

PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO VERTICAL E HORIZONTAL DE *Littoraria angulifera* (LAMARCK, 1822) NOS ESTUÁRIOS DOS RIOS CEARÁ E PACOTI, ESTADO DE CEARÁ

Vertical and horizontal distribution patterns of *Littoraria angulifera* (Lamarck, 1822) on the Ceará and Pacoti Rivers' estuaries, Ceará State

Rafaela C. Maia¹, Flávia B. Lima-Verde², Karine F. Rolemberg²

RESUMO

O presente estudo avalia hipótese de que o tamanho da concha e a abundância de *Littoraria angulifera* (Gastropoda, Littorinidae) estão relacionados com sua posição nas árvores do manguezal (gradiente vertical) e distância do rio (gradiente horizontal) em resposta à dessecação. Os exemplares foram coletados em dois estuários na região metropolitana de Fortaleza, o do rio Pacoti e do rio Ceará. A abundância e o tamanho dos organismos não diferiram entre os dois estuários amostrados, mas a relação altura: largura da concha foi maior no estuário do Ceará. A abundância de caramujos de *L. angulifera* foi significativamente maior abaixo da altura do peito nos dois locais estudados. Já o tamanho da concha apresentou um padrão inverso, onde os maiores valores foram encontrados acima da altura do peito. Não foram encontradas diferenças significativas no formato da concha entre as posições. No gradiente horizontal, também foram encontradas diferenças significativas na abundância e no tamanho de *L. angulifera*, porém a proporcionalidade da concha não variou entre as parcelas amostradas em ambos os estuários. Os dados apresentados neste estudo indicam variações morfológicas da concha *L. angulifera* em resposta às condições ambientais da área de estudo. Esse conhecimento é essencial uma vez que as regiões de manguezais estão cada vez mais sujeitas a perturbações antrópicas e conseqüentes mudanças globais de temperatura.

Palavras-chaves: estuário, *Littoraria angulifera*, manguezal, morfologia da concha.

ABSTRACT

The present study evaluated the hypothesis that shell size and abundance of *Littoraria angulifera* (Gastropoda, Littorinidae) are related with their position on mangrove trees (vertical gradient) and stream distance (horizontal gradient) in response to desiccation. The specimens were collected on two estuaries in Fortaleza metropolitan region, the Pacoti river and Ceará river. The organisms' abundance and size didn't differ between the studied estuaries but the length: width ratio of the shell was highest at Ceará River's estuary. The periwinkle abundance was high below breast height in studies areas. The shell size showed an inverse pattern, the highest value was found above breast height. The shell shape did not differ to the position. Also, on horizontal gradient was found differences in abundance and size of *L. angulifera* but the shell proportionality did not vary between the plots in both estuaries. The study results indicate shell morphological variation of *L. angulifera* in response to the environment conditions with study area. This knowledge is essential, because mangroves are being intensively disturbed and subjected to global changes.

Key words: estuary, *Littoraria angulifera*, mangrove, shell morphology.

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha, Departamento de Biologia Marinha, Caixa Postal 100644, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ 24001-970.

²Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Av. Abolição, 3207, Fortaleza, CE 60165-081.

INTRODUÇÃO

A morfologia de muitos gastrópodes varia consideravelmente em diferentes habitats em resposta a fatores ambientais como temperatura e resistência à dessecação, o que leva a alterações nos limites de tolerância fisiológica ao estresse, conferindo vantagens seletivas a esses animais. Estudos sugerem que a morfologia dos litorinídeos varia plasticamente entre os diferentes ambientes relacionando o formato ou tamanho da concha com diferentes reservas de água, sobrevivência diferencial e diferenças de crescimento em resposta à dessecação, hidrodinamismo e predação (Britton, 1992; Chapman, 1995 e 1997). Portanto, gradientes ambientais devem influenciar a distribuição de tamanhos e formas da concha dos caramujos.

Vermeij (1972) propôs que em um gradiente de distribuição vertical, o tamanho da concha tende a aumentar em direção ao supralitoral para espécies características da franja do supralitoral (gradiente tipo 1) enquanto espécies típicas de níveis inferiores da região entremarés tendem a uma diminuição da concha (gradiente tipo 2), devido a fatores biológicos como a competição intraespecífica, disponibilidade de alimento, predação, densidade e fatores físicos como temperaturas extremas e salinidade. Além desta zonação no gradiente vertical, existem variações da comunidade entremarés no gradiente horizontal principalmente com relação à salinidade, hidrodinamismo e perturbação (Chaves, 2002; Tanaka & Maia, 2006).

