

ESCENARIOS PREDICTIVOS DEL POSICIONAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA DE MATINHOS – PARANÁ (BRASIL): SUBSIDIOS PARA LA GESTIÓN COSTERA

MARIA CAROLINA STELLFELD¹

EDUARDO VEDOR DE PAULA¹

EVERTON PASSOS¹

RESUMEN – Brasil lanzó en 2018 el Programa Nacional para la conservación de la Línea de Costa – PROCOSTA, que tiene como objetivo mapear la línea de costa actual, creando proyecciones e identificando peligros en el litoral. En este, el peligro es definido como fenómenos naturales que pueden resultar en daños materiales y humanos, incluyendo los procesos de erosión costera. En este sentido, este trabajo identificó las variaciones de la línea de costa con auxilio de la aplicación Digital Shoreline Analisis System, indicando locales con erosión, y traza escenarios en conformidad al intervalo temporal sugerido por el PROCOSTA en el municipio de Matinhos, litoral sur del Paraná – Brasil. Aquí se presentan los resultados obtenidos con esta producción de escenarios de evolución de línea de costa, que se generaron a partir del resultado del análisis espacial y temporal de movimiento de la línea de costa entre los años 1951 y 2016, además de indicar posibles soluciones para el problema local de la erosión costera. Las playas situadas cerca del lugar donde hubo interferencia antrópica en la línea de costa y la desembocadura del río Matinhos presentan escenarios con una sugerencia de que las estructuras a orillas del mar se alcancen en 25 años. Las playas situadas al norte del municipio y que mantienen la vegetación de restinga preservada presentan escenarios de estabilidad, siendo que la erosión no tiene la tendencia de alcanzar las edificaciones en un período de 100 años. Este trabajo tiene conocimiento de las limitaciones en relación al mapeo temporal de las líneas de costa y no es una previsión, sino que pretende ser un punto de partida para el ordenamiento territorial, proporcionando una base para acciones más asertivas.

Palabras clave: PROCOSTA; erosión costera; escenarios predictivos.

Recibido: setembro 2019. Aceite: fevereiro 2020.

¹ Universidade Federal do Paraná, Rua XV de Novembro, 1299 – Centro, Curitiba – PR, 80060-000, Curitiba, Brasil. E-mail: mcstellfeld@hotmail.com; edugeo@ufpr.br; passosever@gmail.com

RESUMO – CENÁRIOS PREDITIVOS DO POSICIONAMENTO DA LINHA DE COSTA EM MATINHOS – PARANÁ (BRAZIL): SUBSÍDIOS PARA GESTÃO COSTEIRA. O Brasil lançou em 2018 o Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa – PROCOSTA, que tem como objetivo projetar a linha de costa e identificar perigos no litoral. No programa, o perigo pode ser definido como fenômenos naturais que podem resultar em danos materiais e humanos, incluindo os processos de erosão costeira. Neste sentido, este trabalho identifica as variações anuais da linha de costa, detectando locais com erosão, e traça cenários em conformidade com o intervalo temporal sugerido pelo PROCOSTA, no município de Matinhos, litoral sul do Paraná – Brasil. Aqui se apresentam os resultados obtidos com os cenários de evolução da linha de costa, que foram gerados a partir do resultado da análise espacial e temporal do movimento da linha de costa entre os anos de 1951 e 2016, e também indica possíveis soluções para o problema local de erosão costeira. As praias situadas em locais onde houve interferência antrópica na linha de costa e na desembocadura do rio Matinhos apresentam cenários com maior possibilidade que estruturas situadas na orla sejam atingidas pelo mar em 25 anos. As praias situadas ao norte do município e que mantêm a vegetação de restinga preservada apresentam cenários de estabilidade, sendo que os cenários preditivos indicam que a erosão não alcançará as edificações em um período de 100 anos. Este trabalho reconhece as limitações em relação ao mapeamento temporal das linhas de costa e não é uma previsão, todavia tem a pretensão de ser um ponto de partida para o ordenamento territorial, proporcionando uma base para ações mais assertivas.

Palavras-chave: PROCOSTA; erosão costeira; cenários preditivos.

ABSTRACT – PREDICTIVE SCENARIOS OF SHORELINE POSITIONING OF MATINHOS – PARANÁ (BRAZIL): SUBSIDIES FOR COASTAL MANAGEMENT. The Brazilian government launched in 2018 a National Program for Shoreline Conservation – PROCOSTA, a permanent program directed at gathering reliable information regarding the current coastline situation, predictions and identifying possible shoreline hazards. These hazards can be defined as natural phenomena that can result in material and human damages, including coastal erosion processes. This paper seeks to identify the shoreline variations, observing selected sites with erosion and to predict scenarios following the time set intervals suggested by PROCOSTA in the city of Matinhos, on the South coast of the state of Paraná – Brazil. The results are presented with possible solutions to the coastal erosion problems with the investigated data which comprises an overall analysis of the Matinhos shoreline evolution, generated from spatial and temporal images acquired from a time interval between 1951 until 2016. The sites studied near anthropogenic interference, at the shoreline and next to the mouth of the Matinhos river present scenarios suggesting that the infrastructures built on the beachfront will be reached by the sea in the next 25 years. Beaches located north of Matinhos with preserved spits vegetation have presented a more stable scenario, where erosion does not tend to reach the buildings within a period of 100 years. This paper is aware of the limitations of the temporal mapping of shorelines and it is not a prediction, but intends to be a starting point for land use and sustainable future planning, providing a base for assertive actions.

Keywords: PROCOSTA; coastal erosion; predictive scenarios.

RÉSUMÉ – SCÉNARIOS PRÉDICTIFS DE POSITIONNEMENT DU TRAIT DE CÔTE DE MATINHOS – PARANA (BRÉSIL): SUBVENTIONS POUR LA GESTION CÔTIÈRE. Le Brésil a lancé en 2018 le Programme National pour la Conservation du Trait de Côte – PROCOSTA dont l'un des objectifs est de projeter le trait de côte (5, 10, 25, 50 et 100 ans) et identifier les dangers dans le littoral. Dans ce programme, le danger peut être défini comme les phénomènes naturels qui peuvent causer des dommages matériels et humains, y compris les processus d'érosion côtière. C'est dans cette optique que le présent travail a pour objectif d'identifier les variations du trait de côte en détectant les lieux érodés et réaliser des scénarios selon l'intervalle temporel suggéré par le PROCOSTA, dans la municipalité de Matinhos au sud du littoral du Paraná-Brésil. Nous exposons les résultats obtenus avec cette production de scénarios d'évolution, qui ont été générés à partir du résultat de l'analyse spatiale et temporelle du mouvement du trait de côte entre 1951 et 2016, et également des possibles solutions pour le problème local de l'érosion côtière. Les plages situées à proximité du lieu où il y a eu des interférences anthropiques sur le trait de côte et à l'embouchure du fleuve Matinhos présentent des scénarios dont les structures situées sur le bord de la plage pourraient être atteintes par la mer dans 25 ans. Les plages situées au nord de la municipalité et qui maintiennent la végétation préservée présentent des scénarios de stabilité et ici l'érosion n'a pas tendance à atteindre les édifications dans une période de 100 ans. Conscient des limites de la cartographie temporelle des traits de côte et des littoraux, ce travail n'est pas une prévision, mais plutôt un point de départ pour l'aménagement territorial, fournissant une base pour des actions plus assertives.

