

Capítulo XII

O ECÓTONO MAR / CONTINENTE: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES





O ECÓTONO MAR / CONTINENTE: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Luís Cancela da Fonseca¹

¹Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, Universidade de Lisboa, Avenida Nossa Senhora do Cabo, 939, Cascais, Portugal, 2750-374, lfonseca@fc.ul.pt; Centro de Ciências e Tecnologias da Água, Universidade do Algarve, Campus Gambelas, Faro, Portugal, 8005-139, lfonseca@ualg.pt

RESUMO

Pretende-se apenas fazer não um trabalho científico, mas antes uma breve reflexão sobre o ecótono mar/continente e problemas decorrentes da respectiva degradação. Este ecótono constitui a fronteira entre a terra e o mar, sendo responsável pelo surgimento e manutenção de sistemas costeiros, aos quais se associam grandes áreas de biodiversidade. Por outro lado, este limite também está associado à emergência de doenças infecciosas, sendo determinante para a compreensão e prevenção destas doenças. Dados disponíveis para as doenças infecciosas emergentes (EID's) e para o aumento das taxas de transmissão, dispersão e adaptação dos agentes patogénicos, sugerem uma ligação estreita entre os processos que ocorrem nos ecótonos e os ecológicos e evolutivos responsáveis pelas infecções zoonóticas. Estes ecossistemas são fundamentais para a preservação da biodiversidade, a estabilização climática e a regulação de temperaturas e humidade, e constituem ainda importantes áreas para o desenvolvimento de actividades económicas como a pesca, exploração mineral e turismo. No entanto, a antropização excessiva, a destruição da vegetação costeira, a contaminação por poluição, a ausência de um ordenamento do território eficaz, entre outros, contribuem para a degradação deste limite, a qual tem consequências graves nas áreas de pesca, no aumento da erosão costeira, no aumento das doenças infecciosas, nos riscos económicos e de catástrofes, entre outros problemas. Assim, é necessário criar medidas para a sua preservação. Estas medidas passam pelo estabelecimento de áreas protegidas, pela reabilitação de áreas costeiras degradadas, pela reintrodução de espécies, por um ordenamento informado e real das actividades com expressão na ocupação do litoral e pela melhoria dos hábitos de produção para reduzir a contaminação. A manutenção da sua funcionalidade é de extrema importância para garantir a perenidade dos serviços ecológicos que desempenha. Sendo uma das áreas fundamentais para a riqueza das zonas neríticas, a sua preservação deve ser uma prioridade, pois é essencial para garantir a respectiva produtividade com reflexo maior na riqueza piscícola que sustenta as actividades de pesca, as quais são fundamentais para a economia de muitas comunidades litorais.

Palavras-chave: Litoral; biodiversidade; zonas de transição; doenças infecciosas emergentes.

ABSTRACT

It is only intended to do not a scientific work, but rather a brief reflection on the sea/continent ecotone and problems resulting from its degradation. This ecotone forms the boundary between land and sea, being responsible for the emergence and maintenance of coastal systems, which are associated with large areas of biodiversity. On the other hand, this limit is also associated with the emergence of infectious diseases, being crucial for the understanding and prevention of these diseases. Available data for emerging infectious diseases (EID's) and for the increase in its rates of transmission, dispersal and adaptation of pathogens, suggest a close link between the processes that occur in ecotones and the ecological and evolutionary ones responsible for zoonotic infections. These ecosystems are fundamental for the preservation of biodiversity, climate stabilization and temperature and humidity regulation, and are also important areas for the development of economic activities such as fishing, mineral exploration and tourism. However, excessive anthropization, the destruction of coastal vegetation, contamination by pollution, the absence of effective land management, among others, contribute to the degradation of this limit, which has serious consequences in fishing areas, in the increase in coastal erosion, the increase in infectious diseases, economic and catastrophic risks, among other problems. Thus, it is necessary to develop precautionary measures for its preservation. These measures involve the establishment of protected areas, the rehabilitation of degraded coastal areas, and the reintroduction of species, an informed and real ordering and management of activities with expression in the occupation of the coast and the improvement of production habits to reduce contamination. Maintaining its functionality is extremely important to guarantee the continuity of the ecological services it performs. Being one of the fundamental areas for the richness of the neritic zones, its preservation must be a priority, as it is essential to guarantee the respective productivity with greater reflection in the fish wealth that sustains the fishing activities, which are fundamental for the economy of many coastal communities.

Key words: Littoral; biodiversity; transition zones; emerging infectious diseases.

INTRODUÇÃO

A zona costeira (linha de costa e áreas adjacentes) constitui um limite muito importante para a manutenção dos ecossistemas costeiros, pois permite a existência de um grande número de espécies e biótipos, bem como influencia a regulação bioclimática nos espaços litorais (BARNES, 1977; VILES & SPENCER, 1995; VASCONCELOS, 2008). Pretende-se com esta contribuição não um trabalho científico, mas antes uma reflexão sobre a importância do limite que se estabelece entre o mar e a terra, ou seja, o ecótono mar/continente. Nesta reflexão interessa abordar os impactos negativos da antropização excessiva deste espaço. A destruição da vegetação costeira provoca o aumento da erosão, o empobrecimento da diversidade biológica, a degradação dos habitats e a perda de biodiversidade (BARNABÉ & BARNABÉ-OUET, 1997). Da mesma forma, o desenvolvimento de actividades humanas como a agricultura, a pesca intensiva, a construção de infraestruturas, a contaminação por poluição, entre outras, também contribuem para a degradação desta zona (CARTER, 1989; VILES & SPENCER, 1995; VASCONCELOS, 2002).

“O uso indiscriminado e continuado dos oceanos como local de despejo para os desperdícios humanos duradouros terá certamente efeitos muito sérios e, talvez, irreversíveis na sua produtividade” (HEYERDAHL, 1971). Esta afirmação tornou-se realidade e os oceanos, que estão na origem da vida na Terra e desempenham um papel fundamental nos sistemas de suporte da vida, são cada vez mais perturbados pela actividade humana e contaminados com os respectivos desperdícios (VLACHOGIANNI et al. 2015). Infelizmente tal carga afecta todos os seres vivos - humanos e não humanos - (SCBDSTAP 2012), com enorme impacto nas zonas litorais, ou de transição mar/continente, comumente palco de intervenções humanas descontextualizadas e ao arrepio de qualquer ponderação sensata, e da deposição de uma fracção importante dos lixos disseminados pelo ambiente marinho (VASCONCELOS, 2008; FREITAS et al., 2017). Por outro lado, este limite também está associado à emergência de doenças infecciosas, sendo

determinante para a compreensão e prevenção destas doenças (KNAP et al., 2002).

ALGUNS CONCEITOS

Convém relembrar que os Ecossistemas são sistemas abertos que dependem da energia externa para a manifestação das suas propriedades – são sistemas interdependentes. Neste enquadramento a Biosfera é o único “sistema completo” constituído pelo “conjunto de todos os ecossistemas”, os quais são unidades relativamente arbitrarias de dimensões muito diversas, aos quais se pode atribuir uma organização identificável e sustentada por um fluxo de energia (VIEIRA DA SILVA, 1979). Os sistemas viáveis necessitam de energia para manter a sua organização e compensar a formação da entropia (SCHROEDINGER, 1963).

