e 4).

Os comprimentos da antênula e do mucro, por sua vez, apresentaram variações semelhantes entre si e distintas das demais. Antênula e mucro apresentaram seus maiores valores em setembro, sendo estas variações significativas (Figs. 5 e 6).

As taxas de alometria de *B. longirostris* sofreram variações durante o ano (Fig. 7). Para a largura, as taxas variaram em torno de 1, o que demonstra um crescimento da largura semelhante ao do comprimento. Já para a antênula, mucro e olho, as taxas foram inferiores a 1, revelando um crescimento menos intenso destas partes em relação ao comprimento (alometria minorante).

Para *B. longirostris* encontrou-se apenas correlação significativa e forte entre largura e comprimento, olho e comprimento e olho e largura (Tab. I). Os cálculos das correlações entre as médias mensais das medidas apresentaram resultados semelhantes aos da Tabela 1, exceto pela elevação da correlação entre antênula e mucro ($r = 0,947$ e $P < 0,01$).

As medidas dos jovens de *B. hagdmani* variaram pouco e irregularmente durante o ano, sendo as diferenças, entretanto, consideradas significativas (Figs. 8 a 12).

No que se refere às medidas dos adultos de *B. hagdmani*, as variações foram mais nítidas, sendo consideradas estatisticamente significativas. Comprimento, largura e antênula variaram de modo semelhante durante o ano, com um período de máxima entre julho e setembro, com outro aumento em dezembro

(Figs. 8, 9 e 11). O mucro manteve-se relativamente constante durante o ano, à exceção de uma redução em outubro e um aumento em dezembro (Fig. 12). O olho mostrou-se maior em agosto (Fig. 10).

As taxas de alometria de *B. hagmanni* também apresentaram variação durante o ano (Fig. 13). Para a largura, as taxas estiveram sempre ao redor de 1, indicando um crescimento da largura semelhante ao do comprimento. Antêntula, mucro e olho apresentaram taxas inferiores a 1, revelando alometria minorante. Note-se que K_{mj} da antêntula e do mucro foram sempre inferiores a zero, demonstrando a redução destas projeções após a ecdise aos 290 μm .

Existe uma forte correlação positiva entre o comprimento e a largura dos adultos de *B. hagmanni* (Tab. II). As demais correlações foram fracas ou regulares. Para os jovens, as correlações foram fracas ou regulares (Tab. III). As correlações calculadas com base nas médias mensais foram, de modo geral, semelhantes às das tabelas 2 e 3; destaca-se, contudo, a elevação da correlação entre a antêntula e o mucro dos jovens ($r = 0,833$ e $P < 0,001$).

Tabela I: Coeficiente de correlação de Pearson entre as medidas individuais de *B. longirostris*. Em todos os casos, tamanho de amostra entre 511 e 523.

	Comprim.	Largura	Antêntula	Mucro	Olho
Comprimento	1,000	0,964	-0,013*	-0,276	0,743
Largura		1,000	-0,041*	-0,296	0,735
Antêntula			1,000	0,543	-0,011*
Mucro				1,000	-0,230
Olho					1,000

*Coeficiente com $P > 0,01$; para os demais $P < 0,01$.

Tabela II: Coeficiente de correlação de Pearson entre as medidas individuais dos adultos de *B. hagmanni*. Em todos os casos, tamanho da amostra entre 1135 e 1155 e $P < 0,01$.

	Comprim.	Largura	Antêntula	Mucro	Olho
Comprimento	1,000	0,924	0,617	0,587	0,604
Largura		1,000	0,580	0,580	0,629
Antêntula			1,000	0,428	0,430
Mucro				1,000	0,383
Olho					1,000

Tabela III: Coeficiente de correlação de Pearson entre as medidas individuais dos jovens de *B. hagemanni*. Em todos os casos, tamanho da amostra entre 512 e 529.

	Comprim.	Largura	Antênula	Mucro	Olho
Comprimento	1,000	0,651	0,097*	0,096*	0,203
Largura		1,000	-0,003	0,036*	0,339
Antênula			1,000	0,599	-0,077*
Mucro				1,000	0,005*
Olho					1,000

*Coeficiente com $P > 0,05$; para os demais $P < 0,01$.

