Capítulo 16

Monitoramento do efeito de eventos extremos de mudanças climáticas sobre a macrofauna bentônica de praias arenosas

Ilana Rosental Zalmon
Phillipe Mota Machado
Kalina Manabe Brauko
Guilherme Nascimento Corte
Antonia Cecilia Zacagnini Amaral

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

ZALMON, IR., *et al.* Monitoramento do efeito de eventos extremos de mudanças climáticas sobre a macrofauna bentônica de praias arenosas. In: TURRA, A., and DENADAI, MR., orgs. *Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros – Rede de Monitoramento de Habitat Bentônicos Costeiros – ReBentos* [online]. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2015, pp. 215-223. ISBN 978-85-98729-25-1. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição - Uso Não Comercial - Partilha nos Mesmos Termos 3.0 Não adaptada.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.

CAPÍTULO 16

MONITORAMENTO DO EFEITO DE EVENTOS EXTREMOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A MACROFAUNA BENTÔNICA DE PRAIAS ARENOSAS

Ilana Rosental Zalmon, Phillipe Mota Machado, Kalina Manabe Brauko, Guilherme Nascimento Corte, Antonia Cecilia Zacagnini Amaral

Foto: Phillipe Mota Machado

INTRODUÇÃO

Eventos extremos relacionados às mudanças climáticas (frentes frias ou sistemas frontais, tempestades, ressacas) promovem um maior hidrodinamismo, modificando o fluxo de erosão/deposição de sedimentos e, como consequência, alteram significativamente a morfodinâmica praial, modificando o perfil topográfico e o grau de seleção do sedimento arenoso. Essas alterações nas características ambientais, por sua vez, podem ocasionar efeitos diretos sobre a macrofauna bentônica, tal como o decréscimo da densidade, riqueza e diversidade de táxons (Taylor *et al.*, 1997; Solomon *et al.*, 2007).

Modelos de mudanças climáticas sugerem um aumento na frequência e intensidade desses eventos em um futuro próximo (IPCC, 2014), o que exige a implementação de estratégias que avaliem os processos de alteração de comunidades a curto e médio prazo. Embora o Brasil possua um dos litorais mais

extensos do mundo, poucos estudos avaliaram os efeitos de eventos extremos na costa brasileira (Sola & Paiva, 2001; Galluci & Netto, 2004; Brauko, 2008; Alves & Pezzuto, 2009). A escassez de estudos torna-se ainda mais preocupante ao considerarmos que a dinâmica praial da costa brasileira é frequentemente regulada por fenômenos associados à passagem de sistemas frontais (Calliari & Klein, 1993), e que a intensidade e a duração de eventos extremos é refletida na estrutura das associações bentônicas. Nesse sentido, é fundamental o entendimento dos efeitos de eventos climáticos extremos sobre as associações bentônicas de ecossistemas costeiros, auxiliando na previsão de alterações nas comunidades biológicas frente ao cenário de mudanças climáticas.

OBJETIVO

Determinar possíveis efeitos de perturbações físicas de curto prazo associadas a eventos extremos (frentes frias/ressacas/tempestades) na composição, distribuição e estrutura da comunidade bentônica de praias arenosas.

MÉTODOS

As principais características de delineamentos experimentais específicos para a detecção de impactos foram descritas por Green (1979) e Underwood (1994, 2000). De acordo com os autores, em um delineamento ideal, deve haver dados anteriores e posteriores à perturbação a qual poderia causar impactos. Dessa maneira, a relação de causalidade é mais forte se o impacto for detectado após a perturbação que presumidamente o causou. Delineamentos ideais também incluem amostragens em áreas impactadas e não-impactadas, sendo que as últimas representam locais sujeitos a quaisquer outras influências e processos, exceto à perturbação particular que está sendo investigada (Underwood 2000).

