



Crescimento hipo-alométrico na espessura da concha em um molusco bivalve

Lucas Marino Vivot

RESUMO: A interação predador-presa gera uma pressão de seleção que resulta em alterações morfológicas e fisiológicas nos organismos envolvidos nesta interação. Em moluscos, a resposta à predação pode ser o aumento de espessura relativa da concha, através do incremento da secreção de carbonato de cálcio para as valvas. Neste estudo, investiguei como ocorre o crescimento da espessura da concha em relação ao tamanho corporal de *Brachidontes* sp. (Mollusca: Bivalvia). Testei a hipótese de que indivíduos de *Brachidontes* apresentam crescimento hipo-alométrico da espessura da concha em relação ao tamanho. Coletei no costão rochoso indivíduos de *Brachidontes*. Os valores de comprimento de *Brachidontes* variaram de 3,48 a 17,34 mm e a espessura da concha variou de 0,15 a 0,60 mm. A relação entre espessura da concha e comprimento dos indivíduos de *Brachidontes* segue uma relação hipo-alométrica. Esse resultado sugere que indivíduos menores e mais sujeitos à predação investem proporcionalmente mais em proteção.

PALAVRAS-CHAVE: alometria estática, *Brachidontes*, crescimento alométrico, estágios de desenvolvimento, interação predador-presa, ontogenia.

INTRODUÇÃO

A interação predador-presa gera uma pressão de seleção para ambos os organismos envolvidos na interação. Essa interação pode diminuir as abundâncias das populações, bem como resultar em alterações nas características comportamentais, morfológicas, fisiológicas e de história de vida dos indivíduos (Chivers et al., 2008). Muitos organismos que habitam costões rochosos são sésseis ou de movimentação lenta e, por isso, estão sujeitos a uma forte pressão de predação (Duarte & Guerazzi, 2004). Esses organismos, por estarem expostos a predadores e a condições estressantes do meio, como dessecação e força das marés, podem apresentar estratégias de defesa em diferentes estágios do desenvolvimento, de modo a aumentar sua sobrevivência.

Em indivíduos de uma mesma população em diferentes estágios de vida, a pressão de predação pode ser diferenciada, de modo que estágios com maiores taxas de predação poderão apresentar alterações nos traços morfológicos, que amenizam a pressão causada pelo predador nas populações (Begon et al., 2006). Em moluscos, que apresentam movimentação lenta, as principais estratégias de sobrevivência são a formação de agregados, que dilui o efeito da predação na população, e o incremento da secreção de carbonato de cálcio para as conchas, que é a defesa primária destes organismos contra predadores (Ruppert & Barnes, 1996;

Holt, 2009). O incremento de carbonato aumenta a resistência da concha, dificultando o acesso dos predadores raspadores e até evitando a predação. Uma estratégia possível de ser utilizada por moluscos seria alterar as taxas de crescimento da espessura da concha ao longo da ontogenia (Begon et al., 2006), gerando uma alocação diferencial em proteção ao longo do desenvolvimento através de uma curva de crescimento alométrico.

Uma relação de crescimento alométrico é descrita por uma lei de potência (Huxley, 1932 apud Niklas, 1994) com duas variáveis, onde “y” descreve o traço correlacionado e “x” o tamanho corpóreo, além de dois parâmetros independentes, “b” que descreve o expoente de alometria e “a” que é o fator multiplicativo: $y = ax^b$. Relações entre tamanho corpóreo e traços de um indivíduo nos quais “b” assume valor igual a 1 são ditas isométricas. Isso evidencia que as proporções de crescimento das dimensões do corpo e dos traços correlacionados desses indivíduos são semelhantes. Ao contrário da isometria, as relações alométricas descrevem relações onde as proporções das dimensões não são mantidas e “b” assume um valor diferente de 1 (Niklas, 1994). Esse crescimento alométrico de estruturas de defesa nos indivíduos pode funcionar como uma estratégia que garante maior proteção ao longo do desenvolvimento, por exemplo, garantindo estruturas proporcionalmente maiores em

indivíduos menores.

Sendo assim, dado que indivíduos menores de moluscos do gênero *Brachidontes* são mais predados que indivíduos maiores dessa espécie (Ruppert & Barnes, 1996), que o crescimento desses indivíduos segue uma relação isométrica nas proporções das dimensões corpóreas (Oricchio, 2013) e que, devido à baixa movimentação desses animais e forte pressão de predação, uma das estratégias para aumentar a sobrevivência é o aumento na espessura da concha, este trabalho teve como objetivo investigar como ocorre o crescimento da espessura da concha em relação ao tamanho corporal em *Brachidontes* sp. (Mollusca: Bivalvia). Para isso, levantei a seguinte hipótese: indivíduos de *Brachidontes* sp. apresentam crescimento hipo-alométrico da espessura da concha em relação ao seu tamanho, investindo proporcionalmente mais na espessura da concha quanto menor for o indivíduo. Minha previsão é que indivíduos de menor tamanho possuam proporcionalmente maior espessura de concha em relação ao seu comprimento.