DISCUSSÃO

Embora se tenha verificado certa tendência das duas espécies em apresentarem tamanhos de corpo e projeções maiores no mesmo período no L. Paranoá, não se pode falar de uma igualdade na ciclomorfose delas.

Para as duas espécies, a variação temporal da largura pode ser explicada, principalmente, em função da variação do comprimento. Esta relação evidencia-se, claramente, nas fortes correlações encontradas entre o comprimento e a largura (Tabelas I, II e III)

Considerando as variações das taxas de alometria de ambas as espécies, pouca relação tem com as variações das médias da largura na população, sendo que estas acompanham as variações do comprimento (Figs. 2, 3, 7, 8, 9 e 13). Em face disto, comprimento e largura serão tratados juntos e chamados de tamanho do corpo.

Nos cladóceros, é natural que os indivíduos maiores tendam a apresentar olhos maiores. Isto foi evidenciado para as espécies aqui tratadas através dos coeficientes de correlação entre olho e comprimento (Tabelas I e II). Nota-se, contudo, que o coeficiente foi menor para *B. hagemanni*. Fatores externos, como a predação, podem afetar esta correlação (ZARET & KERFOOT, 1975).

Para as duas espécies no L. Paranoá, verificou-se que, além da influência do tamanho do corpo, as taxas de alometria influíram na variação do diâmetro do olho. Tomando *B. longirostris* como exemplo, verifica-se que o maior diâmetro de olho, registrado em agosto, coincide com período de maiores taxas de alometria e de tamanho do corpo (Figs. 2, 4 e 7).

As diferenças mais marcantes entre as ciclomorfozes de *B. longirostris* e *B. hagemanni* no L. Paranoá referem-se às variações das projeções. A principal diferença foi encontrada quanto aos mecanismos de variação apresentado pelas duas espécies.

Em *B. longirostris*, o comprimento da antênula e do mucro são, praticamente, independentes do tamanho do corpo do indivíduo (Tabela 1). Assim, para esta espécie, um aumento no tamanho das projeções não está relacionado

com a estrutura etária da população. O mesmo foi verificado por BLACK (1980).

Os aumentos dos comprimentos da antênula e do mucro de *B. longirostris* não são acompanhados por uma elevação das taxas de alometria (Figs. 5, 6 e 7). Logo, não é um incremento no crescimento destas projeções que responde por seus maiores valores médios em setembro. Neste período verificou-se, também, a elevação dos valores mínimos de comprimento da antênula e do mucro. Parece, então, que o aumento verificado na antênula e no mucro deve-se, principalmente, ao nascimento de indivíduos com estas projeções mais desenvolvidas. Pode-se dizer, também, que as variações verificadas no comprimento destas estruturas refletem acontecimentos ocorridos durante a fase embrionária.

Para *B. hagmanni*, não se pode relacionar, simplesmente, os tamanhos das projeções de jovens e adultos uma vez que as mesmas sofrem uma forte redução após a ecdise a 290 μm .

Existe uma correlação relativamente forte entre o tamanho da antênula e o tamanho do corpo dos adultos de *B. hagmanni* (Tabela 2), havendo, também, certa coincidência entre as variações destas duas medidas (Figs. 8 e 11). Para o mucro, embora presente, a influência do tamanho do corpo é mais discreta (Tabela 2).

Durante todo o ano, a taxa de alometria da antênula e do mucro entre as diferentes fases adultas de *B. hagmanni* (Kam) não variou muito nem de forma regular (Fig. 13b). Deste modo, esta taxa não pode responder pelo aumento destas projeções nos adultos. Por outro lado, Kmj sofreu variação semelhante a das projeções: quando a antênula foi maior, maior (mais próximo de zero) foi Kmj; o mesmo foi verificado para o mucro (Figs. 11, 12 e 13). A proximidade de Kmj de zero significa uma redução menos acentuada após a ecdise a 290 μm .