Em diversas situações, a falta de preparo suficiente para uma amostragem emergencial antes de uma perturbação prevista, ou de recursos para obter a replicação espacial adequada, tornam inviável a aplicação de um delineamento ótimo. Nesses casos, recomendamos que um protocolo mínimo, abrangendo somente uma praia impactada pelo evento extremo, seja utilizado. A utilização desse protocolo fornece, ainda assim, estimativas suficientemente robustas para a descrição e avaliação dos efeitos de eventos extremos de mudanças climáticas sobre a macrofauna de praias. Contudo, caso haja possibilidade, recomendamos fortemente que as amostragens “antes” e “após” o evento considerado sejam replicadas em um maior número de praias. Isso permitirá que estimativas mais confiáveis das possíveis alterações e do tempo de retorno da estrutura da comunidade macrofaunal em função do evento extremo sejam obtidas. Nesse caso, recomendamos que duas (ou mais) equipes sejam mobilizadas para as amostragens, realizando as coletas simultaneamente em praias distintas.

IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS EXTREMOS

Os eventos extremos (ressacas) serão identificados por meio de monitoramento diário utilizando dados de altura de ondas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (<http://www.cptec.inpe.br>), que os disponibiliza com até cinco dias de antecedência. Para uma maior precisão, outros endereços eletrônicos de previsão de ondas deverão ser também utilizados quando forem específicos para a praia selecionada. Para os eventos de ressacas, serão consideradas as ondas fornecidas pelos modelos de previsão *online* superiores a, no mínimo, dois metros de altura.

DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As praias deverão estar localizadas em áreas sob o menor impacto antrópico possível, para que os efeitos deste não sejam confundidos com os dos eventos extremos a serem testados. É recomendável que a praia seja do tipo dissipativa a intermediária, tendendo a dissipativa, segundo as classificações propostas por Whright & Short (1984) para praias de micro e mesomares, e Masselink & Short (1993) para praias

de macromarés. Essa escolha deve-se ao fato de que praias dissipativas abrigam maior biodiversidade e são mais suscetíveis aos possíveis efeitos das mudanças climáticas, como aumento do nível do mar e erosão decorrente de tempestades severas (Defeo *et al.* 2009).

Em cada praia deverá ser estabelecido um setor de 20 m de comprimento (paralelo à linha d'água) e de largura conforme a região entremarés (entre a linha da maré mais alta e o limite inferior de recuo máximo das ondas no horário previsto para a maré mais baixa de sizígia), onde ocorrerá a amostragem. É recomendável que esse setor se localize fora da área de influência de rios ou vertedouros d'água, para que seus efeitos (muitas vezes relacionados a atividades antrópicas, como descarga de poluentes) não se confundam com os oriundos do impacto de eventos extremos. Também recomenda-se que o setor seja visualmente homogêneo, em seu interior e nas proximidades, evitando a presença de bancos de areia, poças de marés, diferentes constituições sedimentares e/ou inclinação. Para que as variações na macrofauna sejam melhor acompanhadas, é necessário que o setor tenha sempre a mesma localização. Assim, deverá ser estabelecido um Marco Fixo (MF), georreferenciado, na região posterior às dunas, no início da vegetação arbustiva ou de alguma estrutura física pré-existente (estrada, calçada, muro, entre outras), que servirá como referência para os levantamentos do perfil praial e para o monitoramento da posição da linha de maré alta de sizígia no período de cada amostragem.

AMOSTRAGEM

A coleta das amostras da macrofauna e o monitoramento dos parâmetros ambientais nas amostragens pré e pós-eventos será baseada na metodologia de Sola & Paiva (2001), Gallucci & Netto (2004), Cochôa *et al.* (2006), Brauko (2008) e Alves & Pezzuto (2009) e deverão seguir os procedimentos descritos abaixo.

A partir da previsão de um evento extremo, a amostragem na praia selecionada deverá ser realizada entre 2 e 4 dias antes da ocorrência do evento. Essa amostragem tem o propósito de caracterizar a estrutura e composição da comunidade bentônica antes do impacto. Terminado o evento – e certificando-se de que ele atingiu a área de estudo – duas amostragens deverão ser realizadas em intervalos de 3 a 5 dias e de 20 a 30 dias após o impacto, para que os efeitos desses eventos nas associações macrofaunais, bem como sua capacidade de resiliência em curta escala temporal, (até 1 mês) possam ser avaliados.