MATERIAL & MÉTODOS

ÁREA E MODELO DE ESTUDO

Realizei este estudo na Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una (24°30'S; 47°10'O), localizada no município de Peruíbe, litoral sul do estado de São Paulo. A coleta de dados ocorreu em um ambiente de costão rochoso, no médio-litoral, localizado na praia Barra do Una. Como modelo de estudo, utilizei o mexilhão *Brachidontes* sp., que forma densas populações ao longo do costão rochoso (Ruppert & Barnes, 1996) e que pode alcançar de 12 a 17 mm de comprimento (Duarte & Guerrazzi, 2004). Assim como as demais espécies de moluscos, essa espécie apresenta corpo não segmentado, dividido em pé, manto e massa visceral, e excretam carbonato de cálcio para formação da concha (Ruppert & Barnes, 1996). Além disso, já foi relatado que o crescimento de indivíduos de *Brachidontes* sp. segue uma relação isométrica nas proporções das dimensões corpóreas em todos os estágios do desenvolvimento, de modo que eventuais diferenças alométricas detectadas na espessura da concha não são reflexo da diferença de tamanho entre outros caracteres (Oricchio, 2013).

COLETA DE DADOS

Realizei um transecto ao longo de 65 m do costão rochoso e sorteei a posição de 10 parcelas de 5 x 5 cm na faixa de ocorrência de *Brachidontes* sp. Raspei o substrato retirando todos os indivíduos

dentro da parcela e, em laboratório, separei todos os indivíduos de cada parcela e os contei, organizando os organismos em quatro categorias de tamanho (<5, 5-10, 10-15 e >15 mm), de acordo com o descrito por Oricchio (2013). Essa categorização foi realizada para que o mesmo número de indivíduos de todos os tamanhos fossem amostrados. Sorteei 240 indivíduos de *Brachidontes* sp., sendo 60 de cada categoria de tamanho. Medi os indivíduos usando um paquímetro digital com precisão de 0,001 mm, tomando as medidas de espessura da concha no meio de uma das valvas, e do comprimento dos indivíduos coletados (Figura 1).



Figura 1. Valva aberta de *Brachidontes* sp. A seta indica o local da valva onde as medidas de espessura foram tomadas.

ANÁLISE DE DADOS

Para testar minha hipótese que indivíduos de *Brachidontes* sp. apresentam crescimento hipo-alométrico na espessura da concha em relação ao tamanho do indivíduo, utilizei uma regressão linear da relação entre a espessura da concha e o comprimento dos indivíduos de diferentes tamanhos. Ajustei o modelo linear na escala log para verificar se existe uma relação alométrica entre comprimento e espessura, no qual o parâmetro de crescimento “b” é o expoente da função. Na escala logarítmica (Anexo 1), a função se torna linear e o coeficiente angular é a razão de crescimento entre o comprimento e a espessura. Realizei uma regressão linear entre o logaritmo do comprimento dos indivíduos e o logaritmo da espessura da concha. Caso a relação entre comprimento e espessura da concha fosse hipo-alométrico, em uma escala logarítmica, o coeficiente angular “b” teria valor entre 0 e 1.

Fiz um teste de significância considerando um cenário nulo em que o crescimento na espessura da concha e do comprimento dos indivíduos são independentes. Simulei esse cenário nulo por meio de aleatorizações dos valores de comprimento dos indivíduos. Em seguida, recalculei a inclinação da regressão para cada uma das permutações e comparei o valor observado de inclinação com a distribuição de valores de inclinação obtidos sob a hipótese nula (10.000 permutações, $\alpha = 0,05$).

Todas as análises estatísticas foram realizadas no ambiente de programação R 3.1.3 (R Core Team, 2015).

RESULTADOS

Os valores de comprimento dos indivíduos de *Brachidontes* sp. variaram de 3,48 a 17,34 mm (média \pm DP = $11,70 \pm 3,77$ mm; $n = 240$), enquanto que a espessura da concha variou de 0,15 a 0,60 mm ($0,34 \pm 0,089$ mm; $n = 240$). A relação entre incremento da espessura da concha e crescimento do tamanho dos indivíduos de *Brachidontes* sp. segue uma relação hipo-alométrica, pois o coeficiente angular da regressão é de 0,541 ($R^2 = 0,544$; $p < 0,0001$; $IC_{95\%} = 0,477 - 0,605$; Figura A1, Anexo 1). Desse modo, indivíduos menores de *Brachidontes* sp. investem mais em espessura de concha proporcionalmente ao seu comprimento de acordo com a relação $y = 0,16x^{0,54}$ (Figura 2).