Mots clés: PROCOSTA; érosion côtière; scénarios prédictifs.

I. INTRODUCCIÓN

El Programa Nacional para la Conservación de la Línea de Costa – PROCOSTA es un programa del Gobierno Brasileño que tiene entre objetivos la proyección de la línea de costa y la identificación de peligros. El PROCOSTA propone mediciones y recopilación de datos para establecer la definición exacta de la línea de costa del país, además de una base de datos que pueda utilizarse en sistemas de modelado costero para definir probables cambios en la línea de costa en el futuro y la cuantificación de los peligros a la cual la zona costera estará sujeta. En este programa peligros se definen como “fenómenos naturales que pueden resultar en daños materiales y humanos. Así, posibles peligros identificados son: la elevación del nivel promedio del mar, grandes tempestades, olas gigantes, mareas meteorológicas, proceso de erosión y progresión costera” (PROCOSTA, 2018). También hay mención que los datos que están disponibles actualmente no son suficientes para la generación de escenarios a escala nacional. Además, existe la dificultad del análisis integrado en función de las diferentes metodologías que se aplican en estudios de ámbito regional.

En este sentido, la presente contribución se justifica como una respuesta alineada con el PROCOSTA para generación sistematizada de información georreferenciada de variación de la línea de costa y sus proyecciones por fechas predefinidas, y así subsidiar políticas públicas para ordenamiento territorial con base en técnicas de análisis espaciotemporales.

II. ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CAMBIO CLIMÁTICO

El Ordenamiento Territorial (OT) puede entenderse como “un proceso de carácter técnico-político-administrativo, con el que se pretende configurar, en el largo plazo, una organización del uso y ocupación del territorio, de acuerdo con las potencialidades y limitaciones de éste, con las expectativas y aspiraciones de la población y con los objetivos de desarrollo” (Massiris Cabeza, 2005, p. 16).

En la década de 1980, el ordenamiento territorial incorporó objetivos ambientales, impulsado por el Informe Brundtland y la consolidación del concepto de Desarrollo Sostenible. Así, se comienza a considerarse el ordenamiento territorial como un instrumento de gestión ambiental (Massiris Cabeza, 2012; Gudiño, 2016).

Massiris Cabeza (2005) plantea que el OT se concentra en los siguientes objetivos: 1) Optimizar el territorio, tanto urbano como rural, en función de su vocación con la intención de evitar o revertir los procesos de deterioro de los recursos naturales, especialmente bosques, suelo y agua en el ámbito rural y de control de la expansión desordenada y la organización caótica de las ciudades; 2) Establecer áreas sujetas a un manejo especial por su valor ecológico, cultural e histórico, a partir del cual el OT incorporará a sus criterios, políticas y estrategias de las directrices de la política ambiental, específicamente con las áreas protegidas; 3) Dar directrices espaciales para la localización y dimensiones de las infraestructuras productivas, de transporte, servicios, etc., que coadyuven a la ocupación del territorio en la dirección deseada; 4) Dar un manejo especial a las áreas sujetas a riesgos por fenómenos naturales y sociales, que eviten ocurrencia de desastres.

La Gestión de Riesgos de Desastres se encuentra estrechamente relacionado con el cambio climático y con el OT. La “Gestión de Riesgos” se entiende como un proceso social que busca contribuir a la seguridad, bienestar, calidad de vida y desarrollo sostenible de la sociedad mediante diferentes políticas y acciones para el conocimiento, la reducción del riesgo y el manejo de desastres (UNFCCC, 2018).

La incorporación de la agenda del cambio climático en los planes de ordenamiento territorial ha ganado relevancia en América Latina, como se observó en Perú, se desarrolló el Mapa de Susceptibilidad Física que determina la susceptibilidad del territorio, tratando de identificar vulnerabilidades en la infraestructura y de los centros poblados (Vargas, 2012). En el año siguiente se publicó la metodología para incorporar el cambio climático y la gestión del riesgo de desastres en procesos de OT (Arce Rojas, 2013). En Costa Rica este abordaje es evidente en la Política Nacional de Ordenamiento Territorial (PNOT) y en el Plan Nacional de Ordenamiento Territorial (PLANOT), ambos de aplicación para el período 2014-2020 (Polini, 2014). En 2018 el gobierno de Colombia publicó un manual con consideraciones de cambio climático para el ordenamiento territorial, donde se enfatiza que “desde una perspectiva de planificación territorial y del desarrollo, los efectos del cambio climático cobran relevancia puesto que inciden en un territorio, modificando parcial o drásticamente el funcionamiento de sus principales componentes y, en general, afectando el desarrollo” (Acosta Giraldo, Ovalle Zanabria, & Arcila Burgos, 2018).

En Brasil, en 1988, se aprobó la Ley n° 7661, que estableció el Plan Nacional de Gestión Costera (PNGC). Un desafío importante que reflejó el compromiso del gobierno con la planificación integrada del uso de los recursos costeros, con el objetivo a ordenar mejor la ocupación de los espacios costeros. Sin embargo, promover el desarrollo sostenible en la zona costera, reconocida como patrimonio nacional en el Artículo 225 de la Constitución Federal (IBGE, 2019).

No obstante, existen innumerables obstáculos desde la implementación de PNGC, como lo señalan Polette y Vieira (2009): 1) Sistema de articulación frágil entre el ejecutivo y el judicial; 2) Desarticulación intra e interinstitucional; 3) Fuerte presión inmobiliaria en la costa brasileña; 4) Falta de articulación de las políticas estatales de uso de la tierra y ocupación con los municipios; 5) Centralización de la gestión a nivel federal, estatal y municipal; y 6) Falta de infraestructura y recursos humanos.

En la costa de Paraná, estos problemas han empeorado en los últimos 10 años, dado el abandono del gobierno estatal y municipal con respecto a la agenda de la gestión costera. Sin embargo, en la actualidad, las discusiones sobre este tema son prometedoras, ya que en noviembre de 2018 el gobierno del estado de Paraná aprobó la Resolución SEMA 43 (Paraná, 2018), que crea la Cámara Técnica de Gestión Costera de Paraná (CT-GERCO), en el que se abordarán temas como la gestión de riesgos del cambio climático, como la variación de la línea de costa.