Caramujos da família Littorinidae são importantes componentes da fauna de manguezais e costões rochosos, apresentando características de alta plasticidade fenotípica como a morfologia da concha e polimorfismo de cores, que permitem explorar vários ambientes. *Littoraria angulifera* (Lamarck, 1822) habita as zonas de supralitoral do Atlântico e Caribe, vivendo em troncos e raízes de árvores típicas de mangue (Merkt & Ellison, 1998). Elas são detritívoras e micrófagas, alimentando-se principalmente de algas, esponjas e outros microorganismos (Gutierrez, 1988). São ovovivíparas, com estágio larval planctotrófico estimado de oito a dez semanas (Merkt & Ellison, 1998). Sua distribuição no gradiente vertical é dinâmica, com indivíduos jovens próximos à linha de água enquanto os adultos movimentam-se entre os diferentes níveis de distribuição (Gallagher & Reid, 1979; Gutierrez, 1988).

L. angulifera é a espécie de litorinídeo de maior porte encontrado no Brasil e a sua distribuição de tamanhos está associada a: 1) um gradiente vertical que segue o modelo de gradiente tipo 1 proposto por

Vermeij (1972), onde há uma tendência de aumento de tamanho da concha em direção à copa das árvores e uma tendência inversa de abundância, e 2) uma distribuição de abundância no gradiente horizontal seguindo uma tendência ecológica para gradientes de salinidade, com mudanças na distribuição dos organismos e na composição e abundância específica da comunidade (Chaves, 2002).

Merkt & Ellison (1998) estudaram a variação morfológica no formato das conchas de *L. angulifera*, encontrando uma proporcionalidade da concha (relação altura/largura) maior em manguezais com altura média da copa mais baixa e uma proporcionalidade menor em manguezais com altura média da copa mais alta. Propuseram então, duas hipóteses: 1) manguezais mais baixos são pobres em nutrientes, resultando em uma menor taxa de crescimento dos caramujos do que em manguezais estuarinos mais altos, que são ricos em nutrientes, e 2) manguezais mais baixos têm a copa mais aberta e, portanto recebem maior insolação; assim, conchas mais altas confeririam a maior resistência à dessecação (Kirby *et al.*, 1994; Chapman, 1997).

O presente estudo avaliou a hipótese de que o tamanho (altura e largura) ou formato da concha (proporcionalidade) e a abundância de caramujos de *L. angulifera* estejam relacionados com sua posição nas árvores do manguezal (em um gradiente vertical) e distância do rio (em um gradiente horizontal) como forma de minimizar os riscos de ocorrer dessecação.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

O Rio Ceará possui cerca de 60 km de extensão, nasce na Serra de Maranguape e desemboca no Oceano Atlântico. Este rio possui como afluentes pequenos cursos d'água localizados ao longo de seu percurso, fazendo parte do conjunto de bacias da Região Metropolitana de Fortaleza. Em sua área estuarina, na divisa de Fortaleza e Caucaia, apresenta um manguezal que, segundo Martins (2002), ocupa uma área total de 11,58 km² dos quais 6,75 km² no município de Caucaia e 4,83 km² no município de Fortaleza. A região apresenta precipitação pluviométrica anual de 1.642,4 mm, temperatura média de 26,7°C, com mínimas de 21,9 e máximas de 31,6°C (FUNCEME, 2001). A vegetação marginal da área estuarina é composta de mangues, que constituem associações vegetais formadas principalmente por *Rhizophora mangle* Linnaeus, *Laguncularia racemosa* Gaerth, *Avicennia nitida* Jacques, *Avicennia shaueriana* Stapf & Lechman e *Conocarpus erecta* Linnaeus.

O Rio Pacoti é o maior curso d'água que atravessa a região metropolitana de Fortaleza e abriga uma área de drenagem de 1.359,9 km², com um percurso aproximado de 150 km desde sua nascente na serra de Baturité até a foz (Oliveira *et al.*, 1988). O estuário do rio Pacoti abrange uma extensão de 16,4 km entre um ponto próximo à cidade de Aquiraz e a desembocadura a sudeste de Fortaleza. Neste trecho, o leito do rio apresenta característica granulométrica predominantemente areno-lamosa em função da elevada taxa de sedimentação e da presença de extensos cordões de dunas paralelos ao rio, em parte do seu percurso. Observações preliminares indicam que o estuário apresenta profundidades moderadas, inferiores a 5 metros. No que diz respeito à vegetação, as feições mais características são representadas pelo mangue, de fisionomia típica e pela mata subperenifolia, predominantemente arbustiva, com poucas e espaçadas espécies arbóreas. Na área estudada do estuário do rio Pacoti a espécie de mangue predominante era *Rhizophora mangle*.

Metodologia

Foram realizadas coletas no estuário dos rios Pacoti e Ceará em março e abril de 2007, respectivamente, período chuvoso na região. As áreas estudadas foram divididas em três transectos de 30 x 5 m perpendiculares ao corpo d'água os quais foram divididos em três parcelas, cada uma de 10 m de comprimento. Os espécimes de *L. angulifera* foram coletados manualmente durante as marés baixas, sendo separados de acordo com a altura em que estavam na árvore, acima ou abaixo da altura do peito (1,30 m). Em laboratório, com auxílio de paquímetro com precisão de 0,05 mm foram medidas a altura e largura das conchas. Após esse procedimento, foi calculada a proporcionalidade da concha (relação altura: largura).