Encontrando-se interligados, a sua interrelação permite a manutenção da heterogeneidade nos ecossistemas uma vez que havendo trocas entre eles, estas se dão sempre no sentido de aquisição de energia pelo sistema mais organizado (MARGALEF, 1968; PEARSON & ROSENBERG, 1978; FRONTIER, 1999). Quando as delimitações que se estabelecem correspondem a uma realidade ecológica, fronteiras perceptíveis separam ecossistemas de características claramente diferentes e constituem uma alteração brusca no seu estado de organização (MARGALEF, 1968). Nestas condições, as zonas de contacto e de fronteira, os “Ecótonos”, representam uma separação nítida, frequentemente de grande biodiversidade, onde se encontram espécies pertencentes aos dois ecossistemas em contacto, acrescidas de espécies características destas zonas de fronteira (ODUM, 1993; SCHLACHER et al., 2020).

Ecótonos (do grego “oikos” – casa e “tonos” – tensão) constituem espaços de uma actividade de trocas intensa, com vantagem para o sistema mais organizado, logo mais maduro. Nos contactos entre sistemas complexos e de maturidade elevada, desenvolvem-se sinuosidades e os ecótonos aumentam de importância. Tal facto é de grande relevância para a riqueza dos ecossistemas, os quais apresentam simultaneamente regiões de grande produtividade e outras de elevada diversidade, com uma grande fronteira de trocas onde ocorrem a

maior parte dos fenómenos de transferência (MARGALEF, 1968; ODUM, 1993; DUVIGNEAUD, 1996).

Ecótonos são assim zonas de transição ou fronteira entre duas entidades ecológicas diferentes que combinam características das duas partes que separam, possuindo, com frequência, grande abundância e diversidade de vida, pelo que são altamente benéficos para os sistemas confinantes (RICKLEFS, 1973; ODUM, 1993).

Recentemente os ecótonos têm vindo a ser encarados não apenas como zonas de transição, mas antes como constituintes mais complexos e dinâmicos dos sistemas ecológicos, que influenciam a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas de uma forma desproporcional, relativamente à sua extensão geográfica em todas as escalas espaciais (ODUM, 1993; FORTIN et al., 2000; MOLLES Jr., 2002; JOHNSTON, 2016; SCHLACHER et al., 2020).

As zonas de ecótono constituem, na realidade, um espaço tridimensional com fronteiras internas e dependem das escalas e do ponto de vista dos investigadores; com base nestes considerando HOLLAND (1988) sugeriu uma outra definição de ecótono: “zona de transição entre sistemas ecológicos adjacentes, tendo um conjunto de características definidas exclusivamente por escalas de espaço e tempo e pela força das interações entre sistemas ecológicos adjacentes”. Podem portanto ser descritos como áreas nas quais os factores biofísicos, a actividade biológica e os processos ecológicos evolutivos são concentrados e intensificados (produtividade biológica, diversificação genética, adaptação evolutiva, interações interespecíficas, agregação e movimento de organismos, nutrientes e outros materiais), criando as condições necessárias para o surgimento e manutenção da diversidade biológica (RICKLEFS, 1973; MARGALEF, 1980; ODUM, 1993; GAO et al., 2019). Isto aplica-se igualmente a sistemas de escalas distintas – biótopos, biocenoses, biomas... (WILMKING, 2004; DESPOMMIER et al., 2007).

LITORAIS

O ecótono mar/continente é um limite que se estabelece entre o mar e a terra, fazendo a ponte

entre o oceano e a terra firme. Nesse limite, ocorrem processos naturais como erosão, deposição, sedimentação e outros processos geomorfológicos, os quais são responsáveis pelo estabelecimento dos sistemas costeiros que estão entre a água salgada e a terra firme.

Assim, as zonas litorais podem (e devem!) ser consideradas uma vasta zona de ecótono entre ecossistema(s) marinho(s) e terrestre(s), que se espalha desde a zona das marés até, para o lado marinho, à profundidade limite da penetração da luz solar e, para o interior terrestre, à zona limite de influência dos aerossóis marinhos (PÉRÈS & PICARD, 1964; DIKINSON, 1977; UNEP, 2006); nele se incluem: sapais, mangais, salinas, estuários, lagunas, rasos de maré, pradarias de ervas marinhas, comunidades de algas fotófilas, ilhas-barreira, sistemas dunares, praias de areia, zonas de arribas litorais, áreas de vegetação ripícola e rupícola... É no ecótono mar/continente que se estabelece a maior biodiversidade, com a presença de espécies aquáticas e terrestres e a existência de habitats complexos. Muitas destas formações estão entre os locais de maior produtividade primária e, logo, dos que apresentam maior capacidade de suporte, no que às diferentes redes tróficas planetárias diz respeito (BARNES, 1977; CARTER, 1989; VILES & SPENCER, 1995; BARNABÉ & BARNABÉ-OUET, 1997; UNEP, 2006). Além disso, o ecótono desempenha um papel fundamental na estabilização climática, uma vez que os ecossistemas costeiros desempenham um papel importante na regulação da temperatura e da humidade (VASCONCELOS, 2008; JOHNSTONE & DAWSON, 2010).

Tratando-se das zonas costeiras mundiais há que entender que estão envolvidos processos e ciclos que dizem respeito a toda a Biosfera e, por conseguinte, a toda a capacidade de suporte da vida na Terra. Ou, recuperando VERNADSKY (1926), nos processos biogeoquímicos (base do funcionamento da biosfera) é fundamental considerar as deslocações das espécies que promovem “a migração” (transporte) de elementos químicos e energia a distâncias, por vezes consideráveis, tal como outras correntes e fenómenos de circulação (oceânicos, atmosféricos...).

Um exemplo eloquente são as zonas húmidas costeiras, palco de estadia e paragem de inúmeras espécies de aves em migração, que nelas se alimentam, promovendo o transporte de energia e nutrientes de e para distâncias importantes. São consideradas áreas vitais, que desempenham um papel crítico e fundamental no funcionamento dos ecossistemas costeiros, nomeadamente na respectiva capacidade de suporte (BARNES, 1977; 1999; NOWICK & NIXON, 1985; UNEP, 2006), sendo consideradas como dos mais valiosos sistemas ecológicos mundiais (COSTANZA et al., 2014). A zona de contacto entre as águas-costeiras e as terras-costeiras constitui um ecótono multifacetado, um dos mais importantes e extensos a nível planetário (DESPOMMIER et al., 2007; SCHLACHER et al., 2013a; 2013b; FREITAS et al., 2021). Nele se encontram importantes zonas de viveiros (“nursery”), de alimentação de muitas espécies costeiras (e não só...), de corredores de migração para numerosas espécies aquáticas (peixes, aves,...) e de invernada para inúmeras espécies de aves (CLARK, 1977; MARGALEF, 1980; PIENKOWSKI, 1997; BARNES, 1999; FONSECA, et al., 2004). O ecótono mar/continente tem assim um papel importante não apenas para a biodiversidade, mas também para a economia, pois é nesse limite que se estabelecem as principais áreas de pesca, portos e navegação, turismo, exploração mineral, entre outras actividades (BARNABÉ & BARNABÉ-OUET, 1997; DIAS, 2004; UNEP, 2006). Constitui, na realidade, um conjunto de ecótonos multifacetados que são considerados zonas vitais (CLARK, 1977; STEERS et al., 2008) – habitat, produtividade, unidades estruturais – sendo elementos críticos dos ecossistemas.