III. OBJETIVO Y OBJETO DE ESTUDIO

El objetivo científico de este trabajo es identificar variaciones y hacer proyecciones sobre las alteraciones previstas para la línea de costa en el municipio de Matinhos, Litoral del Paraná – Brasil (fig. 1), y evaluar sus implicaciones en la pérdida de espacios por erosión o inundación, además de posibles cambios en los ambientes costeros de este municipio. En este contexto y línea metodológica, el trabajo presenta resultados obtenidos con la producción de escenarios de evolución de línea de costa que se generaron a partir del resultado del análisis espacial y temporal del movimiento de la línea de costa entre los años 1951 y 2016, en las playas del municipio.

Las tasas negativas de variación de la línea de costa obtenidas fueron analizadas como indicadores de erosión costera en frentes urbanas e integradas en el banco de datos SIG (Sistemas de Informaciones Geográficas), y han dado la posibilidad de aplicación en modelos predictivos simuladores de escenarios, buscando servir a la planificación urbana costera y proyectos de zonificación.

El municipio de Matinhos tuvo como marco histórico la intensificación de la ocupación a partir de 1950, con la construcción de la carretera PR 407, estimulando la apropiación del litoral y consolidando su uso como balneario. En las décadas de 1980 y 1990 hubo significativo crecimiento en la aglomeración urbana de modo general en los municipios costeros del Paraná, caracterizado por la densificación de la orilla con edificaciones volcadas para uso estacional, como también de ocupación permanente (Deschamps, Kleinke, Moura, & Werneck, 2000). La población estimada del municipio para 2019 es de

34 720 personas (IBGE, 2019) y este número puede cuadruplicarse en verano. Sin embargo, la ocupación de la orilla fue inadecuada (Moura y Werneck, 2000), sobre todo en áreas de deposición natural de la dinámica costera. Angulo (1993) resalta el problema de obras de infraestructura que invaden el espacio de *backshore* (cuesta afuera), desencadenando procesos erosivos en la orilla de Matinhos. Los procesos erosivos desencadenados difícilmente retornan a sus posicionamientos originales sin alguna intervención, dejando la orilla expuesta a eventos como resacas, que acaban destruyendo las estructuras y edificaciones en este espacio.



Fig. 1 – Localización del municipio de Matinhos. Figura en color disponible en línea.

Fig. 1 – Location of Matinhos municipality. Colour figure available online.

Fuente: Preparada por la autora con base IBGE (2018)

Para la solución de problemas provenientes de la erosión costera existen diferentes técnicas y metodologías apropiadas como vistas en Townend y Fleming (1991), Van de Graaff, Niemeyer, y Van Overeem (1991), Lima (2008) y Freire (2011). En este trabajo se apuntan sugerencias de acciones para minimizar los efectos de la erosión costera como tubos de geotextil para anclar sedimento, arrecifes artificiales para la ruptura de energía de olas y sobre todo con recuperación de playas, práctica adoptada internacionalmente frente a problemas de este tipo (Dean, 2002; González, Medina, & Losada, 2010; Maia, Feitosa Neto, Tavares, Fernandes, & Fonseca, 2017). Autores como Prata (2005) y Jackson, Nordstrom, Saini, y Smith (2010) afirman que el aumento del stock de arena contribuye a restablecer el equilibrio de la dinámica de la práctica y del hábitat de vegetación de restinga, rescatando un ambiente sano de playa. Cabe señalar que la restinga brasileña es un conjunto de ecosistemas costeros con comunidades florísticas y fisionómicamente distintas, que colonizan tierras arenosas de orígenes muy variados, forman un complejo de vegetación edáfica y ocupan sitios tan diversos como playas, dunas y depresiones asociadas, hebras arenosas, terrazas y llanuras (Falkenberg, 1999). Sin embargo, en el área de estudio, las restingas están asociadas solo con el entorno de la playa.

IV. METODOLOGÍA

Los datos de variación de la línea de costa utilizados en estos escenarios son parte de la tesis de doctorado (Stellfeld, 2019), que investigó si hay riesgo de erosión costera progresiva y produjo datos para aplicación de modelos con el propósito de orientar el uso del territorio. Las etapas ejecutadas para generación de los escenarios predictivos están representadas en la figura 2.

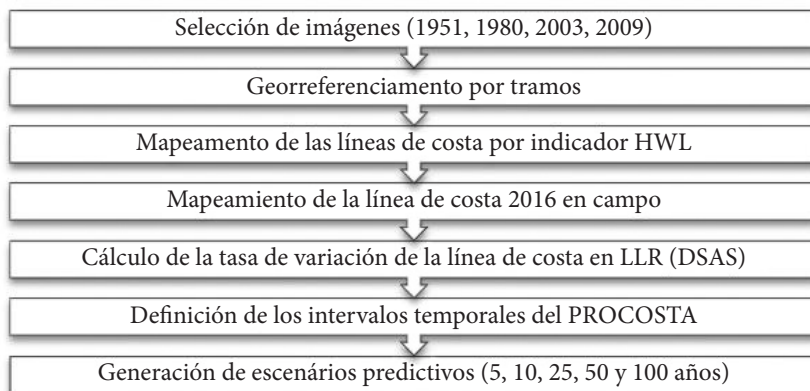


Fig. 2 – Flujograma de la metodología usada para la generación de los escenarios predictivos.

Fig. 2 – Methodology flowchart used to generate the predictive scenarios.

Para el análisis espacial y temporal del movimiento de la línea de costa se utilizaron líneas de costa mapeadas a partir de fotografías aéreas, datos de sensores remotos y trabajos de campo, contemplando los años 1951, 1980, 2003, 2009 y 2016. La elección de imágenes para la extracción de estas características atendió a los requisitos de disponibilidad pública, buenas condiciones de imagen y con tiempo suficiente para determinar una tasa de variación de línea de costa según parámetros encontrados en Boak y Turner (2005) y Pajak y Leatherman (2002). Sousa (2015) habla de las limitaciones en uso de fotografías aéreas y afirma la importancia de tratamiento cartográfico en las imágenes. Entonces, después de elegidas, las imágenes fueron recortadas de acuerdo con los tramos definidos y georreferenciadas individualmente, resultando en un RMS promedio que varió entre 6,24 en las imágenes de 1950 y 1,38 para imágenes de 2009, resultados adecuados a los parámetros encontrados en ESRI (2011).