Para comparar a abundância de *L. angulifera* coletada nos dois estuários (Ceará e Pacoti) e nas duas posições (acima e abaixo da altura do peito) foi realizado um teste t de Student. Para verificar se existem diferenças no tamanho e formato da concha nos mesmos ambientes utilizamos o teste U de Mann-Whitney. Para avaliar as diferenças entre as parcelas num gradiente horizontal, ao longo das parcelas, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis para o tamanho e formato da concha e uma análise de variância (ANOVA) para a abundância dos caramujos. Quando detectadas diferenças entre as médias, ao nível de significância de $p < 0,05$, o teste de comparações múltiplas de Tukey foi utilizado. Os dados de abundância foram transformados em logaritmo natural (ln) para garantir as premissas dos testes. As análises

foram realizadas utilizando o programa STATISTICA for Windows® versão 6.0.

RESULTADOS

Foram coletados 1.248 indivíduos de *L. angulifera* nos estuários estudados, sendo 631 no Rio Ceará e 617 no Rio Pacoti. A abundância média não diferiu entre os locais de amostragem ($t = -0,390$; $gl = 16$; $p = 0,505$), sendo de $35,0 \pm 20,7$ no estuário do Ceará e $34,3 \pm 29,3$ no Pacoti. A maior concha foi coletada no estuário do Rio Pacoti (30,6 mm de altura e 21,5 mm de largura) e menor, no estuário do Ceará (1,4 mm de altura e 1,0 mm de largura). Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas nos valores médios de altura ($U = 28,000$; $p = 0,269$) e na largura ($U = 31,000$; $p = 0,401$) dos caramujos entre os dois ambientes (Figura 1). A altura média da concha no estuário do Ceará foi de $17,2 \pm 4,02$ e a largura de $11,1 \pm 3,74$. No Rio Pacoti, o valor médio de altura foi de $16,9 \pm 4,02$ e de largura, $11,2 \pm 2,54$. Já a proporcionalidade da concha foi significativamente maior no estuário do rio Ceará ($U = 15,000$; $p = 0,024$) (Figura 1).

A abundância média de *L. angulifera* foi significativamente maior abaixo da altura do peito nos dois locais estudados (Pacoti: $t = -10,606$; $gl = 16$; $p = 0,006$ e Ceará: $t = -4,909$; $gl = 16$; $p = 0,0001$) (Figura 2). O tamanho da concha apresentou um padrão inverso, onde os maiores valores foram encontrados acima da altura do peito nos dois estuários (Figura 3). O teste U de Mann-Whitney indicou para o Pacoti, $U = 24939$; $p = 0,00287$ para altura e $U = 25516$; $p = 0,00798$ para largura. Enquanto no Ceará, $U = 12719$; $p = 0,0003$ para altura e $U = 13319$; $p = 0,001522$ para largura. Já o formato da concha não apresentou diferenças significativas, a proporcionalidade foi similar entre as duas posições nos dois locais estudados (Pacoti: $U = 27829$; $p = 0,179$ e Ceará: $U = 15622$; $p = 0,138$).

No gradiente horizontal, também foram encontradas diferenças na abundância e no tamanho de *L. angulifera*. No estuário do rio Pacoti, a primeira parcela apresentou valores de densidade maiores e significativamente diferentes da terceira parcela ($F_{1,2} = 67,78$; $p < 0,001$). A segunda parcela mostrou valores semelhantes às duas outras, indicando ser um ambiente de transição (Figura 4). No estuário do rio Ceará, a parcela um apresentou uma abundância média de caramujos maior e diferente da parcela dois ($F_{1,2} = 124,12$; $p < 0,001$), enquanto a parcela três teve valores similares às outras duas (Figura 4). Quanto ao tamanho das conchas, as parcelas um e três no Pacoti foram semelhantes na altura ($H = 33,306$; $gl = 2$; $p < 0,001$) e na largura ($H = 7,431$; $gl = 2$;

$p < 0,001$) e estatisticamente diferente da parcela dois, que apresentou os menores valores (Figura 5). No estuário do Ceará, a primeira e segunda parcela foram similares na altura ($H = 112,380$; $gl = 2$; $p < 0,001$) e largura ($H = 140,949$; $gl = 2$; $p < 0,001$) que

foram maiores e diferentes da terceira (Figura 5). O formato da concha não variou entre as parcelas amostradas nem no estuário do Pacoti ($H = 7,431$; $gl = 2$; $p = 0,1082$), nem no estuário do Ceará ($H = 2,661$; $gl = 2$; $p = 0,2643$) (Figura 6).