Estas áreas, por serem intermediárias e estarem sujeitas a maiores variações, são cruciais para o desenvolvimento e a manutenção dos ecossistemas. A “franja submarítima” (“*submarine fringe*”) constitui, de entre os ambientes de influência marinha, aquela com maior diversidade de habitats e, simultaneamente, aquela a que se presta menos atenção; esta é a área imediatamente para o interior das zonas ocupadas por comunidades vegetais e animais dominante e

directamente afectadas pelo mar – acima do “supralitoral” (PÉRÈS & PICARD, 1964) e limitada, para o interior continental, pela zona de influência da salsugem (DIKINSON, 1977; BELLAN et al., 2002). A sua diversidade é influenciada pelo balanço entre os factores endógenos (biótopo, relevo e sedimentação) e os factores exógenos (ondas, correntes e ventos). De entre os ambientes de influência marinha é uma zona relativamente difusa que, geralmente, se espalha para o interior por ± 2 km, podendo ser substancialmente maior em zonas sob forte influência de nevoeiros de advecção ou ventos marítimos (BELLAN et al., 2002). Esta zona pode, portanto, considerar-se um produto de processos marítimos e terrestres cuja morfologia exacta depende do balanceamento entre tais processos, mas também da natureza de outras variáveis – materiais envolvidos, natureza geológica, tempo a que está sujeita aos processos referidos e, fundamentalmente, ao papel do Homem (DIKINSON, 1977; FREITAS et al., 2017; 2021). As suas características geomorfológicas foram e são moldadas por processos marinhos e não marinhos e a respectiva natureza complexa deles resultante influencia fortemente a ecologia das plantas e animais dependentes dessa área. Podem abordar-se em termos de habitat (dunas cinzentas, matos dunares, p. ex.) ou das respectivas comunidades (plantas resistentes à salsugem, hábitos pulvinares da vegetação submetida aos ventos marítimos, comunidades animais dependentes das arribas), mas podem considerar-se como características diagnosticantes desta área a localização acima do nível da preia-mar das marés normais e o espalhar-se terra dentro até ao ponto em que as influências marinhas e as comunidades a elas associadas se tornam componentes negligenciáveis do ecossistema (BELLAN et al., 2002). A franja submarítima é, pois, responsável por conectar o mar à terra e por contribuir para a riqueza de espécies e de ecossistemas presentes nas zonas costeiras.

De todos os habitats costeiros é, normalmente, o mais estável e menos sujeito a variações periódicas das condições ecológicas, pelo que actua como zona-tampão para diversas

espécies, particularmente para as de nível trófico mais elevado, que podem não suportar as condições desfavoráveis dos habitats contíguos (nomeadamente os intertidais). Em tempos de expectável subida do nível médio do mar possuem um elevado banco (“*pool*”) de espécies vegetais disponíveis para a colonização dos novos habitats previsíveis (DIKINSON, 1977). As maiores pressões sofridas pelos biótopos desta franja submarítima são directa ou indirectamente devidas à acção humana – pastorícia, agricultura arável e agricultura intensiva impõem severos constrangimentos num ecossistema de solos frágeis, deficientes em nutrientes e matéria orgânica e, logo, muito instáveis (estrutura dos solos, suprimento de nutrientes, capacidade de retenção de água, resistência à erosão), implicam importantes cautelas na gestão de tais áreas. Já actividades como a sua utilização para indústria, fins recreativos, vias de comunicação e urbanizações turísticas acarretam geralmente alterações drásticas e irreversíveis nas respectivas comunidades biológicas (DIKINSON, 1977; VASCONCELOS, 2008; FREITAS et al., 2021).

A necessidade de informação actualizada e rigorosa acerca das pressões sobre os habitats das zonas costeiras continua a ser urgente e indispensável, já que os maiores impactos sobre as comunidades biológicas respectivas foi causado por alterações do seu ambiente provocadas pelos humanos; logo, acções e políticas efectivas de gestão têm que ter por foco as causas principais (DIKINSON, 1977). No mínimo os seres humanos têm que ser olhados como um componente que integra estes ecossistemas, uma vez que o seu envolvimento em tais áreas tem sido contínuo ao longo da sua evolução pelo que têm que ser olhados como “socio-ecossistemas” (CARTER, 1989; BARNABÉ & BARNABÉ-OUET, 1997; PEREIRA et al., 2009).

Para poder manter a nossa herança patrimonial nas zonas costeiras tem que ser atribuída primazia às perspectivas ecológicas, tendo em vista manter estas áreas como habitats vivos para comunidades biológicas tão interessantes como importantes para o nosso futuro (DASMANN et al., 1973; RAMADE, 1978; DESAIGUES & TOUTAIN, 1978; VILES & SPENCER, 1995;

UNEP, 2006)!

SOBRE OS ECÓTONOS

Ecótonos são, como vimos, transições de, por exemplo, um tipo de ecossistema para um outro, podendo ser considerados como uma transição de fase (ex: água líquida para sólida). A sua extensão pode (e deve!) traduzir o gradiente que se estabelece no seu interior; se as zonas de fronteira se sobrepõem ou estão muito próximas o gradiente ambiental deve ser abrupto; se, pelo contrario, a zona ecotonal se torna extensa, ela traduzirá certamente gradientes ambientais que evoluem de uma forma mais gradual (ODUM, 1993; MOLLES Jr., 2002).

Diversos autores sugerem que é nestas áreas de ecótono, em que se assiste a modificações ambientais graduais dentro de uma paisagem, que se devem procurar respostas biológicas às alterações ambientais (MOLLES Jr., 2002; YANDO et al., 2018; SANTILAN et al., 2019). Ou seja, será na geometria dos ecótonos que se devem procurar as respostas ecológicas às previsíveis futuras alterações climáticas e ambientais.

Neste contexto, no ecótono entre sapais e mangais nos limites norte de distribuição destes últimos, tem-se vindo a assistir à sua progressão para norte, colonizando as áreas de sapal. As projecções climáticas mais recentes sugerem que esta tendência se vai tornar uma deriva mais frequente devida aos efeitos das alterações climáticas (CAVANAUGH et al., 2019). Estas, sabe-se, deverão incrementar a eutrofização das zonas costeiras, com aumento da disponibilidade de nutrientes, nomeadamente azoto, que se sabe favorecer o desenvolvimento dos mangais em detrimento dos sapais, o que acontece no ecótono tropical-temperado (DANGREMOND et al., 2020). Assim, a variação geográfica deste ecótono será um bom indicador das alterações climáticas (YANDO et al., 2018; SANTILAN et al., 2019).