El indicador de línea de costa mapeado fue la línea de agua máxima o HWL (high water level), característica fácilmente identificada en imágenes como el límite wet/dry (húmedo/seco) de la playa y comúnmente usada en estudios costeros (Stafford & Langfelder, 1971, in Boak & Turner, 2005; Leatherman, 1983; Crowell, Leatherman, & Buckley, 1993; Mazzer, Souza, & Dillenburg, 2009; Sousa, 2015; Barman, Chatterjee, & Khan, 2015). A pesar de las controversias en la cartografía de este indicador en lo que se refiere al posicionamiento en relación con las diferencias de marea, autores como

Pajak y Leatherman (2002), Boak y Turner (2005), Moore, Ruggiero, y List (2006) atestiguan que este indicador puede ser el mejor en estudios de comparación de líneas de costa justamente por la facilidad de reconocimiento en imágenes de sensores remotos. Además, Crowell, Leatherman, y Buckley (1991) afirman que las posibles diferencias en el posicionamiento de este límite tienden a disiparse a lo largo del período analizado, cuando éste sobrepasa los 50 años. Igualmente, se resalta que Matinhos se ubica en latitud de micro-mareas.

Las líneas de costa mapeadas fueron procesadas en la aplicación Digital Shoreline Analysis System (Sistema Digital de Análisis de Línea de Costa) – DSAS (Thieler, Himmelstoss, Zichichi, & Ergul, 2009), donde, a través de transectos lanzados desde una línea base, se puede calcular las distancias entre las líneas de costa y extraer las tasas de variación de la línea de costa, en metros por año, por diferentes métodos estadísticos. Para los resultados aquí presentados los transectos son equidistantes 100m, validando solamente los que cruzaron todas las líneas de costa. Cada transecto expresa una tasa de variación de la línea de costa, y el conjunto indica el comportamiento morfodinámico de cada tramo analizado. En este enfoque se utilizaron datos obtenidos a través de Regresión Lineal – LRR donde el valor calculado fue obtenido por el ajuste de una línea de regresión de mínimos cuadrados a todos los puntos de la línea de costa para cada transecto. Dolan, Holme, y Fenster (1991) advierten que este método puede subestimar las tasas en relación con otros métodos estadísticos. Sin embargo, en el sentido de tener escenarios más conservadores se optó por el uso de este método.

Los trechos de orilla analizados fueron clasificados y separados en sectores distintos donde se calculó el promedio de los valores de LRR de los transectos, habiéndose asignado este valor a la línea de costa más actual. Entonces fueron generadas áreas en el sentido del continente, multiplicando la tasa de variación de la línea de costa anual por los escenarios propuestos por el PROCOSTA, siendo de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Estos polígonos fueron superpuestos a las imágenes de 2016, en alta resolución, mostrando la relación espacial entre los escenarios calculados y las áreas edificadas sujetas al avance de la línea de costa. No se generaron escenarios para los segmentos donde el promedio de los transectos fue positivo, correspondientes a la porción sur de la Playa Brava y en la Playa Mansa.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los transectos con las tasas de variación de la línea de costa expresadas en metros por año e clasificados por Regresión Lineal – LRR pueden ser vistos en la figura 3a. Para la determinación de los trechos de orilla analizados los transectos fueron clasificados en cinco grupos, a partir de la variable elegida, basadas en cuantiles, resultando en siete sectores distintos (fig. 3b).



Fig. 3 – Clasificación basada en cuantil de los valores de: (a) LRR – Linear Regression Rate en m/a de las líneas de costa (LC) analizadas y (b) los Escenarios de retracción de la línea de costa. Figura en color disponible en línea.

Fig. 3 – Quantile-based classification of: (a) LRR values – Linear Regression Rate in m/a of the shoreline (LC) analysed and (b) Predictive scenarios of shoreline position. Colour figure available online.

Para cada sector se calculó el promedio de los valores de LRR de los transectos, habiéndose asignado este valor a la línea de costa más actual, como ilustra el cuadro I.

Cuadro I – Segmentos de playa con valores máximos y mínimos de la tasa de variación de la línea de costa y el promedio utilizado en el cálculo de los escenarios de evolución de la línea de costa.

Table I – Beach segments with maximum and minimum values of the variation rate of the shoreline and the average used in the calculation of the evolution scenarios of the shoreline.

Segmento de playa	Valores de LLR m/a	Promedio en m/a
Costa Azul Norte	-0,07 hasta 0,07	-0,0046
Costa Azul Sur	-0,23 hasta 0,03	-0,1200
Riviera Norte	-0,59 hasta -0,29	-0,4440
Riviera Sur	-1,24 hasta -0,62	-0,9480
Playa Central	-0,50 hasta -0,21	-0,2580
Brava Norte	-0,78 hasta -0,59	-0,7120
Brava Central	-0,50 hasta -0,27	-0,3680

Con los valores promedios asignados a la línea de costa actual, se generaron áreas en el sentido del continente, en acuerdo con los escenarios propuestos por el PROCOSTA, que pueden ser analizados individualmente a seguir.

1. Escenario y recomendaciones Costa Azul Norte

Este segmento está ubicado en la porción norte del municipio de Matinhos con 5,13km de extensión. La vegetación de restinga es bien conservada en este sitio, con una anchura promedio de 40m. La distancia de las edificaciones tiene un promedio de 73m. Para la variación de la línea de costa presenta un valor promedio de 0,004m/año, indicando una gran constancia en el posicionamiento de la línea de costa. Este promedio representa probablemente una playa con ciclos repetidos de erosión y sedimentación, pues se encuentran valores centimétricos positivos y negativos, mostrando una estabilidad a lo largo del tiempo analizado.

Los escenarios analizados evidencian valores poco expresivos de pérdida de área, indicando que estas edificaciones no tienden a ser alcanzadas por la erosión costera, salvaguardando las condiciones actuales. La variación máxima en el escenario de 100 años es de un movimiento de 1m, positivo o negativo, no alcanzando ninguna infraestructura o edificación, y no siendo posible visualizar esta variación en la escala de representación de los cartogramas. Sin embargo, cuando se analiza en detalle los transectos de este tramo, se pueden observar variaciones de hasta -0,18m/año, que son coincidentes con los lanzamientos de aguas pluviales directamente en la zona de restinga y consecuentemente en la playa.

De esta forma, es importante resaltar que la adecuación del flujo de estas aguas es primordial para evitar el inicio de procesos erosivos. De la misma manera, la preservación de la vegetación de restinga es fundamental para el mantenimiento de la estabilidad de la línea de costa. Es nítida la relación entre el lanzamiento de aguas pluviales, la degradación de la vegetación de restinga en el límite máximo y mayores de las tasas negativas de movimiento de la línea de costa. Para ello, se sugieren obras de drenaje para un flujo adecuado de las aguas pluviales.