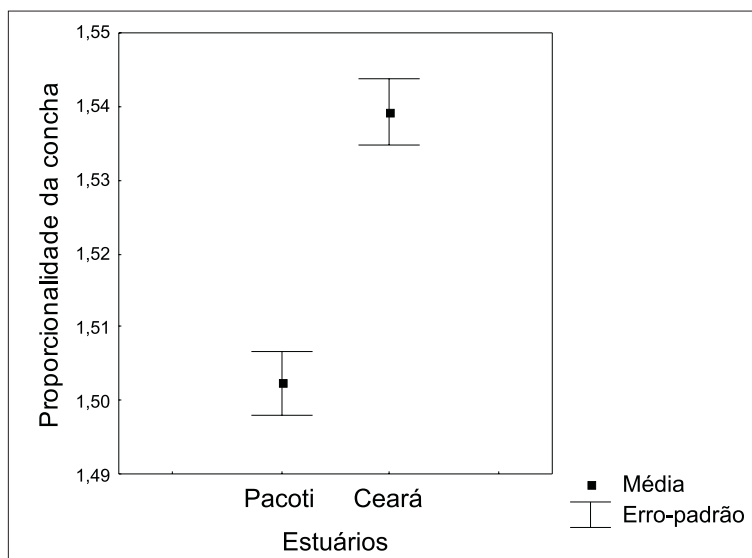


Figura 1 - Proporcionalidade da concha de *L. angulifera* + erro padrão nos estuários dos rios Ceará e Pacoti.

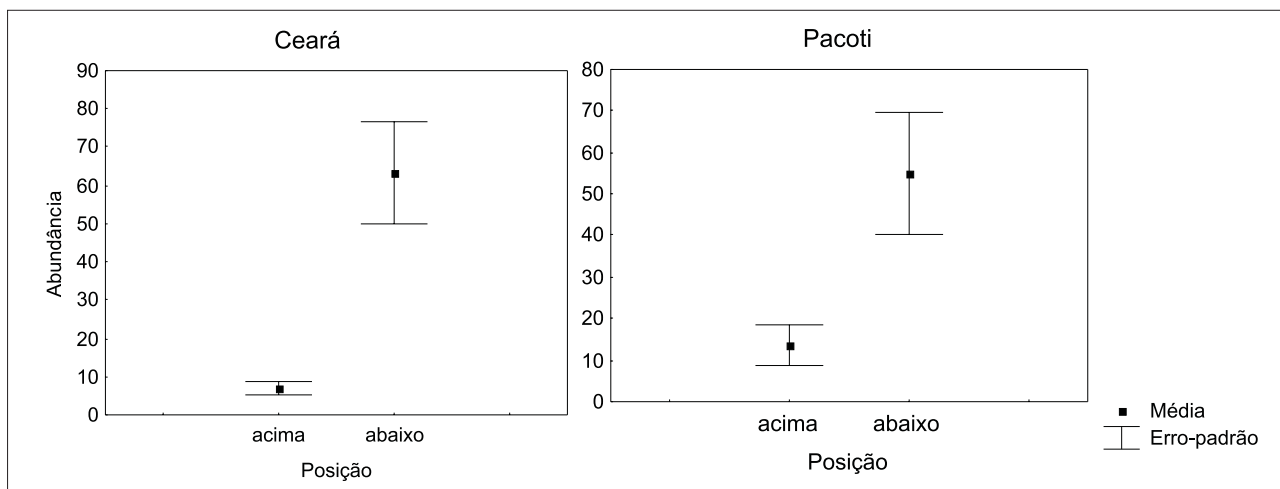


Figura 2 - Abundância média de indivíduos de *L. angulifera* nos estuários dos rios Ceará e Pacoti.