Outras consequências das alterações climáticas em zonas de ecótono: i) redução da pluviosidade – durante os últimos 50 anos a redução da escorrência de água doce juntamente com a compartimentação dos Everglades e um aumento de ± 10 cm no nível do mar fez com que o ecótono do mangal tenha transgredido para o

interior cerca de 1,5 km (RIVERA-MONROY et al., 2011); ii) a redução dos nevoeiros de advecção litoral no verão na costa da Califórnia têm produzido situações mais secas e quentes junto à zona costeira (o mesmo, embora sem estudos que o confirmem, deverá ser o que está a ocorrer na costa sudoeste portuguesa, segundo testemunho dos habitantes locais mais idosos), estimando-se uma redução de 33% na frequência de nevoeiros desde o início do século XX (JOHNSTONE & DAWSON, 2010); iii) a emergência de formações de mangal no interior de zonas de sapal, não fornece habitat equivalente, conduzindo a alterações das comunidades animais no interior dos diversos espaços e no ecótono que podem ser significativas, influenciando os processos ecológicos de estruturação das comunidades (JOHNSTONE, 2016); iv) no interior de zonas de sapal a definição de ecótonos pode estar igualmente relacionada com a disponibilização de nutrientes e a capacidade das diferentes espécies para os utilizarem e acumularem (GAO et al., 2019; DANGREMOND et al., 2020); v) as zonas de transição são frequentemente ignoradas ou reduzidas a linhas nos mapas, mas estas zonas são activas e desempenham inúmeros papéis funcionais na dinâmica dos ecossistemas controlando, por exemplo, o fluxo de materiais entre eles, influenciando a biodiversidade (FORTIN et al., 2000).

Estes são, assim, sistemas dinâmicos e alterações na sua localização podem indicar alterações ambientais pelo que se tornaram foco de investigação em Ecologia da Paisagem e alterações climáticas globais (FORTIN et al., 2000). De acordo com GAO et al. (2019) ainda será necessária muita investigação para esclarecer tudo isto.

Muitas zonas húmidas podem ser zonas de transição entre sistemas aquáticos e terrestres, logo ecótonos, os quais estão gradualmente a desaparecer devido à fragmentação antrópica da paisagem e dos sistemas hidrológicos, sendo raramente considerados unidades de conservação. Quando os ecótonos desaparecem as relações estruturais e funcionais entre os ecossistemas adjacentes são desestruturadas, reduzindo a resiliência de cada um dos subsistemas e da

totalidade do sistema; para reabilitar e proteger estas áreas devem visar-se múltiplas zonas que representem toda a diversidade dos ecossistemas incluindo os ecótonos respectivos - do mar para terra; dos mangais para os paúis e sapais; entre zonas húmidas e planícies marginais... (DUVIGNEAUD, 1996; ODUM, 1993; BARNES, 1999; POLGAR & JAAFAR, 2018).

Reconhecem-se ecótonos bióticos ou ambientais: os primeiros traduzem a resposta das espécies às alterações ambientais (abruptas ou graduais), às interações entre as espécies ou a ambas; os segundos correspondem a modificações físicas abruptas relativamente a diferentes parâmetros - solo, topografia, geologia, tipos e granulometria do sedimento... (FORTIN et al., 2000). Haverá, todavia, que considerar três grandes categorias de ecossistemas com funcionamentos muito diferentes: terrestres, aquáticos e seus interfaces litorais (FRONTIER, 1999).

Segundo FRONTIER (1999) o interface litoral, muito produtivo, é sede de fenómenos físicos e biológicos muito interligados – diversidade natural de massa de água e seus movimentos (correntes, marés, vagas, salinidade, nutrientes, seston, matéria orgânica), dos substratos de contacto e da geometria da interface (fractal) – que determinam uma grande variedade de processos. Os interfaces (ecótonos) desempenham um papel fundamental à escala da paisagem (lagunas, pântanos, redes hidrográficas, estuários, sapais, mangais, praias, planícies costeiras, litorais rochosos). Há aqui muitos exemplos de ecossistemas juvenis (eutróficos) que exportam matéria/energia para ecossistemas maduros (oligotróficos). Podem assim ser vistos como zonas nas quais as taxas espaciais de variação na sua estrutura ou função ecológica são rápidas relativamente às taxas relativas à paisagem no seu conjunto (WILMKING, 2004).

Globalmente, o litoral constitui um ecótono entre os ecossistemas continentais e os aquáticos, cujas características principais se relacionam com a existência de uma enorme diversidade de biótopos (calmos/agitados, com/sem água doce, natureza geológica, tipos de marés, etc.), e com um regime de perturbação quase permanente e comando da

ecologia pela física, com forte interação entre as diferentes comunidades biológicas aquáticas (plâncton, necton, bentos), e destas com algumas terrestres (insectos, aves, mamíferos) (BARNES, 1999; SCHLACHER et al., 2013a). Segundo FRONTIER (1999) a zona litoral pode apresentar-se como uma zona de:

- forte produtividade e biodiversidade elevada;
- forte biomassa nos mares frios e grande biodiversidade nos mares quentes;
- fornecimento de nutrientes de origem oceânica (upwelling), continental (lixiviação), atmosférica (ventos, chuvas, cianofíceas...);
- forte interação com o continente (estuários, deltas, lagunas, sapais, mangais) com misturas de águas doces/salgadas, variação de salinidade e contributo em sedimentos.

Esta zona constitui igualmente uma importante área de trocas com:

- diversos exemplos de cadáveres marinhos arrojados nas praias e utilizados por inúmeros necrófagos marinhos e terrestres (SCHLACHER et al., 2013a, 2013b, 2020);
- plumas de rios que carregam matéria orgânica e nutrientes que são processados e incorporados nos organismos marinhos (CONNOLLY et al., 2009).

BREBER et al. (2008) referem que vastas áreas de zonas húmidas têm vindo a ser reclamadas para agricultura intensiva com perda de ecótonos e reflexos muito negativos para, por exemplo, o rendimento da pesca.

ECÓTONOS E DOENÇAS INFECCIOSAS EMERGENTES

A análise de aproximadamente 130 doenças infecciosas emergentes (EID's) causadas por agentes zoonóticos (vírus, bactérias, fungos e protozoários) sugere que poderão estar maioritariamente associados a zonas de ecótono, como é o caso do ecótono mar/continente, nomeadamente aos de origem antrópica ou grandemente modificados por acções humanas, e nos quais o trânsito humano é mais ou menos intenso (DESPOMMIER et al., 2017). Estas áreas são extremamente importantes para o surgimento e proliferação de patogénias, pois são estas

fronteiras, em que ocorre uma biodiversidade elevada, um dos principais berçários de novas doenças infecciosas.

A maior parte das zoonoses emergentes parecem poder associar-se a alterações antrópicas dos diferentes ecossistemas as quais podem alterar as relações parasita–vector–hospedeiro, podendo culminar numa situação de transmissão de hospedeiro não-humano para humano (DESPOMMIER et al., 2007).