Entende-se, então, que três fatores estejam envolvidos com o aumento das projeções dos adultos de *B. hagmanni*: o nascimento de jovens com projeções maiores, o tamanho do indivíduo e, principalmente, uma redução menos drástica do tamanho da antênula e do mucro entre as fases jovem e adulta.

Segundo LIEDER (1982), a ciclomorfose está relacionada à variação sazonal das taxas de alometria. Conforme já foi apresentado, a variação das taxas de alometria foi responsável apenas por parte da variação morfológica apresentada por *Bosmina* no L. Paranoá.

B. longirostris e *B. hagmanni* apresentam diferenças, também, quanto à sincronia entre as variações do mucro e da antênula. Para *B. hagmanni*, antênula e mucro mostram variações distintas, apresentando-se maiores em períodos diferentes (Figs. 11 e 12). Por sua vez, *B. longirostris* apresentou semelhantes padrões de variação para antênula e mucro (Figs. 5 e 6).

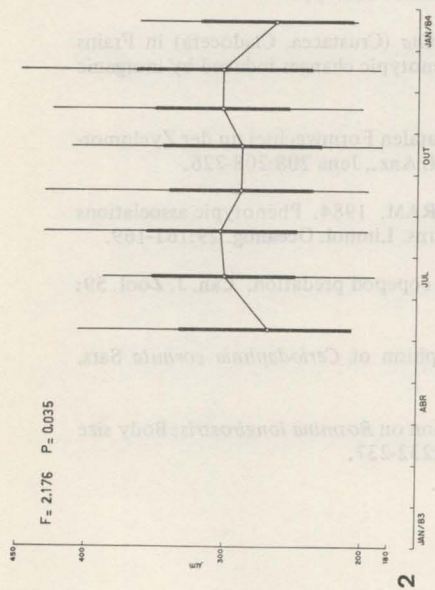
A correlação entre antênula e mucro dos indivíduos de *B. longirostris*, contudo, não reflete a coincidência da variação das médias destas estruturas (Tabela 1). Entretanto, a correlação feita com base nas médias mensais eleva-se consideravelmente. Isto sugere que as variações dos comprimentos da antênula e do mucro são respostas a forças seletivas semelhantes, mas que ambas as respostas não são, necessariamente, encontradas no mesmo indivíduo.

Parece comum que, entre os Bosminídeos, espécies diferentes apresentem padrões ciclomórficos distintos, provavelmente em função das diferentes posições que ocupam no contexto ecológico (HUTCHINSON, 1967; BLACK II &

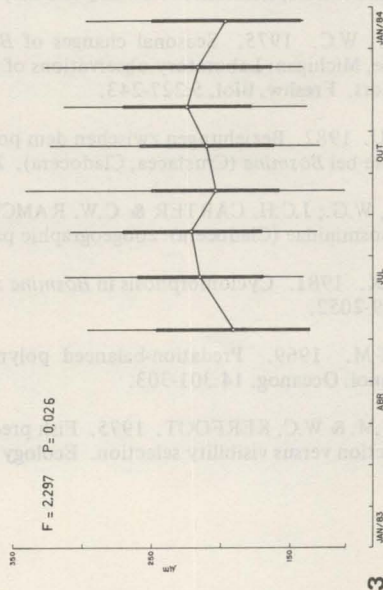
HAIRSTON JR., 1983; SPRULES et al., 1984). Desta forma, não é de se estranhar que *B. longirostris* e *B. hagmanni* apresentem diferenças quanto às suas variações morfológicas no Lago Paranoá.

