

Oral

Oceanografia Biológica - Ecologia Geral

### 1.9.403 - PARÂMETROS EXPLICATIVOS DA DENSIDADE POPULACIONAL DO CARANGUEJO-UÇÁ, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763): UM MODELO MATEMÁTICO PREDITIVO PARA OS MANGUEZAIS DO SUDESTE-SUL BRASILEIRO

MARCELO ANTONIO AMARO PINHEIRO, SETUKO MASUNARI, MARCELO RICARDO DE SOUZA, MÁRCIO CAMARGO ARAUJO JOÃO, CAMILA EVELYN RODRIGUES PIMENTA, AKEME MILENA FERREIRA MATSUNAGA, CAROLINE ARAUJO DE SOUZA, MURILO ZANETTI MAROCHI, SALISE BRANDT MARTINS, LUCIANA CAVALCANTI MAIA DOS SANTOS

Contato: MARCELO ANTONIO AMARO PINHEIRO - PINHEIRO@CLP.UNESP.BR

Palavras-chave: caranguejo, densidade, manguezal, população, mudanças climáticas

#### INTRODUÇÃO

O manguezal se destaca como um importante ecossistema costeiro, que compreende terras baixas frequentemente inundadas pelas marés, com extremo risco frente aos cenários preconizados pelas mudanças climáticas (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2016). A elevação do nível médio relativo do mar (NMRM) poderá promover expressivas alterações à vegetação halófitas de manguezal, que será pressionada em direção às áreas mais elevadas, trazendo redução expressiva a este ambiente e a sua biota.

*Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), conhecido como caranguejo-uçá, é um dos macrocrustáceos mais abundantes nos manguezais do Atlântico Ocidental (PINHEIRO et al., 2016), sendo endêmico deste ecossistema e com ampla distribuição geográfica (MELO, 1996). Por ser semi-terrestre, vive na interface terra-água, onde interage com diversos parâmetros abióticos (atmosféricos, hídricos e edáficos) e bióticos (vegetação) (WUNDERLICH & PINHEIRO, 2013; PINHEIRO & ALMEIDA, 2015; PINHEIRO et al., 2016).

Os manguezais detêm diferentes feições de vegetação, que variam em função da espécie arbórea e sua biometria (p. ex., altura), do nível de inundação pelas marés, tipo de sedimento e teor de matéria orgânica / nutrientes, que podem influenciar a densidade do caranguejo-uçá (PINHEIRO et al., 2015). Tal fato pode ser melhor esclarecido numa análise sistêmica dos manguezais, conduzida nos extremos de distribuição espacial de *U. cordatus*, seja em áreas de maior frequência e nível de inundação (margem), em comparação às planícies hipersalinas (“apicum”), onde a topografia é mais elevada e com menor frequência de inundação pelas marés. O objetivo do presente estudo é revelar quais são os parâmetros explicativos da densidade do caranguejo-uçá, o que seria útil ao estabelecimento de um modelo matemático preditivo, tanto para uso no manejo desta espécie,

como para avaliar possíveis efeitos causados por mudanças climáticas regionais e locais.

#### METODOLOGIA

Os dados foram obtidos nos manguezais da ESEC Juréia-Itatins (SP) e PARNA do Superagui (PR), nos quais foram realizadas duas coletas (verão e inverno/2016), em função do nível de inundação pelas marés. Assim, tanto na margem como no “apicum” foram dispostos três quadrados amostrais de 5x5m (Q1, Q3 e Q4), totalizando 12 quadrados por UC e 24 para o delineamento proposto ao Projeto Uçá-Clima para 2016 (FAPESP/FGB nº 2014/50438-5).