Em cada setor de amostragem, deverá ser medida (1) a distância entre o marco fixo e a linha da maré alta (linha de deixa mais evidente) e (2) a largura da praia desde o MF até o limite inferior de recuo máximo das ondas no horário previsto para a maré mais baixa de sizígia (a partir da diferença entre essas duas medidas, a largura da região entremarés também poderá ser aferida). Também deverá ser determinado o perfil praial, que poderá ser realizado da maneira mais conveniente (i.e., utilizando teodolito, nível de pedreiro, DGPS ou método de Emery). O método de balizas, proposto por Emery (1961) (ANEXO 14-II), é seguramente o de mais fácil aplicação e baixo custo. As medidas de perfil deverão ser tomadas em intervalos de 10 m a partir do marco fixo até a linha d'água no pico de maré baixa de sizígia, tomando-se a diferença em altura de um ponto em relação ao inferior, sucessivamente, até obter a altura total da praia (supralitoral + mediolitoral).

Nos setores de amostragem, três transectos perpendiculares devem ser estabelecidos a distâncias fixas de 10 m entre si, de modo que sua posição não seja alterada durante todo o estudo (Figura 16-1). Isso evita que a mudança no posicionamento constitua uma fonte adicional de variabilidade ao ambiente investigado. Em cada transecto devem ser amostrados sete pontos com duas réplicas cada (N total = 42), utilizando um amostrador cilíndrico de 20 cm de diâmetro, enterrado a 20 cm de profundidade. O volume de sedimento do interior do amostrador constitui uma amostra. A distância entre os pontos deve ser uniformemente espaçada na largura da região entremarés, devendo-se, para tal, dividir a largura total do setor de amostragem (largura da região entremarés) por seis. A distância entre as duas réplicas não deve ultrapassar 1 m. Esse procedimento permitirá não só a avaliação das alterações entre as diferentes faixas entremarés da praia, mas também entre as transecções (variabilidade “lateral” ou horizontal).

Figura 16-1. Desenho amostral para coleta da macrofauna bentônica entremarés nos níveis superior (S), médio (M) e inferior (I). Em cada ponto de coleta deverão ser obtidas duas réplicas. MAS: Maré alta de sizígia, MBS: Maré baixa de sizígia, MF: Marco fixo. Esquema: Tatiana M. Steiner

Além das amostras da macrofauna, deverá ser coletada uma amostra de sedimento na estação central de cada transecto (ponto de amostragem 3) para que análises granulométricas (diâmetro médio do grão, coeficiente de seleção, assimetria e curtose do sedimento) sejam realizadas (ver ANEXO 14-III). Dados de temperatura, altura e períodos de ondas, incidência de ventos e pluviosidade deverão ser obtidos, continuamente, em serviços de previsões do tempo e estudos climáticos:

- CPTEC (<http://www.cptec.inpe.br/>);
- SIMCos (<http://www.lamma.ufrj.br/sites/simcos/paginas/sistema/index.html>);
- Climatempo (<http://www.climatempo.com.br/>).

Os dados abióticos deverão ser armazenados em planilha (Tabela 16-1).

Tabela 16-1. Planilha para registro dos dados abióticos (preencher somente os campos marcados em amarelo).

Praia: _____		Georreferenciamento (MF): _____						
Data	Perfil		Sedimento (1 amostra no ponto central de cada transecto)					
	Distância MF	Desnível (CM)	Transecto	Nível	DMG (Φ)	CS (Φ)	Assimetria	Curtose
	10		1					
	20		1					
	60		1	7				
	70		1	6				
	80		1	5				
	90		1	4				
	100		1	3				
	110		1	2				
	∞		1	1				
	10		2					
	20		2					
	60		2	7				
	70		2	6				
	80		2	5				
	90		2	4				
	100		2	3				
	110		2	2				
	∞		2	1				
	10		3					
	20		3					
	60		3	7				
	70		3	6				
	80		3	5				
	90		3	4				
	100		3	3				
	110		3	2				
	∞		3	1				

PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO

Após a coleta, as amostras devem ser lavadas com água do mar, em malha de abertura 0,5 mm (adicionalmente poderá ser utilizada malha de 1 mm sobreposta à malha de 0,5 mm) e os organismos retidos nas peneiras devem ser fixados em álcool etílico 70%. Esse procedimento exige atenção para que os organismos não passem despercebidos. Cuidado especial deve ser dedicado para a retirada dos anelídeos poliquetas da malha da peneira, com pinça fina, pois esses animais são facilmente fragmentados durante esse processo.