Estas dinâmicas parecem estar associadas com i) cobertura do solo/alterações do uso e/ou ii) alterações da interface terra/água e podem provocar trocas de parasitas e hospedeiros (ex: transmissões entre espécies, introduções e/ou extensões de alcance geográfico em habitats novos ou alterados); podem igualmente ser efectivamente descritas como variação de ecótonos (extensão geográfica ou sobreposição) e dos processos que neles ocorrem. O resultado é, não raro, a intersecção de múltiplos ecótonos naturais e antrópicos (orlas de florestas e paisagens florestais fragmentadas, ecótonos terrestre/aquáticos/habitats ripários, paisagens ribeirinhas e zonas húmidas dulçaquícolas ou estuarinas, ecótonos floresta/pradarias/tundras e terrestre/mar/zona costeira à escala de biomas) (DESPOMMIER et al., 2007; 2017).

No que à zona costeira interessa tem aumentado o risco das zoonoses associadas às zonas de ecótonos costeiros, nomeadamente malária, dengue, leptospirose, diarreias e cólera. Adicionalmente há também um consenso de que as alterações climáticas têm causado avanços de espécies microbianas tropicais (muitas patogénicas) para as zonas temperadas frias, historicamente livres desses agentes (PARMESAN & ATTRILL, 2016; VEZZULLI et al., 2016). Relativamente à cólera, o comércio mundial de um poliqueta (*Namalycastis rhodochorde*) utilizado como isco vivo para pesca, pode bem ser um agente de dispersão, a partir do Vietname, dos vibriões da cólera a longa distância (COHEN, 2012).

Afigura-se, assim, necessário compreender e estudar melhor o ecótono mar/continente, para que possamos prevenir futuras epidemias e pandemias, e para a compreensão e a prevenção de doenças infecciosas emergentes.

ALGUNS COMENTÁRIOS FINAIS

Os ecossistemas costeiros integrados numa orla fisicamente limitada, são, por isso mesmo, muitíssimo sensíveis às pressões com origem na actividade humana que, a nível mundial, lhes provocaram já acentuada degradação (VASCONCELOS, 2002, 2008). Na realidade integram o ecótono mar/continente, o elo de ligação entre o mar e a terra firme. Nesse limite, ocorrem processos naturais biogeomorfológicos, mas também os decorrentes das actividades humanas (implantação de infraestruturas portuárias, de indústrias, de núcleos urbanos...), os quais em conjunto são responsáveis pela natureza e aspecto do ecótono. A crescente invasão dos espaços litorais pelas populações humanas é a causa do “confronto de duas lógicas frequentemente contraditórias: a dinâmica do avanço do mar e a progressão inversa da implantação humana” (VASCONCELOS, 2008).

É comum afirmar-se que entre os ecossistemas litorais se encontram alguns dos de maior produtividade natural, sendo igualmente dos mais interessantes do ponto de vista científico e dos de maior valor em termos de bens e serviços fornecidos à Humanidade. são também dos mais vulneráveis ao desenvolvimento socioeconómico humano (BARNES, 1977; 1999; VASCONCELOS, 2008; COSTANZA et al., 2014). Assim, a função que desempenham na economia global desvirtua-se à medida que são alterados, sendo geralmente irreversíveis (à escala do tempo humano), afectando um maior ou menor grupo de espécies com interesse económico, sabendo-se que cerca de 70% das espécies marinhas pescadas dependem da faixa costeira (VASCONCELOS, 2002; 2008).

Infelizmente tem vindo a constatar-se o desaparecimento gradual dos ecótonos devido à fragmentação antrópica das paisagens, uma vez que raramente são considerados como unidades de conservação. Como já foi referido, perdidas as zonas de ecótono a resiliência dos ecossistemas adjacentes é, normalmente, drasticamente reduzida. (POLGAR & JAAFAR, 2018). Deste modo, estas zonas de transição são frequentemente mencionadas como zonas de alerta precoce para alterações a ocorrer nos ecossistemas

(WILMKING, 2004). Como aludido, FORTIN et al., (2000) salientam que as alterações detectadas no posicionamento dos ecótonos podem ser utilizadas como indicadores de alterações ambientais, pelo que a sua dinâmica e a deriva dos respectivos limites podem ser úteis para incrementar a nossa compreensão das implicações ecológicas das alterações climáticas (YANDO et al., 2018).

Tem vindo a ser verificado que as modificações detectadas na distribuição de mangais e de sapais pode servir de sentinela às modificações decorrentes de alterações climáticas, as quais porão certamente em causa o grande número de serviços ecológicos ligados a esses habitats (RIVERA-MONROY et al., 2011; SANTILAN et al., 2019). CAVANAUGH et al. (2019) mostraram que no nordeste da Florida, mangais e sapais trocaram de dominância pelo menos seis vezes entre o final de 1700 e 2017 devido a flutuações na frequência e intensidade de eventos de frio extremo. Todavia, conquanto a recente expansão do mangal possa ser integrada nesse contexto histórico de um sistema sujeito a oscilações, as projecções relativas às alterações climáticas em curso patenteiam que a tendência recente pode representar uma alteração mais permanente. Sabe-se que as florestas de mangal estão a expandir-se para as zonas de sapal na zona de ecótono mangal-sapal histórica, um fenómeno associado ao aquecimento e que terá implicações importantes no sequestro de carbono (DOUGHTY et al., 2016).

SCHLACHER et al. (2013a; 2013b; 2020) referem a importância do transporte de matéria e de energia do mar para o continente através do material que se deposita nos areais. Cadáveres de animais marinhos depositados nos areais são geralmente consumidos por animais terrestres (desde insectos a aves e mamíferos; de catadores a carnívoros e necrófagos). Foi igualmente mostrado que os ecossistemas intertidais marinhos podem depender energeticamente de inputs continentais (eg. descargas de rios), levantando a hipótese de que os ciclos de carbono e azoto nas margens oceânicas a nível mundial podem ser vulneráveis a impactos decorrentes das alterações climáticas, devido à redução da precipitação e, logo, da

escorrência continental (SCHLACHER & CONNOLLY, 2009). Os grandes rios carregam grandes quantidades de material que promovem teias tróficas bentónicas marinhas exuberantes. Por outro lado, descargas menores podem também contribuir para necessidades energéticas de espécies-alvo das pescarias costeiras, mas as suas características mais efêmeras e as pequenas dimensões físicas estabelecem os limites para o desenvolvimento do ecótono terra-água (CONNOLLY et al., 2009); a redução destas contribuições pode portanto afectar o rendimento de algumas pescarias (VASCONCELOS, 2008).

Dados disponíveis para as EID's e respectivas causas do aumento das taxas de transmissões patogénicas, dispersão e adaptação sugerem uma ligação estreita entre os processos que ocorrem nos ecótonos e os responsáveis pelas infecções zoonóticas. Os ecótonos e a sua provável relação com os processos biofísicos, ecológicos e evolutivos dos agentes patogénicos estão certamente na base das EID's zoonóticas. O estudo de tais processos pode vir a ser muito útil no entendimento das causas da recente tendência de aumento global destas doenças (DESPOMMIER et al., 2007; 2017).

Uma aturada revisão recente encontrou vários exemplos de doenças zoonóticas emergentes na interface vida selvagem-gado-humanos, as quais estavam associadas com diferentes combinações de intensificação agrícola e alterações ambientais como, por exemplo, fragmentação do habitat e ecótonos, biodiversidade reduzida, mudanças na agricultura e aumento da densidade humana nos ecossistemas (JONES et al., 2013).