REFERÊNCIAS

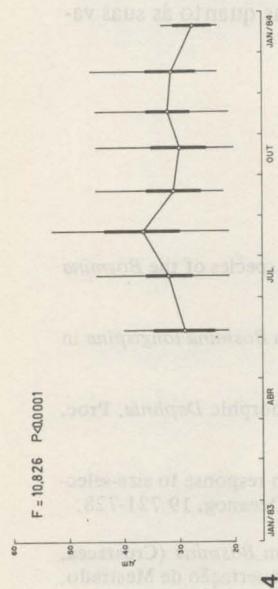
- BLACK, R.W. 1980. The nature and causes of cyclomorphosis in a species of the *Bosmina longirostris* complex. *Ecology* 61:1122-1132.
- BLACK II, R.W. & N.G. HAIRSTON JR. 1984. Cyclomorphosis in *Bosmina longispina* in a small North American pond. *Hydrobiologia* 102:61-67.
- BROOKS, J.L. 1965. Predation and relative helmet size in cyclomorphic *Daphnia*. *Proc. Nat. Acad. Sci., USA* 53:119-126.
- DODSON, S.I. 1974. Adaptative change in plankton morphology in response to size-selective predation: A new hypothesis of cyclomorphosis. *Limnol. Oceanog.* 19:721-728.
- ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. 1984. Aspectos ecomorfológicos em *Bosmina* (Crustacea, Cladocera) no Lago Paranoá, Brasília, DF. Brasília. 105 pp. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília.
- HUTCHINSON, G.E. 1967. *A Treatise on Limnology. Vol. II. Introduction to Lake Biology and Limnoplankton.* John Wiley & Sons, N. York, 1115 pp.
- KERFOOT, W.C. 1975. Seasonal changes of *Bosmina* (Crustacea, Cladocera) in Frains Lake, Michigan: Laboratory observations of phenotypic changes induced by inorganic factors. *Freshw. Biol.* 5:227-243.
- LIEDER, U. 1982. Beziehungen zwischen dem postnatalen Formwechsel un der Zyclomorphose bei *Bosmina* (Crustacea, Cladocera). *Zool. Anz., Jena* 208:208-226.
- SPRULES, W.G.; J.C.H. CARTER & C.W. RAMCHARAM. 1984. Phenotypic associations in Bosminidae (Cladocera): zoogeographic patterns. *Limnol. Oceanog.* 29:161-169.
- WONG, C.K. 1981. Cyclomorphosis in *Bosmina* and copepod predation. *Can. J. Zool.* 59: 2049-2052.
- ZARET, T.M. 1969. Predation-balanced polymorphism of *Ceriodaphnia cornuta* Sars. *Limnol. Oceanog.* 14:301-303.
- ZARET, T.M. & W.C. KERFOOT. 1975. Fish predation on *Bosmina longirostris*: Body size selection versus visibility selection. *Ecology* 56:232-237.



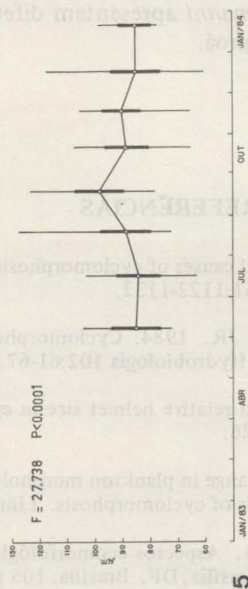
2



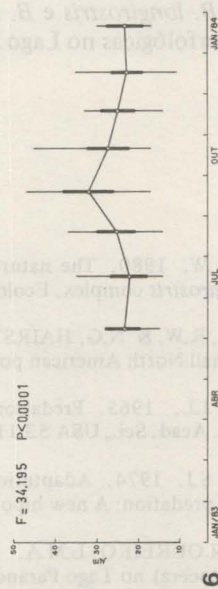
3



4



5



6

FIG. 2 – Variação do comprimento total de *B. longirostris*. (Os pontos, as barras grossas e finas representam, respectivamente, média, desvio padrão e amplitude de variação. No canto superior esquerdo, dados referentes à análise de variância).

FIG. 3 – Variação da largura de *B. longirostris*.

FIG. 4 – Variação do diâmetro do olho de *B. longirostris*.

FIG. 5 – Variação do comprimento da antênula de *B. longirostris*.

FIG. 6 – Variação do comprimento do mucro de *B. longirostris*.