Caso não seja possível realizar a triagem no dia da coleta, ou no máximo no dia seguinte, o sedimento de cada amostra deve ser mantido individualizado em sacos plásticos resistentes e fixado em formol a 10%. A seguir, as amostras devem ser acondicionadas em recipientes fechados para posterior triagem.

Em laboratório, os organismos devem ser identificados ao menor nível taxonômico possível, a partir de consulta à bibliografia recomendada (página 258), contados e conservados em álcool etílico 70%. Os dados devem ser registrados em planilhas contendo informações sobre a ocasião de coleta e o número de indivíduos de cada espécie presentes em cada amostra (Tabela 16-2). Os dados de macrofauna, bem como os abióticos, alimentarão o banco de dados da ReBentos, que disponibilizará as informações obtidas pela Rede como um todo (ver Capítulo 1).

Tabela 16-2. Planilha para registro dos dados da macrofauna

Praia: _____		Georreferenciamento (MF): _____				
Data	Transecto	Nº da amostra	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4
DD/MM/AA	T1	1				
DD/MM/AA	T1	2			1	
	T1	3				
	T1	4				2
	T1	5	1			
	T1	6			1	
	T1	7		3		
	T2	1				
	T2	2				

TRATAMENTO DOS DADOS

De forma a facilitar as comparações entre as diferentes praias, os dados de densidade dos organismos deverão ser transformados em abundância por metro linear (AML, ind./m¹), multiplicando-se a densidade média “*q*” (expressa em ind./m²) em cada nível amostral “*i*” de todas as amostras “*m*” pertencentes a transversal “*r*” (qm) pela largura correspondente da área amostrada “*w*” (= largura da faixa de distribuição dos organismos), conforme equação abaixo proposta por Brazeiro & Defeo (1996).

$$AML_r = \frac{\sum_{i=1}^m q_i}{m_r} w_r$$

A densidade total, riqueza, diversidade e densidade dos táxons numericamente abundantes serão calculados para cada ocasião amostral em todas as praias utilizadas no estudo. Para testar as diferenças nestes parâmetros entre amostragens “pré” e “pós” eventos extremos, testes uni e multivariados poderão ser utilizados, como testes *t*, ANOVAs e PERMANOVAs acompanhadas de nMDS (Análise de escalonamento multidimensional não-métrico) para visualização gráfica. A normalidade e homogeneidade das variâncias deverão ser previamente testadas e transformações de dados deverão ser utilizadas caso necessário.

O modelo linear aplicado aos testes uni e multivariados poderá sofrer variações conforme o número de eventos climáticos e praias amostradas em cada estudo, mas deverá incluir os fatores tempo (pré e pós), praia (número variável de níveis), transecto (fixo, com 3 níveis aninhados em praia), zona (fixo, com 7 níveis aninhados em transecto e praia) e ponto (aleatório, com 2 réplicas). Os dados relativos à caracterização ambiental das praias e das condições climáticas serão apresentados de forma descritiva, uma vez que a replicação espacial idêntica à da fauna exigida para análises correlativas é impraticável. Entretanto, análises de correspondência canônica (CCAs) poderão ser utilizadas para correlacionar os padrões de variabilidade macrofaunal às variáveis ambientais de maior replicação, caso necessário.

AUTORES

Ilana Rosental Zalmon – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF
(autor para correspondência: ilana@uenf.br)

Antonia Cecilia Zacagnini Amaral – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Guilherme Nascimento Corte – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Kalina Manabe Brauko – Universidade Federal do Paraná – UFPR