Sabe-se hoje que os animais selvagens são hospedeiros de cerca de 62% dos agentes patogénicos humanos, pelo que alterações na dinâmica das comunidades dessas espécies podem alterar o grau de risco para o Homem. (PARMESAN & ATTRILL, 2016).

Segundo FORTIN et al. (2000), o desafio é tratar estas zonas heterogéneas que constituem os ecótonos como entidades em si mesmas, em lugar de as reduzir simplesmente a uma linha entre manchas adjacentes. Deste modo, a investigação, conservação e restauro de habitats tem, obrigatoriamente, que se focar também nos

ecótonos, já que, a diversas escalas, estes mostram ser áreas de aumento da biodiversidade e de habitat crítico para as diferentes espécies de numerosos grupos – de insectos a mamíferos (TRAUT, 2005). Constituem portanto componentes fundamentais da paisagem que têm sido normalmente ignorados em proveito do estudo de ecossistemas mais homogéneos (FORTIN et al., 2000).

A preservação deste ecótono, que é de extrema importância para garantir a saúde humana e a segurança das zonas costeiras, bem como para a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas costeiros, passa pelo estabelecimento de áreas protegidas onde se limitem as actividades humanas (e, logo, de protecção essencial, pelo que não devem ser aradas, limpas, drenadas, dragadas, entulhadas...), pela reabilitação de áreas costeiras degradadas, pela reintrodução de espécies, pela melhoria dos hábitos de produção para reduzir a contaminação e pelo ordenamento e gestão integrada dos interesses naturais e socioeconómicos em presença (VILES & SPENCER, 1995; ANDRADE et al., 2009; DOMINGOS et al., 2009). O restauro dos ecótonos, sapais e planícies inundadas e a preservação dos ecossistemas semi-naturais de agro-silvo-pastorícia têm que ser prioridades a ser consideradas (BREBER et al., 2008).

É importante referir que a presença e a intensidade das relações entre as espécies serão influenciadas pelo tipo e extensão do ecótono criado. Em suma, o ecótono mar/continente possui um papel fundamental na estabilização climática, na preservação da biodiversidade e na regulação das actividades humanas. Além disso, é também responsável por uma parte não negligenciável das EID's devido a ser a provável origem de novos agentes patogénicos. Sendo assim, é de extrema importância compreender e preservar esta zona de fronteira para garantir a saúde humana e a segurança das zonas costeiras.

AGRADECIMENTOS

Trabalho financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projecto UIDB/MAR/04292/2020, atribuído ao MARE - Centro de Ciências do Mar e do Ambiente.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F.; CABRAL, H. & BORGES, F. 2009. Ambientes costeiros. In: PEREIRA, H.M.; DOMINGOS, T.; VICENTE, L. & PROENÇA, V. (Eds.). *Ecosistemas e bem-estar humano. Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. pp.413-435, Escolar Editora, Lisboa. (ISBN: 978-972-592-274-3).
- BARNABÉ, G. & BARNABÉ-OUET, R. 1997. *Écologie et aménagement des eaux côtières*. xii+392p., Lavoisier Tec & Doc, Paris. (ISBN: 2-7430-0100-3).
- BARNES, R.S.K. 1977. The coastline. In: BARNES, R.S.K. (Ed.), *The coastline*, pp.3-27. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, (ISBN: 0-471-99470-7).
- BARNES, R.S.K. 1999. The conservation of brackish-water systems: priorities for the 21st century. *Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems*, 9: 523–527.
- BELLAN, G.; BELLAN-SANTINI, N. & DAUVIN, J.C. 2002. Définition et perception de l'espace littoral. Le point de vue de naturalistes. In: DAUVIN, J.C. (Ed.) *Gestion Intégrée des zones côtières: outils et perspectives pour la préservation du patrimoine naturel*. *Patrimoines Naturels*, 57: 36-42. (ISBN: 2-85653-549-6).
- BREBER, P.; POVILANSKAS, R. & ARMAITIENÈ, A. 2008. Recent evolution of fishery and land reclamation in Curonian and Lesina lagoons. *Hydrobiologia*, 611:105–114. (doi: 10.1007/s10750-008-9453-6).
- CARTER, R.W.G. 1989. *Coastal Environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. xvi+619p., Academic Press Ltd., London. (ISBN: 0-12-161856-0).
- CAVANAUGH, K.C.; DANGREMOND, E.M.; DOUGHTY, C.L.; WILLIAMS, A.P.; PARKER, J.D.; HAYES, M.A.; RODRIGUEZ, W. & FELLER, I.C. 2019. Climate-driven regime shifts in a mangrove–salt marsh ecotone over the past 250 years. *PNAS*, 116(43): 21602–21608. (doi: 10.1073/pnas.1902181116).
- COHEN, A.N. 2012. *Aquatic Invasive Species Vector Risk Assessments: Live Saltwater Bait and the Introduction of Non-native Species into California*. Final Report, 93p.
- CONNOLLY, R.M.; SCHLACHER, T.A. & GASTON, T.F. 2009. Stable isotope evidence for trophic subsidy of coastal benthic fisheries by river discharge plumes off small estuaries. *Marine Biology Research*, 5(2):164-171. (doi: 10.1080/17451000802266625).
- CLARK, J.R., 1977. *Coastal ecosystem management*. xii+928p., John Wiley & Sons, Inc, N.Y., (ISBN: 0-471-15854-2).
- COSTANZA, R., DE GROOT, R., SUTTON, P., van der PLOEG, S., ANDERSON, S.J., KUBISZEWSKI, I., FARBER, S., TURNER, R.K., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26: 152-58. (doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002).
- DANGREMOND, E.M.; SIMPSON, L.T.; OSBORNE, T.Z. & FELLER, I.C. 2020. Nitrogen Enrichment Accelerates Mangrove Range Expansion in the Temperate–Tropical Ecotone. *Ecosystems*, 23: 703–714. (doi: 10.1007/s10021-019-00441-2).
- DASMANN, R.F.; MILTON, J.P. & FREEMAN, P.E. 1973. *Ecological principles for economical development*. viii+452p., John Wiley and Sons Ltd, London. (ISBN: 0-471-19606-1).
- DESAIGUES, B. & TOUTAIN, J.C. 1978. *Gérer l'environnement*. xiii+324p. Ed. Economica, Paris.
- DESPOMMIER, D.D.; ELLIS, B.R. & WILCOX, B.A. 2007. The Role of Ecotones in Emerging Infectious Diseases. *EcoHealth* 3: 281–289. (doi: 10.1007/s10393-006-0063-3).
- DESPOMMIER, D.D.; GRIFFIN, D.O.; GWADZ, R.W.; HOTEZ, P.J. & KNIRSCH, C.A. 2017. *Parasitic Diseases (6th Ed.)*. x+590 p., Parasites Without Borders, Inc. New York, (ISBN: 978-0-9978400-1-8).
- DIAS, J.A. 2004. *Portugal e o Mar – Importância da Oceanografia em Portugal*. 44p., Coleção OmniCiência, nº4, Apenas Livros Lda, Lisboa. (ISBN: 972-8777-73-6).
- DIKINSON, G. 1977. The submarine fringe. In: BARNES, R.S.K. (Ed.), *The coastline*, pp.271-288. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, (ISBN: 0-471-99470-7).
- DOMINGOS, T.; SEQUEIRA, E.; MAGALHÃES, M.; VALADA, T.; VICENTE, L.; MARTINS, H. &