El Proyecto Orla de Matinhos, hecho por la alcaldía, muestra la implantación de una trinchera rasa de infiltración en el balneario Costa Azul, indicando la eficacia en la contención de la erosión provocada por aguas pluviales en el local con este método. Sin embargo, actualmente no hay indicios de que esta acción haya sido conservada, siendo observada la destrucción de la acera en aquel lugar. La conservación y el monitoreo de la zona de restinga son también importantes. Se recomienda monitorear la longitud de la restinga, a través de métodos simples, como estacas. La construcción sostenible de senderos puede ayudar en la preservación de la restricción, evitando aberturas en los caminos, además de acciones de concientización de la población sobre la importancia de la vegetación de restinga.

2. Escenario y recomendaciones Costa Azul Sur

Este trecho se sitúa al sur del anterior, extendiéndose por 3,8km. Presenta edificaciones distantes de la línea de costa en promedio 56m. Las tasas de variación de la línea de costa indican una estabilidad en este tramo, con promedio de $-0,12\text{m/año}$.

A pesar de tener una tendencia negativa mayor que el tramo anterior, este valor también puede ser considerado estable a lo largo del tiempo analizado, presentando un movimiento de 12m hacia el continente, en un escenario de 100 años. Es posible observar que la anchura de la zona de restinga disminuye en el sentido sur del segmento, coincidente con los valores más elevados de movimiento negativo de la línea de costa, alcanzando $-0,16\text{m/año}$ en la porción sur (fig. 4). Esta dinámica puede ser relacionada a la deriva litoral norte-sur (Bigarella, 1991), a la proximidad con las áreas afectadas por la erosión costera y por la desembocadura del río Matinhos. Además, los valores más altos de las tasas negativas también están relacionados con la desembocadura de aguas pluviales. Para Angulo (1982), la dinámica costera en este tipo de playa es más simple, siendo dominado por la dinámica de olas y corrientes costeras, corroborando con escenarios de evolución de línea de costa que no agreden el equilibrio existente actualmente en este tramo y en el segmento anterior.



Fig. 4 – Escenario generado para el tramo Costa Azul Sur. Figura en color disponible en línea.

Fig. 4 – Scenario generated for the Costa Azul South section. Colour figure available online.

Fuente: Composición preparada sobre imágenes de Google Earth

Con las mismas características del tramo norte, las recomendaciones también son similares. La conservación y monitoreo de la zona de restinga, construcción de pasarelas de acceso a la playa y adecuación del flujo superficial de aguas pluviales lanzadas directamente en la playa.

3. Escenario y recomendaciones Riviera Norte

Este tramo tiene aproximadamente 2km de extensión con inicio coincidente con el lugar donde la restinga comienza a mostrar irregularidades en su anchura (fig. 5). En ciertos tramos la restinga es completamente inexistente, pero todavía puede ser percibida la parte arenosa de la playa, y las mayores tasas de variación negativa son coincidentes con estos trechos, además de la ya reconocida relación con salidas de aguas pluviales. El límite sur del segmento coincide con el inicio de los enrocamientos hechos para contener la erosión costera en el local.

La tasa de variación de la línea de costa promedio encontrada fue de $-0,44\text{m/año}$, y el promedio de la distancia de las edificaciones con la línea de costa es de 30m, siendo que al norte las medidas pueden llegar a 50m y al sur 18m. Esta combinación hace que la proyección de la línea de costa pueda alcanzar infraestructuras y edificaciones en este tramo en un escenario de 100 años, con la línea de costa desplazada 44m hacia el continente, colocando aproximadamente la mitad de las infraestructuras expuestas a este límite. Los valores muestran que a partir de 40 años la línea de costa proyectada alcanza el valor mínimo de la distancia de la infraestructura, en la porción sur del segmento como se puede ver en la figura 5.



Fig. 5 – Escenario generado para el tramo Riviera Norte. Figura en color disponible en línea.

Fig. 5 – Scenario generated for the Riviera North section. Colour figure available online.

Fuente: Composición preparada sobre imágenes de Google Earth

Se sugiere que en este tramo sea recompuesta la vegetación de restinga para crear una barrera natural frente a eventos climáticos más intensos. Las recomendaciones para el control del flujo superficial de agua como obras de drenaje de las aguas pluviales y control de aguas lanzadas directamente en la playa también son válidas. La extensión artificial del margen de playa, por engorda de playa puede mejorar el paisaje del local y también disponer de un área mayor para la recomposición de la restinga.

4. Escenario y recomendaciones Riviera Sur

El límite norte de este tramo coincide con el inicio del enrocamiento de piedras y al sur coincidente con la inflexión de la playa central de Matinhos, englobando la desembocadura del río Matinhos y totalizando 2,1km. Es el trecho de playa con mayor promedio negativo en la tasa de variación de la línea de costa, con valor promedio de $-0,95\text{m/año}$.

El promedio de la distancia de las infraestructuras y edificaciones es de aproximadamente 23m, pudiendo ocurrir trechos con 43m al norte y 15m cerca de la desembocadura del río Matinhos, donde el *backshore* no tiene acumulación de arena. La porción central de este segmento tiene los problemas más severos en relación a la infraestructura afectada por la acción del mar, siendo observada la degradación de la orilla de este punto hasta el límite norte de este tramo. La porción al sur es utilizada por los pescadores de la región, donde mantiene un mercado de peces y una orilla libre de paseos o pavimentaciones. Los escenarios elaborados para este segmento, visualizados en la figura 6, muestran que, con 50 años de evolución de la línea de costa en la tasa definida, 100% de la infraestructura y edificaciones existentes probablemente serán afectadas. En la porción central, el escenario de 25 años está en el límite de la franja de edificaciones, alejándose progresivamente hacia el norte.

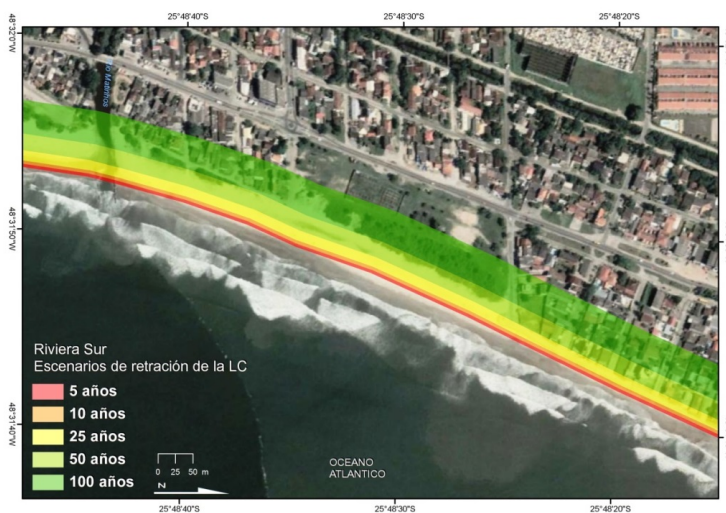


Fig. 6 – Escenario generado para el tramo Riviera Sur. Figura en color disponible en línea.