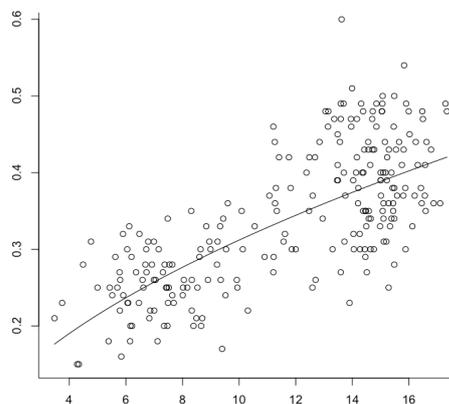


Figura 2. Relação entre a espessura da concha e o comprimento de indivíduos de diferentes tamanhos de *Brachidontes* sp. A reta é descrita pela função $y = 0,16x^{0,54}$.

DISCUSSÃO

Neste estudo, testei a hipótese de que indivíduos de *Brachidontes* sp. apresentam crescimento hipo-alométrico da espessura da concha em relação ao comprimento. Minha hipótese foi corroborada e, de fato, o crescimento da espessura da concha em relação ao comprimento dos indivíduos de *Brachidontes* sp. segue uma relação hipo-alométrica em uma lei de potência com expoente igual a 0,541. Como indivíduos menores de *Brachidontes* sp. são proporcionalmente mais espessos e indivíduos de diferentes tamanhos possuem as mesmas proporções de crescimento das dimensões do corpo (Oricchio, 2013), esse aumento hipo-alométrico da espessura da concha mostra que ocorre um investimento maior em defesa em indivíduos de menor tamanho dessa população. Em indivíduos

menores, que são mais vulneráveis à predação, esse investimento hipo-alométrico na deposição de carbonato de cálcio representa um aumento na sobrevivência.

As relações alométricas encontradas em indivíduos de *Brachidontes* sp. entre tamanho e espessura sugerem que o aumento na espessura da concha resulta em uma maior aptidão contra predação ao longo do desenvolvimento dos indivíduos (Alcock, 2001), de forma que esses traços podem ter sido fixados por seleção natural decorrente da predação sofrida por essa população (Niklas, 1994). Neste estudo, não é possível determinar se essas diferenças no incremento de carbonato nas conchas são decorrentes da alometria estática (alometria entre indivíduos no mesmo estágio de desenvolvimento, mas de tamanhos diferentes) ou alometria ontogenética (alometria ao longo do crescimento de um indivíduo). No primeiro caso, os indivíduos no mesmo estágio de desenvolvimento investem diferencialmente em espessura de concha, como resultado da resposta adaptativa à predação (Pélabon et al., 2013). No segundo caso, os indivíduos em diferentes estágios do desenvolvimento investem de forma diferenciada na espessura das conchas, favorecendo sua sobrevivência ao longo da vida (Pélabon et al., 2013). Neste caso, indivíduos em estágios mais avançados do desenvolvimento investiram proporcionalmente menos no incremento da concha em relação aos indivíduos nos primeiros estágios do desenvolvimento. Desse modo, proponho que estudos futuros identifiquem o estágio de desenvolvimento dos indivíduos e analisem a variação individual na espessura da concha na população de *Brachidontes* sp. em cada estágio, buscando entender como ocorre as relações de crescimento, ao longo da ontogenia, integrando os efeitos da alometria ontogenética e alometria estática dessa população. Minha hipótese é que o investimento dos indivíduos é semelhante ao longo do desenvolvimento e diferente em indivíduos no mesmo estágio de vida e com diferentes tamanhos, resultado da relação de alometria estática.