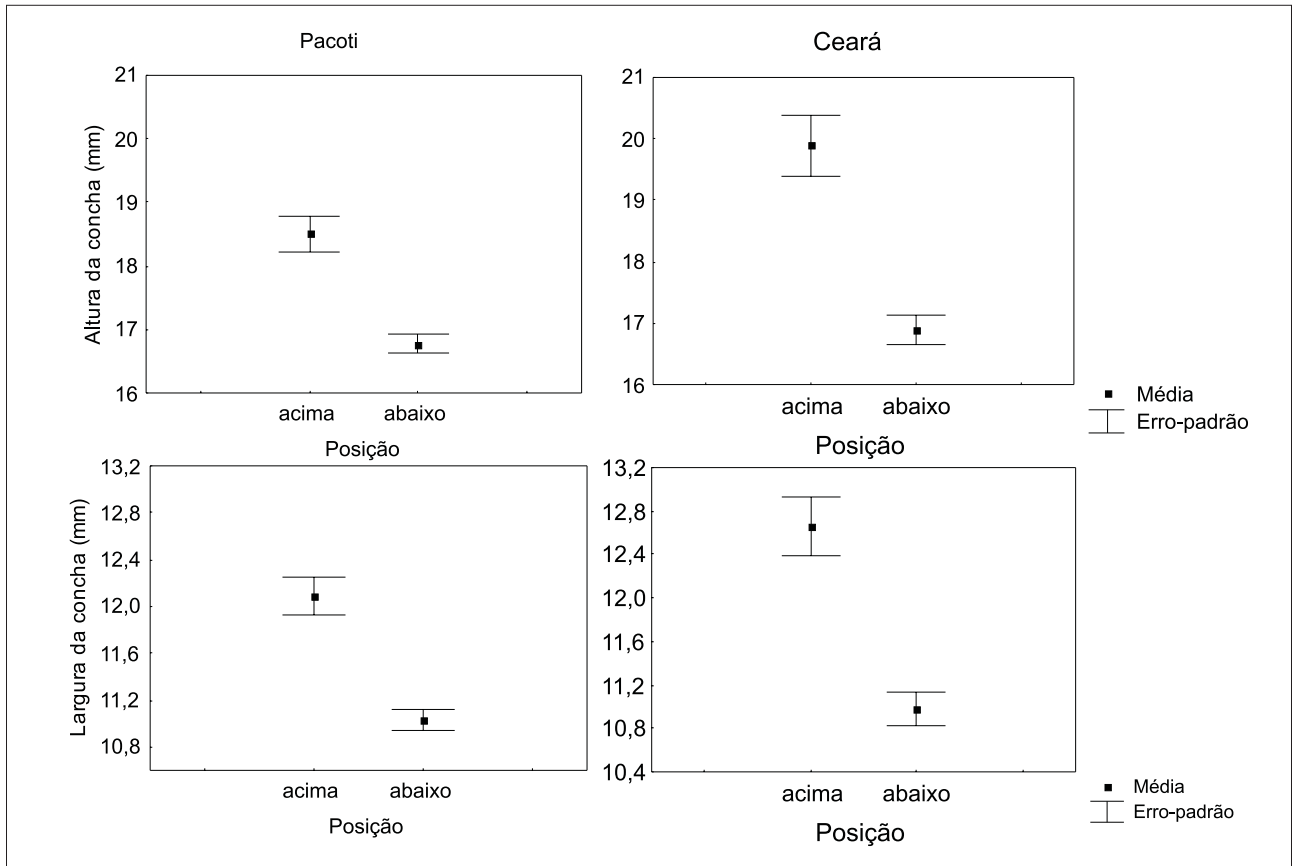


Figura 3 - Altura e largura média da concha de *L. angulifera* + erro padrão nas posições acima e abaixo da altura do peito no estuário dos rios Ceará e Pacoti.

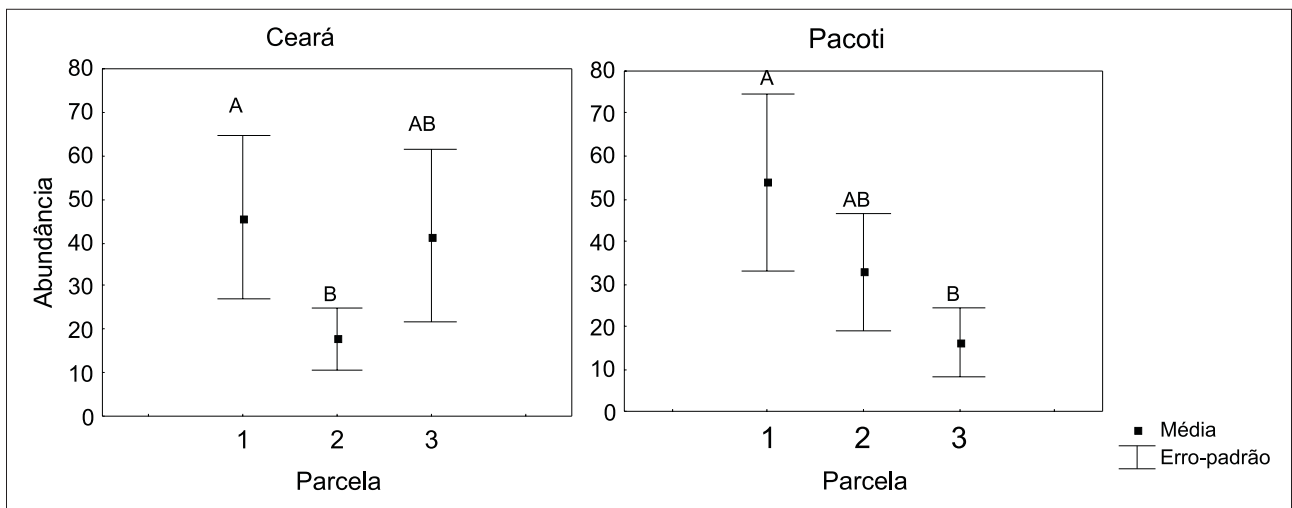


Figura 4 - Abundância média de indivíduos de *L. angulifera* + erro padrão nas três parcelas amostradas no estuário dos rios Ceará e Pacoti. As letras indicam diferenças significativas de acordo com o teste de comparações múltiplas de Tukey.