Fig. 6 – Scenario generated for the Riviera South section. Colour figure available online.

Fuente: Composición preparada sobre imágenes de Google Earth

La cuestión de la invasión de la Av. Beira Mar en la línea de costa (Angulo, 1993), con auge exactamente en el tramo ahora analizado, corrobora las elevadas tasas negativas de evolución de la línea de costa y dan pistas sobre lo que es necesario hacer en este lugar para evitar desastres. Este trecho tiene condiciones malas para el bienestar poblacional, además de causar preocupación y ansiedad en la población cuando se prevén eventos

extremos. La recomposición de la línea de costa en el local es imprescindible y la obra de extensión de franja de playa debe ser considerada, principalmente en relación a los beneficios visuales y psicológicos que una banda de arena mayor trae a los habitantes. Esta acción debe ser combinada con obras de retención de arena a base de geotextiles, como los detallados en Freire (2011). Una construcción de arrecifes artificiales puede ser de gran beneficio, principalmente si la desembocadura del río Matinhos es adecuadamente modelada. En la porción al sur, aunque no haya infraestructuras afectadas, las mismas recomendaciones pueden ser seguidas, debiendo ser enfocada en la ampliación y conservación de las restingas.

5. Escenario y recomendaciones Playa Central

Es el segmento más pequeño analizado en este trabajo, con 353m de longitud. Se inicia en el punto de inflexión de las olas de la Playa Central de Matinhos y se extiende hasta las piedras del pico de Matinhos. En este tramo la línea de costa está completamente fijada por construcciones que constantemente son afectadas por eventos climáticos intensos como resacas, resultando en daños en la infraestructura local. Las edificaciones están a un promedio de 12,5m del indicador de línea de costa, siendo que es más probable ver arena en la playa en períodos estacionales favorables a la acumulación. Así, el promedio de la tasa de variación de costa, con valor promedio de $-0,26\text{m/año}$, puede no reflejar la realidad de este local. En el análisis de las imágenes es posible reconocer que hubo erosión en este tramo, y los escenarios apuntan un alcance de la línea de costa en las edificaciones en menos de 50 años, como se muestra en la figura 7.

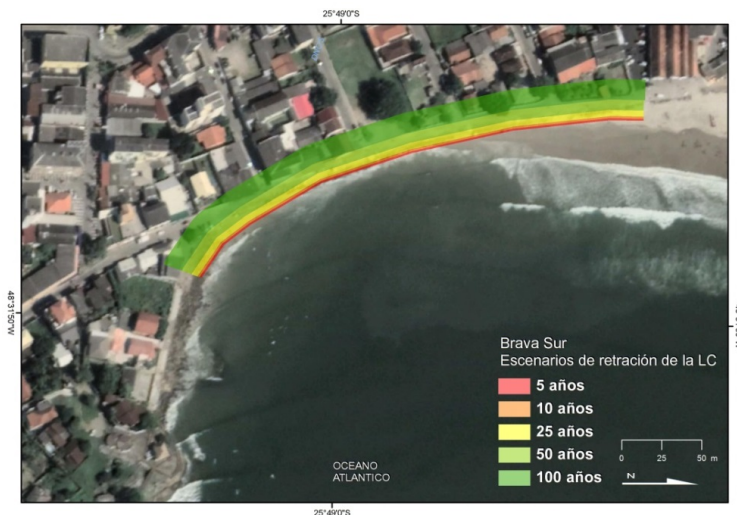


Fig. 7 – Escenario generado para el tramo Playa Central. Figura en color disponible en línea.

Fig. 7 – Scenario generated for the Central Beach section. Colour figure available online.

Fuente: Composición preparada sobre imágenes de Google Earth

Siendo así, para este tramo de playa también se recomiendan acciones como fijación de la arena con geotextiles, en los mismos moldes del tramo anterior, además se puede planear la expansión artificial del terreno de playa.

6. Escenario y recomendaciones Playa Brava Norte

Este tramo es muy significativo para el municipio, ya que la Playa de Caiobá es importante atractivo turístico de Matinhos, y viene sufriendo daños constantemente en función de eventos climáticos intensos. Se extiende a partir de las rocas del Pico de Matinhos por 1,14km sentido sur, cerca en 400m del canal rectificado del centro de la playa (fig. 8). El promedio de distancia de las edificaciones en este tramo es de 12,5m y pueden ser observados acantilados entre la infraestructura y la arena de playa, siendo que el *backshore* es prácticamente inexistente. En este lugar ya se realizaron obras de contención de arena y es posible que haya surtido algún efecto ya que los muros de gaviones ya no se observan en la arena, habiendo sido enterrados.

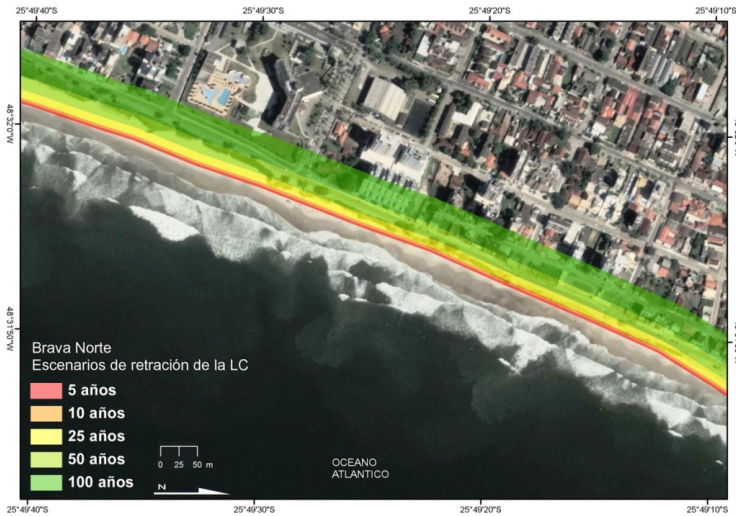


Fig. 8 – Escenario generado para el trecho Playa Brava Norte. Figura en color disponible en línea.

Fig. 8 – Scenario generated for the Brava Beach North section. Colour figure available online.