Phillipe Mota Machado – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF

REFERÊNCIAS

- Alves, E.S.; Pezzuto, P.R. 2009. "Effect of cold fronts on the benthic macrofauna of exposed sandy beaches with contrasting morphodynamics". *Brazilian Journal of Oceanography*, 57(2): 73-96.
- Brauko, K.M. 2008. *Efeitos da passagem de sistemas frontais sobre a macrofauna bêntica de praias arenosas do Paraná*. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 75.
- Brazeiro, A.; Defeo, O. 1996. "Macroinfauna zonation in microtidal sandy beaches: is it possible to identify patterns in such variable environments?" *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 42: 523-536.
- Calliari, L.J.; Klein, A.H. 1993. "Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS". *Pesquisas*, 20(1): 48-56.
- Cochôa, A.R.; Lorenzi, L.; Borzone, C.A. 2006. "A influência da passagem de uma frente meteorológica na distribuição da macrofauna bentônica mesolitoral de uma praia arenosa exposta". *Tropical Oceanography*, 34(2): 59-71.
- Defeo, O.; McLachlan, A.; Schoeman, D.S.; Schlacher, T.; Dugan, J.; Jones, A.; Lastra, M.; Scapini, F. 2009. "Threats to sandy beach ecosystems: a review". *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 81: 1-12.
- Emery, K.O. 1961. "Beach Profiling Reference: A simple method of measuring beach profiles". *Limnology and Oceanography*, 6: 90-93.
- Gallucci, F.; Netto, S.A. 2004. "Effects of the passage of cold fronts over a coastal site: an ecosystem approach". *Marine Ecology Progress Series*, 281: 79-92.
- Green, R.H. 1979. *Sampling Design and Statistical Methods for Environmental Biologists*. Chichester: John Wiley & Sons.
- IPCC, Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.) 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p.1132.
- Masselink, G.; Short, A.D. 1993. "The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model". *Journal of Coastal Research*, 9: 785-800.
- Sola, M.C.R.; Paiva, P.C. 2001. "Variação temporal da macrofauna bentônica sublitoral da praia da Urca (RJ) após a ocorrência de ressacas". *Revista Brasileira de Oceanografia*, 49(1-2): 137-142.
- Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Alley, R.B.; Berntsen, T.; Bindoff, N.L.; Chen, Z.; Chidthaisong, A.; Gregory, J.M.; Hegerl, G.C.; Heimann, M.; Hewitson, B.; Hoskins, B.J.; Jouzel, J.; Kattsov, V.; Lohmann, U.; Matsuno, T.; Nicholls, N.; Overpack, J.; Raga, G.; Ramaswamy, V.; Rusticucci, M.; Somerville, R.; Stocker, T.F.; Whetton, P.; Wood, R.A.; Wratt, D. 2007. Technical Summary. pp. 19-91. In: Solomon S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; M. Marquis; K.B. Averyt; M. Tignor & H.L. Miler (Eds), 2007. *Climate Changes 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Taylor, R.B.; Forbes, D.; Frobel, D.; Shaw, J.; Parkes, G. 1997. "Shoreline response to major storm events in Nova Scotia". pp. 253-267. In: Shaw, R.W. (Ed.) *Environment Canada – Atlantic region, Occasional Report No.9, Environment Canada, Sackville, N.B., Climate change and climate variability in Atlantic Canada*. Workshop Proceedings, Dec. 3-6, 1996.
- Underwood, A.J. 1994. "On beyond BACI: Sampling designs that might reliably detect environmental disturbances". *Ecological Applications*, 4 (1): 4-15.

- Underwood, A.J. 2000. Trying to detect impacts in marine habitats: comparisons with suitable reference areas. In: *Statistics in Ecotoxicology* (Ed. T. Sparks), p. 279–308. Chichester: John Wiley & Sons.
- Wright, L.D.; Short, A.D.J. 1984. “Morphodynamic variability of beaches and surf zones, a synthesis”. *Marine Geology*, 56: 92-118.

ANEXOS — CAPÍTULO 16

ANEXO 16-I. FORMULÁRIO DE CAMPO

Formulário de Coleta e Monitoramento da Macrofauna Bentônica
---	---

Praia: _____ Município: _____ Estado: _____

Posição do Marco Fixo/ Georreferenciamento

Latitude: _____ ° _____ ' _____ "S Longitude: _____ ° _____ ' _____ " W

Data da coleta: _____ Hora inicial: _____ Hora final: _____

Distância entre MF e linha de maré alta (m): _____

Larg. entremarés (m): _____

Declividade entre pontos de observação (cm): _____

Obs. climáticas: _____

Sedimento: T1 _____ T2 _____ T3 _____