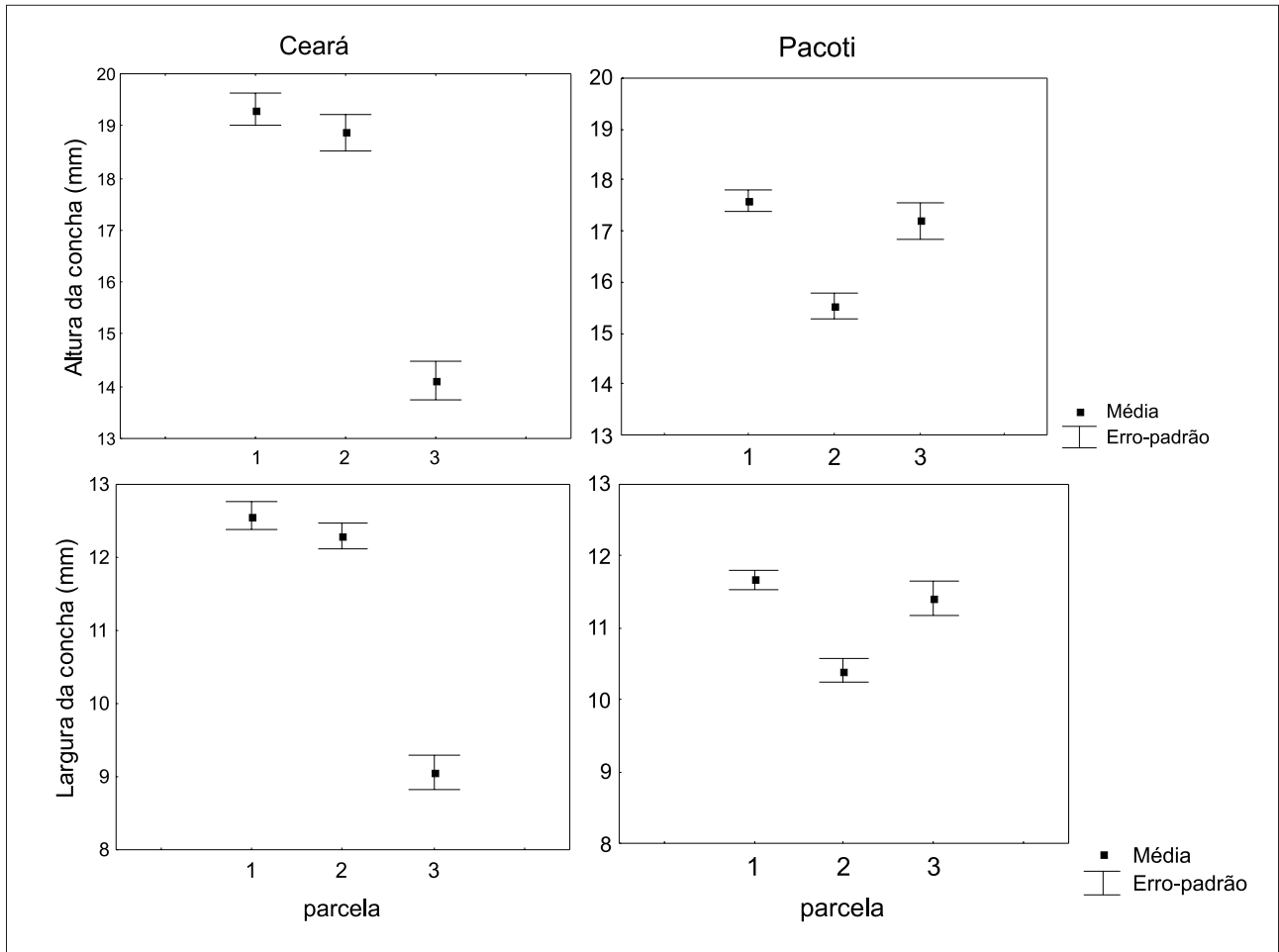


Figura 5 - Altura e largura média da concha de *L. angulifera* + erro padrão nas três parcelas amostradas no estuário dos rios Ceará e Pacoti.