Concluo que o crescimento da espessura da concha em *Brachidontes* sp. segue uma relação hipo-alométrica. Dessa forma, indivíduos investem de forma diferenciada na deposição de carbonato de cálcio nas conchas proporcionalmente ao tamanho. Entender como a seleção atua nos traços relacionados ao crescimento dos indivíduos é fundamental para a compreensão do investimento diferencial entre indivíduos de uma mesma espécie ao longo do desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Diog(r)o pela orientação, ao Glauco Machado, ao Paulo Inácio e a Adriana pelos ensinamentos preciosíssimos durante todo o curso, à Paula e a Carol pela ajuda nas coletas de Brachidontes, risadas, desesperos e conversas ao longo desse trabalho, ao Gallinho, pelos abraços e ajuda em todos os momentos, ao Billy pelas discussões e ensinamentos em todas as etapas de aprendizado desse curso, a Renata “Rena” pelas filmagens e aulas de “passos de dança básicos para a vida”, aos amigos Vitinho da lua crescente, Ayman e Dani “Anjo”, que fizeram meu mês muito melhor, aos companheiros de curso, Danilito de lo puevo caisara de la barita del unita pelo quartito, Pinguin, Paula Puh, la Luizita “Terra Nostra”, Diana, Bruno “Ben 10”, Rafita, Gabriel, Sérgio, pelas risadas, conversas e aprendizados que levarei para a vida toda. Esse mês foi inesquecível!

REFERÊNCIAS

- Alcock, J. 2001. *Animal behavior*. Sinauer Associates, Massachusetts.
- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. *Ecology from individuals to ecosystems*. Blackwell publishing, New York.
- Chivers, D.P.; X. Zhao; G.E. Brown; T.A. Marchant & M.C.O. Ferrari. 2008. Predator-induced changes in morphology of a prey fish: the effects of food level and temporal frequency of predation risk. *Evolutionary Ecology*, 22:561–574.
- Duarte, L.F.L & M.C. Guerrazzi. 2004. Zonação do costão rochoso da praia do rio verde: padrões de distribuição e abundância, pp. 42-50. Em: *Estação ecológica Jureia-Itatins. Ambiente físico, flora e fauna* (O.A.M Marques & W. Duleba, eds.). Holos Editora, Ribeirão Preto.
- Holt, R.D. 2009. Predation and community organization. *The Princeton guide to ecology* (S.A. Levin, ed.). Princeton University Press, New Jersey.
- McCallum, H. 2000. *Population parameters: estimation for ecological models*. Blackwell Publishing, New York.
- Niklas, K.J. 1994. *Plant allometry. the scaling of form and process*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Oricchio, F.T. 2013. Qual o efeito do adensamento populacional sobre a biomassa de um bivalve incrustante? Em: *Livro do curso de campo “Ecologia da Mata Atlântica”* (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.M.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- R Development Core Team. 2015. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ruppert, E.E. & R.D. Barnes. 1996. *Invertebrate zoology*. Saunders College Publishing, Fort Worth.

Anexo 1

Regressão linear entre o logaritmo do comprimento dos indivíduos e o logaritmo da espessura da concha.

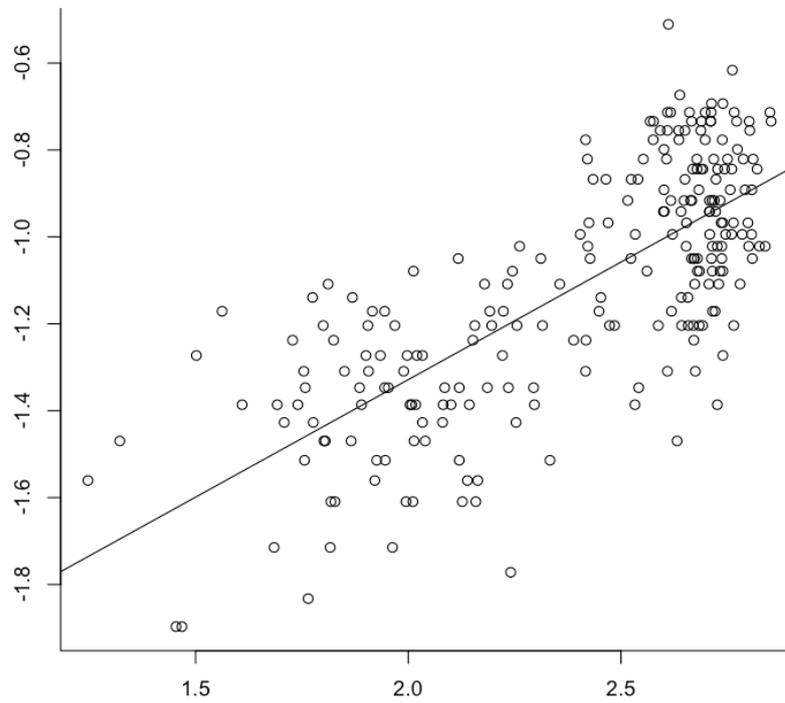


Figura A1. Regressão linear entre o logaritmo do comprimento e o logaritmo da espessura da concha em indivíduos de *Brachidontes* sp. A reta é descrita pela função $\log y = \log (-1,78) + 0,54 \log x$.