Fuente: Composición preparada sobre imágenes de Google Earth

Esta situación puede enmascarar las tasas de movimiento de la línea de costa detectadas, en el orden de $-0,71\text{m/año}$. Es importante resaltar que en este tramo la línea de costa también fue cortada por la Av. Atlántica (Angulo, 1993), iniciando un proceso erosivo intenso en el lugar. Los escenarios proyectados y visualizados en la figura 8, indican que la infraestructura puede alcanzarse en 25 años, y en 50 años las edificaciones serán afectadas. En un escenario de 100 años casi toda la primera cuadra del mar puede ser alcanzada.

Las recomendaciones para minimizar estos efectos ya fueron ampliamente discutidas en estudios de diferentes fuentes como los Planes Directores realizados por el gobierno

local en 2001 y 2014, el Plan Orla (2006) y estudios como Angulo (1982), Gandor, Marone, Roland, Dahlem, y Zanke (2009) y Freire (2011). Las propuestas incluyen desde la construcción de gaviones y enrocamiento de piedras hasta contenciones de arena con geotextiles, arrecifes artificiales y contención de la playa.

El trabajo de Gandor *et al.* (2009), recomienda para este punto de la costa un arrecife artificial para romper la incidencia de olas y crear acumulación de arena que, junto con la contención de la playa, podría solucionar la erosión en el sitio. El primer Plan Director recomienda la expropiación de las dos primeras cuadras de la orilla, en la porción norte, con el propósito de crear más área de recuperación en caso de resaca. Un proyecto de mejora de la orilla prevé la construcción de un promontorio (headland) en la punta norte de este tramo, con el propósito de frenar los sedimentos de la corriente de deriva litoral, que tiene sentido norte-sur, resultante del predominio de olas con frente sur.

7. Escenario y recomendaciones Playa Brava Central

Este tramo corresponde a la porción central de la Playa Brava, directamente influenciada por la descarga de aguas fluviais e pluviais del canal del centro de la playa. Fue delimitado en 610m y presenta una tasa de variación de la línea de costa con promedio de $-0,37\text{m/año}$. La distancia de las edificaciones varía de 50 a 80m, y es posible encontrar formación vegetal secundaria, en conjunto con restinga y un *backshore* más desarrollado. Los problemas encontrados en este lugar en relación a la erosión son menos intensos que los encontrados en la porción norte de la Playa Brava. Los escenarios muestran que en 100 años las infraestructuras pueden ser afectadas, pero la playa en este tramo puede presentar una tendencia a la estabilización (fig. 9). La recomendación es recomponer y mantener la vegetación de restinga.

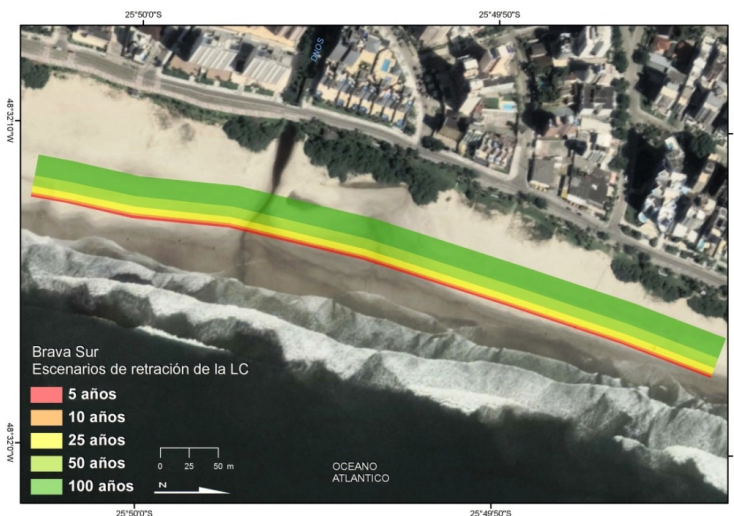


Fig. 9 – Escenario generado para el trecho Playa Brava Central. Figura en color disponible en línea.

Fig.9 – Scenario generated for the Brava Beach Central section. Colour figure available online.

Fuente: Composición preparada sobre imágenes de Google Earth

VI. CONCLUSIONES

El modelado de escenarios es siempre una alternativa útil para el ordenamiento territorial. La metodología utilizada es de factible de aplicación, resultando en escenarios temporales de corto, mediano y largo plazo. El monitoreo de las características de las playas no debe ser descuidado por los actores gubernamentales, pues ayudarán en el aumento de la precisión de los modelos.

Los escenarios creados en este trabajo tienen la pretensión de ser un punto de partida para el ordenamiento territorial, y no necesariamente una previsión. Las estimaciones proporcionan una base para que las acciones de ordenación sean más asertivas.

Estos marcos generados a partir de tasas de variación de la línea de costa, ajustada a una regresión lineal se consideran conservadores. Por lo tanto, los escenarios aquí presentados pueden estar subestimados, mostrando aún más la importancia de la preservación de áreas naturales frente a la línea de costa para el equilibrio dinámico costero.

Los resultados muestran que las playas con menor influencia de desembocaduras y aquellas que han preservado las áreas naturales de restinga, tienden a tener una adaptación más adecuada en escenarios de largo plazo. Esto puede corroborar con la recomendación de aumento de la banda de arena y recomposición de restingas, que actuarían como protectores naturales a la erosión costera. En este sentido es recomendable que en los Planes Directores se prevean posibilidades de expropiación de las áreas sujetas a erosión costera. Esta proposición busca orientar las acciones de planificación y gestión de este territorio, sujeto a cambios en ambientes naturales y antrópicos extremadamente dinámicos. Esto también reunirá las proposiciones de alcance nacional del PROCOSTA, que tiene el desdoblamiento en los proyectos de Identificación de Peligros y el Proyecto Riesgos Costeros y Estrategias de Adaptación.

Para los escenarios que ya se muestran con más problemas, aunque sean conservadores, la implantación de acciones y políticas públicas debe ser inmediata, evitando problemas con implicaciones socioeconómicas y ambientales aún mayores en estas áreas.

Para todas las obras sugeridas, como se ha visto en experiencias pasadas, deben preverse programas para el mantenimiento de estas estructuras. De este modo, los gestores públicos deben prever en sus planes y presupuestos, además de la inversión de implantación, el costo de mantenimiento, ya que conservar una instalación puede ser más barato que rehacerla y aún asumir el costo de los riesgos involucrados.

La obra de extensión de franja de la playa es una solución adecuada cuando se objetiva la recuperación paisajística de una playa (Townend & Fleming, 1991). Pero, no siempre puede ser el mejor método, ya que no actúa en la causa del problema, sólo suaviza la acción. Sin embargo, en el caso de los tramos donde las edificaciones están cerca de la línea de costa, la ampliación de la franja de arena causará impacto positivo a los habitantes y turistas.

Las obras que utilizan la tecnología de geotextiles se muestran importantes, principalmente en la defensa contra eventos climáticos más intensos (Tencate, 2007 in Freire, 2011), siendo indicado para las playas aquí analizadas.