- FERREIRA, M. 2009. Promotores de alterações nos ecossistemas. In: PEREIRA, H.M.; DOMINGOS, T.; VICENTE, L. & PROENÇA, V. (Eds.). *Ecossistemas e bem-estar humano. Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. pp.56-89, Escolar Editora, Lisboa. (ISBN: 978-972-592-274-3).
- DOUGHTY, C.L.; LANGLEY, J.A.; WALKER, W.S.; FELLER, I.C.; SCHAUB, R. & CHAPMAN, S.K. 2016. Mangrove range expansion rapidly increases coastal wetland carbon storage. *Estuaries and Coasts*, 39(2): 385–396. (doi:10.1007/s12237-015-9993-8).
- DUVIGNEAUD, P. 1996. *A síntese ecológica*. xxxvi+787p., Coleção Perspectivas Ecológicas, Instituto Piaget, Lisboa. (ISBN: 972-8245-43-2).
- FONSECA, V.G., GRADE, N. & CANCELA DA FONSECA, L. 2004. Patterns of association and habitat use by migrating shorebirds on intertidal mudflats and saltworks on the Tavira Estuary, Ria Formosa, southern Portugal. *Wader Study Group Bull.* 105: 50–55.
- FORTIN, M.J.; OLSON, R.J.; FERSON, S.; IVERSON, L.; HUNSAKER, C.; EDWARDS, G.; LEVINE, D.; BUTERA, K. & KLEMAS, V. 2000. Issues related to the detection of boundaries. *Landscape Ecology*, 15(5): 453–466. (doi: 10.1023/a:1008194205292).
- FREITAS, J.G.; DIAS, J.A.; PAULA, D.P.; CANCELA DA FONSECA, L.; VASCONCELOS JUNIOR, R. & SCHMIDT, L. 2017. Contra a maré cremos, crianças, que basta edificar mais cubos e muralhas de areia: Reflexões interdisciplinares sobre a Gestão Costeira. In: PEREIRA, S.D.; RODRIGUES, M.A.C.; BERGAMASCHI, S.; ARAÚJO-JÚNIOR, H.; CANCELA DA FONSECA, L.; GARCIA, A.C. & ROQUE, A.C. (Eds.). *O Homem e o Litoral: Transformações na paisagem ao longo do tempo - Tomo VI da Rede BrasPor*. pp.52-67. Rio de Janeiro: UERJ. (ISBN: 978-85-5676-018-0).
- FREITAS, J.G.; JAMES, R. & LAND, I. 2021. Coastal studies and society: The tipping point. *Coastal Studies & Society*, 0(0): 1–7. (doi: 10.1177/26349817211047765).
- FRONTIER, S. 1999. *Les écosystèmes*. 128p., Col. Que sais-je?, Presses Universitaires de France, Paris. (ISBN: 978-2130500728).
- GAO, H.; ZHAI, S.; SUN, Z.; LIU, J. & TONG, C. 2019. Differences in biomass and silica content in typical plant communities with ecotones in the Min River estuary of southeast China. *PeerJ*, 7:e7218. (doi: 10.7717/peerj.7218).
- HEYERDAHL, T. 1971. Atlantic Ocean Pollution and Biota Observed by the 'Ra' Expeditions. *Biological Conservation*, 3(3): 164-167. (doi: 10.1016/0006-3207(71)90158-3).
- HOLLAND, M.M. 1988. Scope/Mab technical consultations on landscape boundaries: report of a Scope/Mab workshop on ecotones. *Biology International, Special Issue 17*: 47–106.
- JONES, B.A.; GRACE, D.; KOCK, R.; ALONSO, S.; RUSHTON, J.; SAID, M.Y.; McKEEVER, D.; MUTUA, F.; YOUNG, J.; McDERMOTT, J. & PFEIFFER, D.U. 2013. Zoonosis emergence linked to agricultural intensification and environmental change, *PNAS*, 110(21): 8399-8404. (doi: 10.1073/pnas.1208059110).
- JOHNSTON, C.A. 2016. *Marine community assembly in a dynamic ecotone*. PhD Thesis, Faculty of the Graduate School, University of Maryland. 164pp.
- JOHNSTONE, J.A. & DAWSON, T.E. 2010. Climatic context and ecological implications of summer fog decline in the coast redwood region. *PNAS*, 107(10): 4533–4538. (doi: 10.1073/pnas.0915062107).
- KNAP, A.; DEWAILLY, E.; FURGAL, C.; GALVIN, J.; BADEN, D.; BOWEN, R.E.; DEPLEDGE, M.; DUGUAY, L.; FLEMING, L.E.; FORD, T.; MOSER, F.; OWEN, R.; SUK, W.A. & UNLUATA, U. 2002. Indicators of ocean health and human health: developing a research and monitoring framework. *Environmental Health Perspectives*, 110(9): 839–845. (doi:10.1289/ehp.02110839).
- MARGALEF, R. 1968. *Perspectives de la Teoria Ecológica*. 110p., (version castellana, 1978). Ed.Blume, Barcelona. (ISBN: 84-7031-099-2).
- MARGALEF, R. 1980. *Ecologia*. xv+951p. Ediciones Ómega S.A., Barcelona. (ISBN: 84-282-0405-5).
- MOLLES Jr. M.C. 2002. *Ecology. Concepts and applications*, 2nd edition. xxiv+586p., McGraw-Hill Inc., New York. (ISBN: 0-07-029416-X).
- NOWICKI, B.L. & NIXON, S.W. 1985. *Benthic*