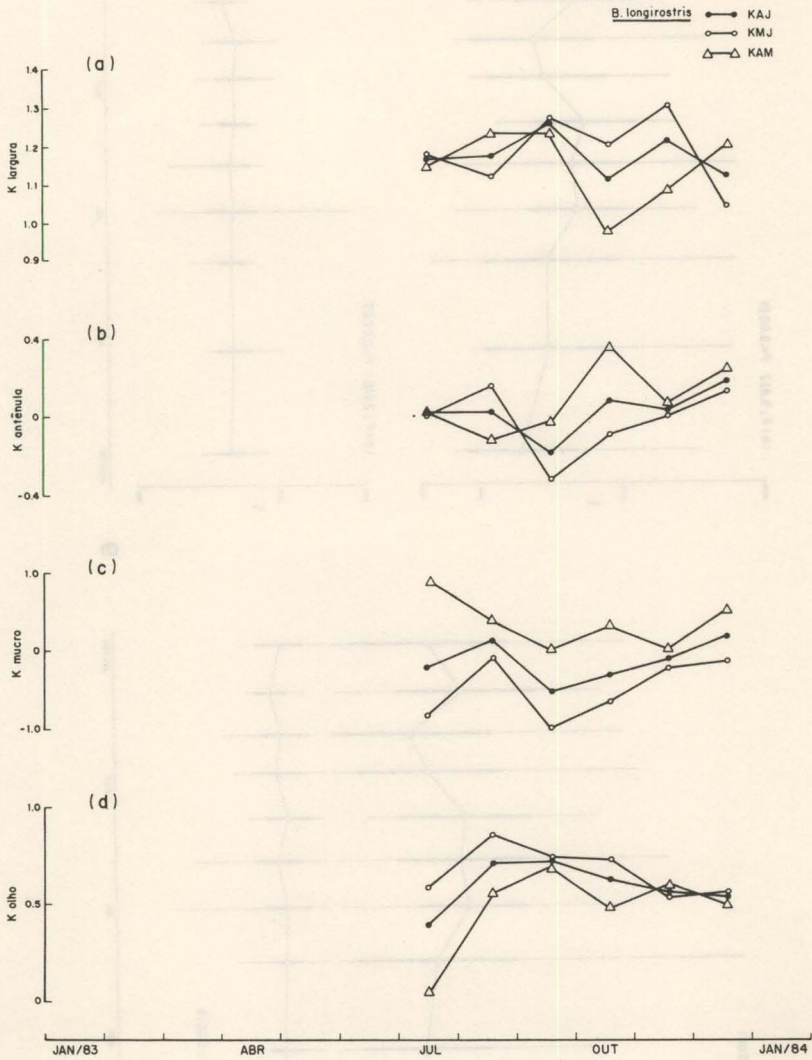


FIG. 7 - Variação das taxas de alometria de *B. longirostris*.