A densidade de *U. cordatus* (ind./m<sup>2</sup>) foi estabelecida para cada quadrado pelo método indireto (SKOV et al., 2002), pela contagem do número de galerias (abertas com atividade biogênica e fechadas), considerando a existência de um exemplar/galeria (PINHEIRO & FISCARELLI, 2001). Além disso, em cada quadrado também foram registrados parâmetros relacionados à vegetação (DA, densidade árvores adultas, >1,3m; DJ, densidade de árvores jovens/plântulas, <1,3m; h, altura da árvore; e DAP, diâmetro do tronco das árvores à altura do peito de 1,3m), bem como abióticos da atmosfera (temperatura e umidade), água (temperatura, pH, oxigênio, salinidade e nível de inundação) e sedimento (temperatura, pH, salinidade intersticial, granulométricos e químicos, estes últimos relacionados aos macro e micronutrientes e fertilidade do solo). Tais registros repercutiram em uma matriz envolvendo 24 linhas (quadrados) x 34 colunas (parâmetros ambientais e bióticos), que foi submetida a uma análise supervisionada de relevância biológica de seus parâmetros, seguida de remoção daqueles que possuíam >40% dos valores nulos, reduzida variância ou colinearidade significativa (MASON et al., 2003). Em seguida, os parâmetros foram submetidos a transformação logarítmica (log(x+1)) e submetidos à análises de componentes principais (PCAs) sucessivas, visando a obtenção do menor número de

parâmetros que explicariam a máxima variância dos dois eixos principais mais relevantes (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998). Os parâmetros resultantes deste processo foram retornados à sua unidade original e submetidos a uma análise de regressão múltipla, com descarte dos parâmetros não significativos. Tal processo foi realizado iterativamente até se obter uma regressão da densidade do caranguejo em função de parâmetros significativos, com a escolha do modelo de melhor ajuste, por análise do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Importante destacar que algumas análises repercutiram em redução do número amostral para análise, devido a problemas no registro de alguns parâmetros abióticos ou mesmo bióticos. Todas as análises foram auxiliadas em planilhas Excel e em ambiente R (R CORE TEAM, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De início foram descartados 04 parâmetros decorrentes da soma de variáveis ou de retrabalho a partir de variáveis primárias (p. ex., CTC, tamanho médio do grão, etc.). Os 30 parâmetros resultantes foram submetidos às PCAs sucessivas, possibilitando o descarte de outros 17 parâmetros (56,7%). Assim, resultaram dessas análises 16 parâmetros (53,3%), sendo: 01 atmosférico (temperatura do ar); 02 hídricos (teor de oxigênio dissolvido e nível de inundação pelas marés); 10 edáficos (Ca, Cu, Zn, pH, matéria orgânica e cinco frações granulométricas – areia média, areia fina, areia muito fina, silte e argila); e 03 bióticos relacionados à vegetação (densidade de árvores adultas, densidade de árvores jovens/plântulas e DAP). Nesta última PCA as duas componentes principais explicaram 71,9% da variância, com o vetor densidade do caranguejo associado positivamente a outros cinco (temperatura do ar; densidades das árvores: DA e DJ; pH do solo; e fração areia muito fina). Por outro lado, o conjunto destes vetores foi antagônico a outros três (nível de inundação pelas marés, teor de oxigênio dissolvido na água e fração areia média). Os resultados confirmam um maior adensamento do caranguejo-uçá no apicum (média  $\pm$  desvio padrão:  $2,6 \pm 1,5$  ind./m<sup>2</sup>) do que na margem estuarina ( $1,9 \pm 1,2$  ind./m<sup>2</sup>) (n=69; t=-2,07; p=0,043), bem como uma associação positiva deste parâmetro com a densidade das árvores (n=12; r=0,66; p<0,05) e negativa com a altura do bosque arbóreo (n=12; r=-0,59; p<0,05). No apicum o nível de inundação pelas marés ( $19,4 \pm 18,6$  cm) foi 2,5 vezes inferior ao da margem ( $48,2 \pm 22,6$  cm) (n=69; t=5,78; p=0,0000), ocorrendo o mesmo com a altura do bosque, que no apicum correspondeu a metade da margem ( $3,0 \pm 0,8$  m e  $6,0 \pm 1,7$  m, respectivamente; n=69; t=9,35; p=0,0000). Na margem do manguezal, devido ao maior nível e frequência de inundação pelas marés, o sedimento é mais fino (p. ex., silte e argila), associado aos maiores teores de matéria orgânica e de nutrientes, propiciando árvores mais altas e com

maior diâmetro, mas com registro de um menor adensamento de *U. cordatus*. Estes resultados confirmam Schmidt et al. (2010) e Pinheiro & Almeida (2015), em especial sobre o maior adensamento de *U. cordatus* no apicum, onde ocorrem aqueles de menor porte ( $45,0 \pm 16,3$  mm), enquanto na margem preponderam animais maiores ( $55,6 \pm 16,3$  mm) (n=1995; t=-14,24; p=0,000).