- community metabolism in a coastal lagoon ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 22(1): 21-30.
- ODUM, E.P. 1993. *Ecology and our endangered life-support systems* (2nd edition). xvi+303p., Sinauer Associates, Inc., Sunderland. (ISBN: 0-87893-634-3).
- PARMESAN C. & ATTRILI M.J. 2016. Impacts and effects of ocean warming on human health (disease). In: LAFFOLEY D. & BAXTER J.M. (Eds.): *Explaining Ocean Warming: Causes, scale, effects and consequences*, pp.439-449. Full report. Gland, Switzerland: IUCN. (doi: 10.2305/IUCN.CH.2016.08.en).
- PEARSON, T.H. & ROSENBERG, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16: 229-311.
- PEREIRA, H.M.; MOTA, R.; FERREIRA, M. & GOMES, I. 2009. Cenários socioecológicos para Portugal. In: PEREIRA, H.M.; DOMINGOS, T.; VICENTE, L. & PROENÇA, V. (Eds.). *Ecosistemas e bem-estar humano. Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. pp.91-125, Escolar Editora, Lisboa. (ISBN: 978-972-592-274-3).
- PÉRÈS, J-M. & PICARD, J. 1964. *Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée*. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume. 31(47): 1-137.
- PIENKOWSKI, M. 1997. Shorebird networks in north and west Europe in the context of artic-African migration systems. In: Amigos de la Tierra (ed.). *La conservación de las zonas húmedas en una perspectiva Norte-Sur: La ruta migratoria Atlántico Oriental*. pp. 63-82. Actas de la Conferencia Internacional, Sevilla, España, 26-29/11/1995. Amigos de la Tierra, Junta de Andalucía - Consejería de Medio Ambiente. (ISBN: 84-8100-012-4).
- POLGAR, G. & JAAFAR, Z. 2018. Ecotonal Networks (ENTs). In: *Endangered Forested Wetlands of Sundaland*. pp.41-55. Springer, Cham. (doi: 10.1007/978-3-319-52417-7_3).
- RAMADE, F. 1978. *Éléments d'écologie appliquée. Action de l'Homme sur la biosphère*. vi+576p., McGraw Hill Inc., Paris. (ISBN: 2-7042-1002-0).
- RICKLEFS, R.E. 1973. *Ecology*. x+861p., Chiron Press, Massachusetts.
- RIVERA-MONROY, V.H.; TWILLEY, R.R.; DAVIS III, S.E.; CHILDERS, D.L.; SIMARD, M.; CHAMBERS, R.; JAFFE, R.; BOYER, J.N.; RUDNICK, D.T.; ZHANG, K.; CASTAÑEDA-MOYA, E.; EWE, S.M.L.; PRICE, R.M.; CORONADO-MOLINA, C.; ROSS, M.; SMITH III, T.J.; MICHOT, B.; MESELHE, E.; NUTTLE, W.; TROXLER, T.G. & NOE, G.B. 2011. The Role of the Everglades Mangrove Ecotone Region (EMER) in regulating nutrient cycling and wetland productivity in South Florida. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 41(sup1): 633-669. (doi: 10.1080/10643389.2010.530907).
- SAINTILAN, N.; ROGERS, K. & McKEE, K.L. 2019. The Shifting Saltmarsh-Mangrove Ecotone in Australasia and the Americas, In: PERILLO, G.M.E.; WOLANSKI, E.; CAHOON, D.R. & HOPKINSON, C.S. (Eds.), *Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach* (2nd Edition), pp.915-945, Elsevier, (ISBN: 978-0444638939, doi: 10.1016/B978-0-444-63893-9.00026-5).
- SCBDSTAP 2012. Secretariat of the Convention on Biological Diversity and the Scientific and Technical Advisory Panel—GEF. *Impacts of Marine Debris on Biodiversity: Current Status and Potential Solutions*, Montreal, Technical Series No. 67, 61pp.
- SCHLACHER, T.A. & CONNOLLY, R.M. 2009. Land–ocean coupling of carbon and nitrogen fluxes on sandy beaches. *Ecosystems*, 12: 311–321. (doi: 10.1007/s10021-008-9224-2).
- SCHLACHER, T.A.; STRYDOM, S.; CONNOLLY, R.M. 2013a. Multiple scavengers respond rapidly to pulsed carrion resources at the land-ocean interface. *Acta Oecologica*, 48: 7-12. (doi: 10.1016/j.actao.2013.01.007).
- SCHLACHER, T.A.; STRYDOM, S.; CONNOLLY, R.M. & SCHOEMAN, D. 2013b. Donor-control of scavenging food webs at the land-ocean interface. *PLoS ONE*, 8(6): e68221. (doi: 10.1371/journal.pone.0068221).
- SCHLACHER, T.A.; GILBY, B.L.; OLDS, A.D.; HENDERSON, C.J. & CONNOLLY, R.M.; PETERSON, C.H.; VOSS, C.M.; MASLO, B.;

- WESTON, M.A.; BISHOP, M.J. & ROWDEN, A. 2020. Key ecological function peaks at the land–ocean transition zone when vertebrate scavengers concentrate on ocean beaches. *Ecosystems*, 23: 906–916. (doi: 10.1007/s10021-019-00445-y).
- SCHROEDINGER, E. 1963. *Vida Espírito e Matéria*. 226p., Coleção Estudos e Documentos, nº26. Publicações Europa-América, Lisboa. [Edição fac-simile 2020, *A Bela e o Monstro/Rapsódia Final*, Lisboa], (ISBN: 978-989-8737-56-4).
- STEERS, R.J.; CURTO, M. & HOLLAND, V.L. 2008. Local scale vegetation mapping and ecotone analysis in the southern coast range, California. *Madroño*, 55(1): 26–40.
- TRAUT, B.H. 2005. The role of coastal ecotones: a case study of the salt marsh/upland transition zone in California. *Journal of Ecology*, 93: 279–290. (doi: 10.1111/j.1365-2745.2005.00969.x).
- UNEP 2006. *Marine and coastal ecosystems and human wellbeing: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment*. United Nations Environment Programme, Nairobi, 76p.
- VASCONCELOS, M.S. 2002. *A Condição Humana e os Oceanos*. Breviário de Meditação. 372p., Lisboa: Instituto de Investigação das Pescas e do Mar – IPIMAR, (ISBN: 972-9372-28-4).
- VASCONCELOS, M.S. 2008. *Océan et Zones Côtières. Le défi d’une politique intégrée*. In: *Actes de l’Académie Hassan II des Sciences et Techniques* pp. 207-231. (Session Plénière, Thématique: Océanographie). Rabat.
- VERNADSKY, W. 1926. *La Biosphère*. 285p., Éditions du Seuil (2002), Paris. (ISBN: 2-02-052782-0).
- VEZZULLI, L.; GRANDEA, C.; REIDB, P.C.; HÉLAOUËTB, P.; EDWARDSB, M.; HÖFLED, M.G.; BRETTARD, I.; COLWELLE, R.R. & PRUZZO, C. 2016. Climate influence on *Vibrio* and associated human diseases during the past half-century in the coastal North Atlantic. *PNAS*, E5062–E5071. (doi: 10.1073/pnas.1609157113).
- VIEIRA DA SILVA, J. 1979. *Introduction à la théorie écologique*. 112p., Paris, Masson, Collection d’Ecologie, nº 14, (ISBN: 2-225-63492-0).
- VILES, H. & SPENCER, T. 1995. *Coastal problems: Geomorphology, ecology and society at the coast*. x+350p., Edward Arnold, Pub., London, (ISBN: 0-340-53197-5).
- VLACHOGIANNI, T., RONIOTES, A., VEIGA, J., MIO-ECSDE, 2015. *Marine litter brochure sectors-specific ‘Stopping marine litter together!’*. Deliverable D6.4. MARLISCO project *Marine Litter in European Seas: Social Awareness and Co-Responsibility*. (EC FP7 Coordinated and Support Action, SIS-MML-289042).
- WILMKING, M. 2004. *The treeline ecotone in interior Alaska: From theory to planning and the ecology in between*. PhD Thesis, University of Alaska Fairbanks. xii+130p.
- YANDO, E.S.; OSLAND, M.J. & HESTER, M.W. 2018. Microspatial ecotone dynamics at a shifting range limit: plant–soil variation across salt marsh–mangrove interfaces. *Oecologia*, 187: 319-331. (doi: 10.1007/s00442-018-4098-2).