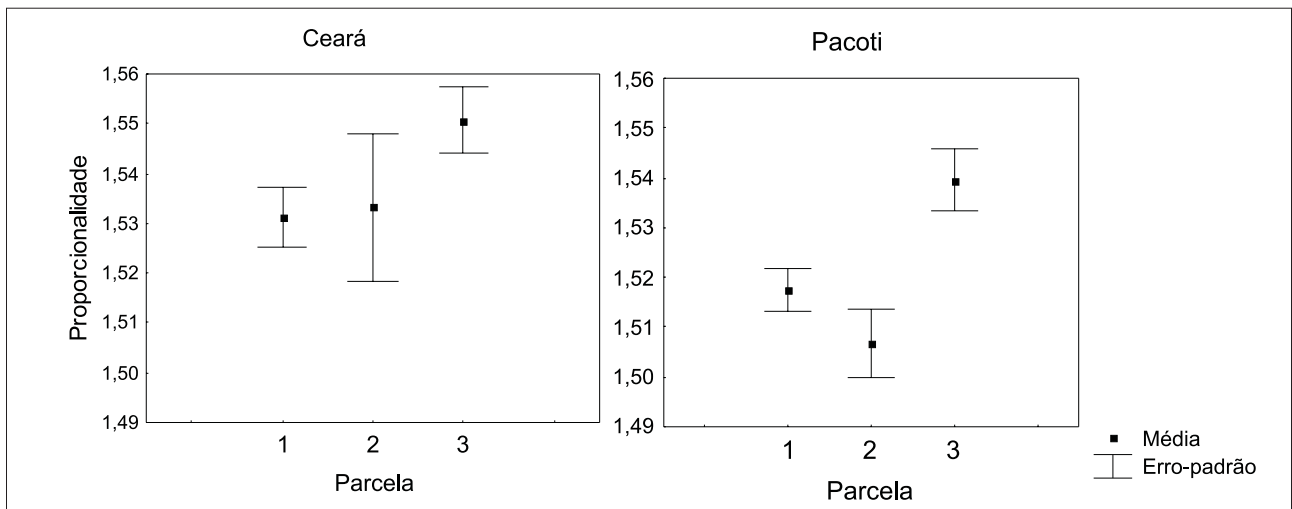


Figura 6 - Proporcionalidade da concha de *L. angulifera* + erro padrão nas três parcelas amostradas no estuário dos rios Ceará e Pacoti.

DISCUSSÃO

A dessecação é considerada um importante fator de estresse que limita a distribuição de muitos organismos na região entremarés (Lowell, 1984). Muitos estudos relacionam o tamanho ou formato da concha com reservas de água, diferenças de crescimento e sobrevivência em resposta à dessecação (Lowell, 1984; Britton, 1992; Chapman, 1995, 1997; Merkt & Ellison, 1998), sendo que conchas maiores tendem a conter mais água que conchas menores, assim como conchas mais largas comparadas às mais estreitas. Os dados apresentados neste estudo indicam que não ocorrem variações na densidade e da área de estudo. Os estuários dos rios Ceará e Pacoti, devido à proximidade geográfica, estão sujeitos à ação de fatores abióticos semelhantes, tais como as características climáticas, que podem influenciar os padrões populacionais da espécie e levar a alterações plásticas na morfologia da concha (Chapman, 1997; Gallagher & Reid, 1979; Crowe, 1999; Lee & Williams, 2002; Suzuki *et al.*, 2002).

Os manguezais amostrados, apesar de estarem submetidos a condições regionais similares, apresentam características distintas. Por exemplo, relação entre a altura e a largura da concha é maior no rio Ceará que no Pacoti. Merkt & Ellison (1998) propuseram que uma maior proporcionalidade da concha também levaria a uma maior resistência à dessecação, pois proporciona uma área maior para reserva de água. Assim, acreditamos que as características locais dos bosques, como a composição específica da comunidade de mangue e a estrutura vegetal, podem ser fundamentais para os padrões de distribuição desses caramujos (Tanaka & Maia, 2006).

Quanto ao gradiente vertical, *L. angulifera* seguiu a distribuição proposta por Vermeij (1972) nos dois estuários estudados. Nesse modelo há uma tendência de aumento de tamanho da concha em direção à copa das árvores e uma tendência inversa de abundância, resultante principalmente do estresse de dessecação e hidrodinamismo em diferentes ambientes (Gallagher & Reid, 1979; Gutierrez, 1988; McQuaid, 1992; Chapman, 1995; Magalhães, 1998). Isso porque, em áreas de maior insolação como na posição acima da altura do peito, para o resfriamento e para evitar a dessecação, muitos gastrópodes possuem uma maior reserva de água e conseqüentemente, uma maior altura.

A abundância de *L. angulifera* também está associada a um gradiente horizontal de distribuição, o que pode ser causado por fatores como a competição intraespecífica, disponibilidade de alimento, predação, temperaturas extremas e salinidade (Vermeij,

1972). No presente estudo, a parcela posicionada mais próxima ao rio, apresentou os maiores valores de densidade, indicando que a proximidade ao corpo d'água pode conferir vantagens a esses animais, como por exemplo, minimizar a dessecação (Britton, 1992). Corroborando a esse padrão, as duas parcelas seguintes, em ambas as áreas, apresentaram uma tendência de diminuição da densidade, com a distância da água. Porém, o gradiente estudado não leva necessariamente a alterações na morfologia da concha, fato evidenciado nesse trabalho. Não foi registrado nos ambientes estudados um padrão claro de aumento do tamanho ou proporcionalidade da concha no gradiente de distribuição horizontal. A complexidade topográfica do ambiente associada a fatores bióticos, como a cobertura da área por animais sésseis ou algas, levam a uma variabilidade de habitats que influenciam os padrões de distribuição e abundância dos litorinídeos (Chapman, 1994; Chapman & Underwood, 1994). Acreditamos assim, que a existência de pequenos canais de drenagem no interior dos bosques diminuam o estresse e assim, os indivíduos não responderiam com alterações morfológicas na concha.