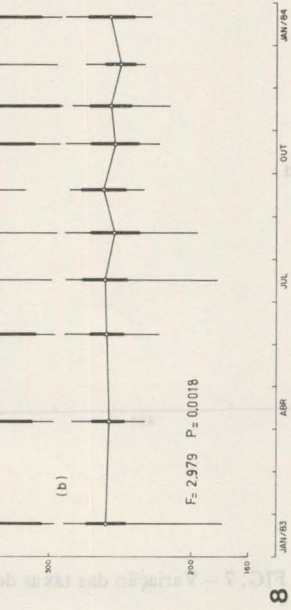
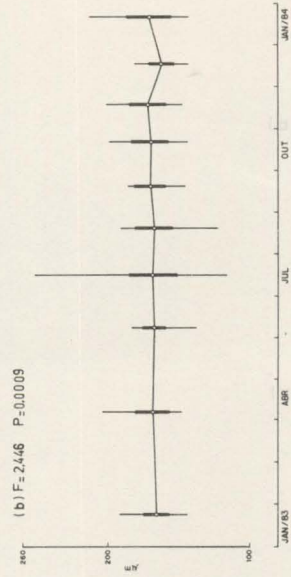
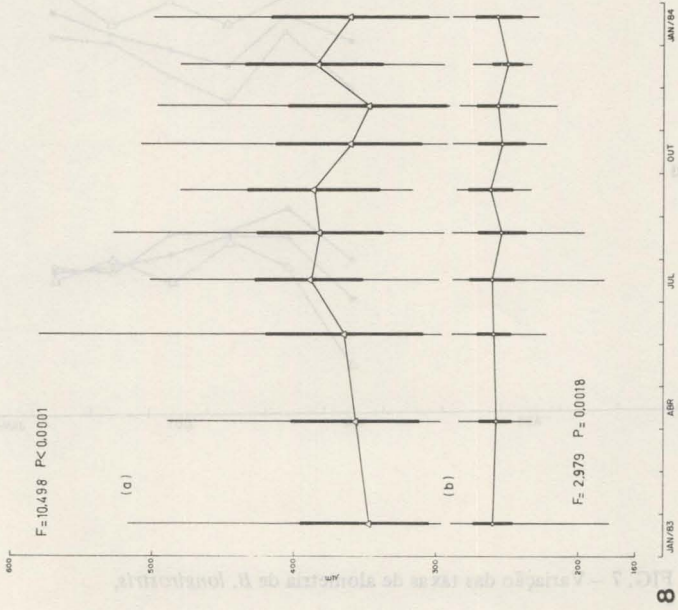
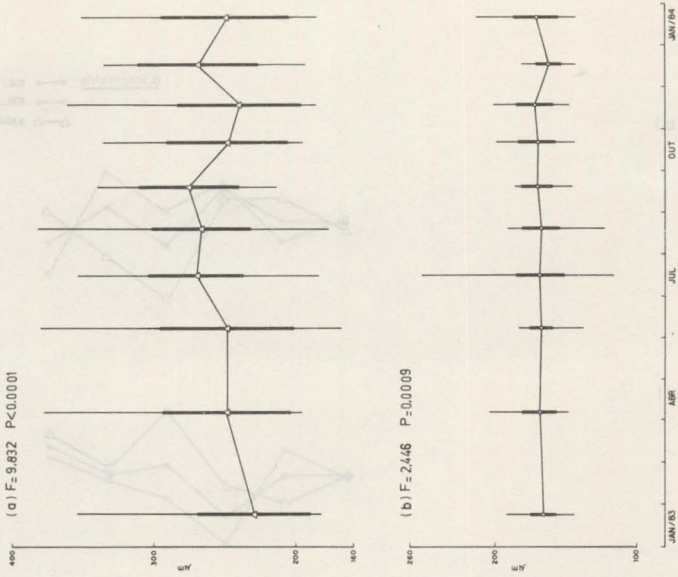
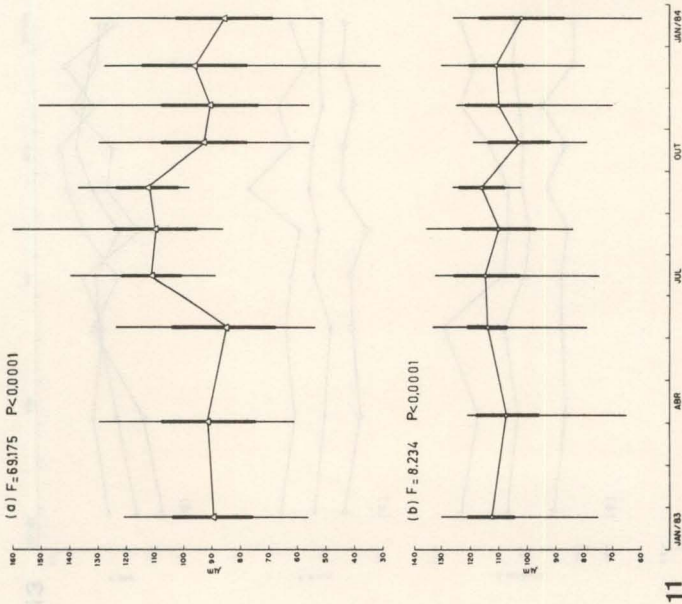
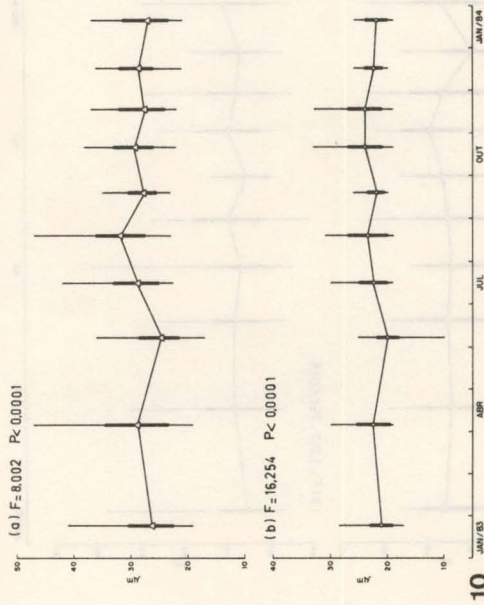