Os 16 parâmetros indicados pela PCA foram submetidos à análises de regressão múltipla sucessivas, com descarte de 75% deles (n=12). Assim, a densidade do caranguejo-uçá (DC) pôde ser explicada pela variação de apenas 25% dos parâmetros inicialmente registrados (n=4): TE, temperatura do ar (em °C; t=4,62; p=0,0024); pH do sedimento (t=2,32; p=0,050; NI, nível de inundação pelas marés (em cm; t=2,34; p=0,049); e DA, densidade total de árvores adultas (em ind./m<sup>2</sup>; t=3,40; p=0,011). Os resultados sugerem um modelo matemático do tipo  $DC = -20,63 + 0,898TE + 0,656pH + 0,0418NI + 3,13DA$ , que foi significativo (F=12,6; p=0,003) e apresentou excelente ajuste ( $R^2=80,9\%$ ), com apenas 11,8% (n=4) dos 34 parâmetros utilizados a partir do início do processo de análise supervisionada.

A elevação da temperatura potencializa a reprodução e o crescimento, inclusive afetando o crescimento sazonal das fêmeas, que é mais intenso durante o verão (PINHEIRO et al., 2005). Como as mudanças climáticas globais, preconiza-se a acidificação dos oceanos, que trará efeitos danosos aos crustáceos, por redução taxa de calcificação de seu exoesqueleto (DODD et al., 2015), bem como alterações substanciais aos parâmetros populacionais das espécies, em função da elevação do nível médio relativo do mar (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2016). *U. cordatus* prefere áreas sombreadas e densamente vegetadas (TAVARES & ALBUQUERQUE 1989), particularmente ricas em serapilheira (MCIVOR & SMITH III 1995), algo indisponível em manguezais em formação, quando ainda não possuem a vegetação completamente estruturada (AMOUROUX & TAVARES, 2005).

## CONCLUSÃO

Com as mudanças climáticas globais e regionais são previstas alterações ecossistêmicas e bióticas que conferem importância aos monitoramentos ambientais e bióticos, particularmente aqueles mais longevos. Nos manguezais o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) é considerado um animal ícone, com potencial uso bioindicador da qualidade ambiental, um fato já confirmado. Desta forma, apresenta potencial uso em monitoramentos, seja por possuir ampla distribuição geográfica, ser endêmica de manguezais e dotada de pouca vagilidade. Vários parâmetros (abióticos e bióticos) podem ser registrados em campo, alguns mais simples e outros de maior complexidade, seja pelo uso de equipamentos específicos ou técnicas de