Os dados apresentados neste estudo indicam variações morfológicas da concha *L. angulifera* em resposta às condições ambientais da área de estudo. Esse conhecimento é essencial uma vez que as regiões de manguezais estão cada vez mais sujeitas a perturbações antrópicas e conseqüentes mudanças globais de temperatura. Portanto, são necessários estudos em outros mangues e em outros períodos do ano para que resultados passíveis de generalizações possam ser alcançados.

Agradecimentos - Agradecemos ao Laboratório de Zoobentos (Labomar) pelo apoio e à professora Dra. Helena Mathews-Cascon pelas suas sugestões durante a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Britton, J.C. Evaporative water loss, behaviour during emersion, and upper thermal tolerance limits in seven species of eulittoral-fringe Littorinidae (Mollusca:Gastropoda). *Third International Symposium on Littorinidae Biology*, p.69-83, 1992.

Chaves, A.M.R. *Entre o seco e o molhado, do costão ao manguezal: distribuição de gastrópodes da família Littorinidae em gradientes vertical e horizontal no litoral do estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

Chapman, M.G. Small- and broad-scale patterns of

- distribution of the upper-shore Littorinid *Nodilittorina pyramidalis* in New South Wales. *Austr. J. Ecol.*, v.19, p.83-95, 1994.
- Chapman, M.G. Spatial patterns of shell of three species of co-existing littorinid snails in New South Wales, Australia. *J. Moll. Stud.*, v.61, p.141-162, 1995.
- Chapman, M.G. Relationships between shell shape, water reserves, survival and growth of highshore Littorinids under experimental conditions in New South Wales, Australia. *J. Moll. Stud.*, v. 63, p.511-529, 1997.
- Chapman, M.G. & Underwood, A.J. Dispersal of the intertidal snail, *Nodilittorina pyramidalis*, in response to the topographic complexity of the substratum. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, v 179, p.145-169, 1994.
- Crowe, T.P. Limits to generality: seasonal and temporal variation in dispersa of anintertidal gastropod. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, v.232, p.177-196, 1999.
- FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.funceme.br>>.
- Gallagher, S.B. & Reid, G.K. Population dynamics and zonation in the periwinkle snail, *Littorina angulifera*, of the Tampa Bay, Florida region. *The Nautilus*, v.94, p.162-178, 1979.
- Gutierrez, P.C. The ecology and behavior of the periwinkle, *Littorina angulifera*. *Biotropica*, v.20, p.352-356, 1988.
- Kirby, R.R. & Bayne, B.L. Physiological variation in the dog-whelk *Nucella lapillus*, L. either side of a cline in allozyme and karyotype frequencies. *Biol. J. Linn. Soc.*, v.53, p.277-290, 1994.
- Lee, O.H.K. & Williams, G.A. Spatial distribution patterns of *Littoraria* species in Hong Kong mangroves. *Hydrobiologia*, v.481, p.137-145, 2002.
- Lowell, R.B. Desiccation of intertidal limpets: effects of shell size, fit to substratum, and shape. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, v.77, p.197-207, 1984.
- Magalhães, C.A. Density and shell-size variation of *Nodilittorina lineolata* (Orbigny, 1840) in the intertidal region in southeastern Brazil. *Hydrobiologia*, v.378, p.143-148, 1998.
- Martins, M.F. *Expansão urbana e impactos ambientais: o caso da planície flúvio-marinha do rio Ceará*. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.
- McQuaid, C.D. Stress on the high shore: a review of age-dependent causes of mortality in *Nodilittorina knysnaensis* and *N. africana*. *Third International Symposium on Littorinid Biology*, p.85-89, 1992.
- Merkt, R.E. & Ellison, A.M. Geographic and habitat-specific morphological variation of *Littoraria (Littorinopsis) angulifera* (Lamarck, 1822). *Malacologia*, v.40, p.279-295, 1998.
- Oliveira, A.M.E.; Irving, M.A.; Lima, H.H. Aspectos bioecológicos do estuário do Rio Pacoti, Ceará, Brasil. *Arq. Ciên. Mar*, v.27, p.91-100, 1988.
- Suzuki, T.; Nishihira, M. & Paphavasit, N. Size structure and distribution of *Ovassimineia brevicula* (Gastropoda) in a Thai mangrove swamp. *Wetl. Ecol. Manag.*, v.10, p.265-271, 2002.
- Tanaka, M.O. & Maia, R.C. Shell morphological variation of *Littoraria angulifera* among and within mangroves in NE Brazil. *Hydrobiologia*, v.559, p.193-202, 2006.
- Vermeij, G.J. Intraspecific shore-level size gradients in intertidal molluscs. *Ecology*, v.53, p.693-700, 1972.