FIG. 8 – Variação do comprimento total de *B. hagmanni*, adultos (a) e jovens (b).

FIG. 9 – Variação da largura de *B. hagmanni*, adultos (a) e jovens (b).



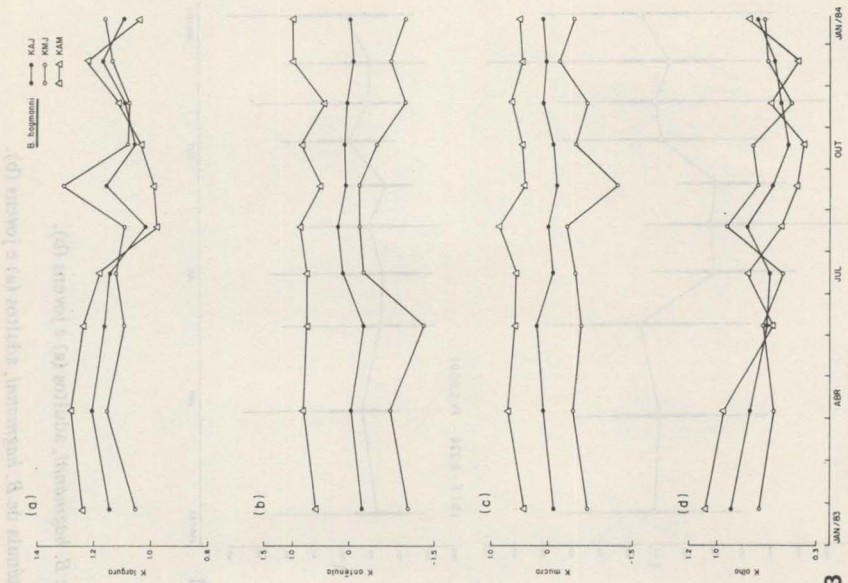
11



10

FIG. 10 — Variação do diâmetro do olho de *B. hagmanni*, adultos (a) e jovens (b).

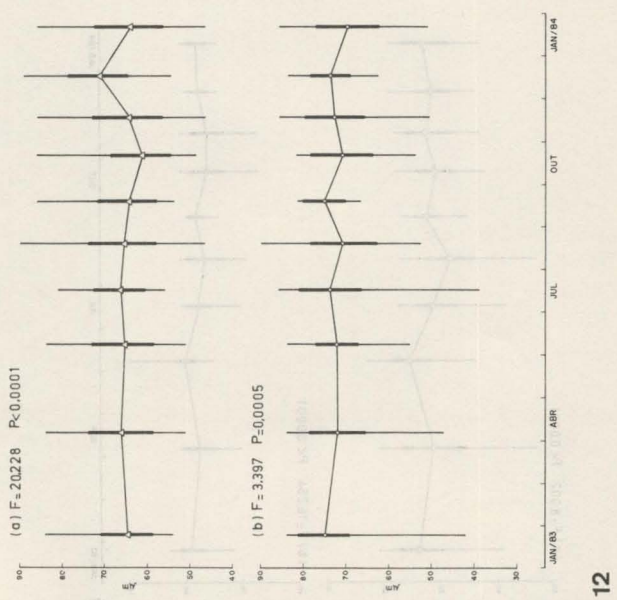
FIG. 11 — Variação do comprimento da antênula de *B. hagmanni*, adultos (a) e jovens (b).



13

FIG. 12 - Variação do comprimento do mico de *B. hagdmani*, adultos (a) e jovens (b).

FIG. 13 - Variação das taxas de alometria de *B. hagdmani*.



12