processamento que demandariam maior trabalho ou recursos financeiros. No entanto, somente poucos parâmetros não possuem colinearidade ou respondam com excelente poder discriminatório a uma variável dependente, principalmente numa regressão multivariada. Na presente análise, apenas 12% (n=4) de 34 parâmetros foram empregados para explicar a densidade do caranguejo-uçá. Apesar disso, o modelo matemático proposto ainda sofrerá alterações pela adição de um maior número de amostras, ainda em obtenção, até a conclusão das expedições em 2017. A proposta visa estabelecer um modelo matemático preditivo, empregando parâmetros de fácil registro e, preferencialmente, sem uso de equipamentos ou técnicas caras, possibilitando sua aplicação por não especialistas, após um treinamento mínimo. Esta ação já está sendo efetuada em parceria com o MMA/ICMBio, aplicada às Unidades de Conservação Federais com manguezal ao longo de toda a costa brasileira, visando um monitoramento contínuo e de longa duração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMOUROUX, J.M.; TAVARES, M. 2005. Natural recovery of Amazonian mangrove Forest as revealed by brachyuran crab fauna: preliminary description. *Vie et Milieu*, 55: 71-79.
- DODD, L.F.; GRABOWSKI, J.H.; PIEHLER, M.F.; WESTFIELD, I.; RIES, J.B. 2015. Ocean acidification impairs crab foraging behaviour. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282: 20150333. doi:10.1098/rspb.2015.0333.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. 1998. *Numerical Ecology*. New York: Elsevier, 2nd Ed., 853p.
- MASON, R.L.; GUNST, R.F.; HESS, J.L. 2003. *Statistical design and analysis of experiments with applications to Engineering and Science*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2nd ed., 728p.
- MCIVOR, C.C.; SMITH III, T.J. 1995. Differences in the crab fauna of mangrove areas at a southern Florida and a northeast Australia location: implications for leaf litter processing. *Estuaries*, 18(4): 591-597.
- MELO, G.A.S. 1996. *Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. São Paulo: Ed. Plêiade. 604p.
- PINHEIRO, M.A.A.; ALMEIDA, R. 2015. Monitoramento da densidade e da estrutura populacional do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura: Ucridae), Cap. 10, 122-133p. In: TURRA, A.; DENADAI, M.R. *Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - ReBentos*. ISBN (e-book): 978-85-98729-25-1. São Paulo: IO/USP, 258p.
- PINHEIRO, M.A.A.; FISCARELLI, A.G. 2001. *Manual de Apoio à Fiscalização do Caranguejo-Uçá (Ucides cordatus)*. 1ª Edição, ISBN 85-88570-02-5. Itajaí: IBAMA/CEPSUL, 43p.
- PINHEIRO, M.A.A.; FISCARELLI, A.G.; HATTORI, G.Y. 2005. Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ocypodidae). *Journal of Crustacean Biology*, 25(2): 293-301.
- PINHEIRO, M.A.A.; SANTOS, L.C.M.; SOUZA, C.A.; JOÃO, M.C.A.; DIAS-NETO, J.; IVO, C.T.C. 2016. Avaliação do Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Ucridae). Cap. 33: p. 441-458. In: PINHEIRO, M. & BOOS, H. (Org.). *Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014*. Porto Alegre, RS, Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, 466 p.
- R CORE TEAM. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; SORIANO-SIERRA, E.J.; VALE, C.C.; BERNINI, E.; ROVAI, A.S.; PINHEIRO, M.A.A.; SCHMIDT, A.J.; ALMEIDA, R. COELHO-JR., C.; MENGHINI, R.P.; MARTINEZ, D.I.; ABUCHAHLA, G.M.O.; CUNHA-LIGNON, M.; CHARLIER-SARUBO, S.; SHIRAZAWA-FREITAS, J. CINTRÓN, G. 2016. Climate changes in mangrove forests and salt marshes. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64(sp.2): 37-52.
- SCHMIDT, A.J.; BEMVENUTI, C.E.; DIELE, K. 2010. Sobre a definição da zona de apicum e sua importância ecológica para populações de caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763). *Boletim Técnico Científico CEPENE*, 18(1): 49-60.
- SKOV, M.W.; VANNINI, M.; SHUNULA, J.P.; HARTNOLL, R.G.; CANNICCI, S. 2002. Quantifying the density of mangrove crabs: Ocypodidae and Grapsidae. *Marine Biology*, 141: 725-732,
- TAVARES, M.; ALBUQUERQUE, E.F. 1989. Levantamento taxonômico preliminar dos Brachyura (Crustacea: Decapoda) da Lagoa de Itaipu, Rio de Janeiro, Brasil. *Atlântica*, 11(1): 101-108.
- WUNDERLICH, A.C.; PINHEIRO, M.A.A. 2013. Mangrove habitat partitioning by *Ucides cordatus* (Ucridae): effects of the degree of tidal flooding and tree-species composition during its life cycle. *Helgolander Marine Research*, 67(2): 279-289.

## FONTE FINANCIADORA

FAPESP/FGB – Proc. nº 2014/50438-5 (Projeto Uçá-Clima)