Los arrecifes artificiales marinos, cuando están bien modelados, disipan la energía de las olas, en especial las de tormenta, reduciendo el transporte y aumentando la deposición de los sedimentos en la playa (Lima, 2008). El proyecto comentado para la Playa Brava (Gandor *et al.*, 2009) puede mejorar la condición de práctica de surf en la playa, además de contribuir con una deposición de 70m de arena en el local, conforme modelado descrito en Lima (2008).

Así, la asociación de obras rígidas como gaviones y geotextiles, aliados a obras de extensión de franja de la playa y arrecifes artificiales tienden a potenciar los efectos benéficos de estas acciones (Klein, Prado, & Dalinghaus, 2016), restaurando la dinámica natural de estos espacios.

Además de la pérdida de espacio de playa y perjuicio financiero en relación a las pérdidas de infraestructura y edificaciones, la evolución de la línea de costa apuntada en los escenarios más peligrosos también lleva a la pérdida del valor paisajístico de las playas, desencadenando procesos de desvalorización inmobiliaria y otros daños socioeconómicos para la población residente y flotante del litoral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Giraldo, J. A., Ovalle Zanabria, K., & Arcila Burgos, K. (2018). *Consideraciones de cambio climático para el ordenamiento territorial* [Climate change considerations for land use planning]. In Dirección de Cambio Climático y Gestión del Riesgo. (Eds.), Florian Buitrago, Maritza; Cortés Ospina, Erika. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Retrieved from https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/desarrollo_y_planificacion/Consideraciones_de_Cambio_Climatico_para_el_Ordenamiento_Territorial_VE.pdf
- Angulo, R. J. (1993). A ocupação urbana do litoral paranaense e as variações da linha de costa [The urban occupation of the Paraná coast and the variations of the coastline]. *Boletim Paranaense de Geociências*, 41, 73-81.
- Angulo, R. J., & Andrade, J. J. (1982). Viabilidade de controle de erosão nas praias de Caiobá e Guaratuba [Feasibility of erosion control on the beaches of Caiobá and Guaratuba]. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 3, 681-693.
- Arce Rojas, R. (2013). *Ordenamiento Territorial y Cambio Climático: Metodología para incorporar Cambio Climático y Gestión del Riesgo de Desastres en procesos de OT* [Territorial Planning and Climate Change: Methodology to incorporate Climate Change and Disaster Risk Management in OT processes]. Serie Manuales de Capacitación Programa "Adaptación de la agricultura y del aprovechamiento de aguas de la agricultura al cambio climático en los Andes". Cooperación Alemana. GIZ.
- Barman, N. B., Chatterjee, S., & Khan, A. (2015). Trends of Shoreline Position: An Approach to Future Prediction for Balasore Shoreline, Odisha, India. *Open Journal of Marine Science*, 5, 13-25.
- Bigarella, J. J. (1991). *Matinho: Homem e terra. Reminiscências* [Matinho: Man and land. Reminiscences]. Matinhos: Pref. Mun. ADEA.
- Boak, E. H., & Turner, I. L. (2005). Shoreline definition and detection: A review. *Journal of Coastal Research*, 21(4), 688-703.
- Crowell, M., Leatherman, S. P., & Buckley, M. K. (1993). Shoreline change rate analysis: long term versus short term data. *Shore and Beach*, 61, 13-20.
- Crowell, M., Leatherman, S. P., & Buckley, M. K. (1991). Historical Shoreline Change: Error Analysis and Mapping Accuracy. *Journal of Coastal Research*, 7(3), 839-852.
- Dean, R. (2002). *Beach Nourishment – Theory and Practice*. *Advanced Series on Ocean Engineering*. London, UK.: World Scientific Publishing Co. Pte.

- Deschamps, M. V., Kleinke, M. de L. U., Moura, R., & Werneck, D. Z. (2000). Afinal, o que Induz o Crescimento nas Aglomerações Litorâneas? [After all, what induces growth in coastal clusters?]. *Anais do XII Encontro da ABEP*. Caxambu, ABEP.
- Dolan, R., Holme, S. J., & Fenster, M. (1991). Temporal Analysis of Shoreline Recession and Accretion. *Journal of Coastal Research*, 7(3), 723-744.
- ESRI. (2011). *ArcGIS Desktop: Release 10*. Environmental Systems Research Institute.
- Falkenberg, D. B. (1999). Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, Sul do Brasil [Aspects of flora and secondary vegetation of the sandbank of Santa Catarina, Southern Brazil]. *Insula*, 28, 1-30.
- Freire, L. F. (2011). *Erosão Costeira: Alternativas de proteção e proposta de solução – Matinhos, PR* [Coastal Erosion: Protection alternatives and solution proposal – Matinhos, PR]. (Dissertação de Mestrado). LACTEC-UFPR.
- Gandor, M., Marone, E., Roland, A., Dahlem, G., & Zanke, U. (2009). Erosion control of the sandy beaches by the submerged reef method: example Matinhos beach, Paraná state, Brazil. *Brazil-Germany Cooperation on Marine Sciences Status Seminar*, Curitiba.
- González, M., Medina, R., & Losada, M. (2010). On the design of beach nourishment projects using static equilibrium concepts: Application to the Spanish coast. *Coastal Engineering*, 57(2), 227-240.
- Gudiño, M. E. (2016). El Ordenamiento Territorial en América Latina ¿Ilusión o realidad? Desafíos para el siglo XXI [Territorial Planning in Latin America Illusion or reality? Challenges for the 21st century]. In M. Queirós (Coord.), *O desafio do planejamento e observação territorial nos países Ibero-americanos para o século XXI: dinâmicas, processos, experiências e propostas* [O challenge of territorial planning and observation in the Ibero-American countries for the 21st century: dynamics, processes, experiences and proposals] (pp. 17-36). Lisboa: Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (IBGE). (2019). *Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2019* [Resident population estimates with reference date July 1, 2019]. Rio de Janeiro, RJ: Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (IBGE). (2018). *Base cartográfica vetorial contínua do Brasil ao milionésimo* [Continuous vector cartographic base from Brazil to the millionth]. Rio de Janeiro, RJ: BCIM.
- Jackson, N. L., Nordstrom, K. F., Saini, S., & Smith, D. R. (2010). Effects of nourishment on the form and function of an estuarine beach. *Ecological Engineering*, 36(12), 1709 – 1718.
- Klein, A. H. F., Prado, M. F. V., & Dalinghaus, C. (2016). *Metodologia para quantificação de perigos costeiros e projeção de linhas de costa futuras como subsídio para estudos de adaptação das zonas costeiras: litoral norte da Ilha de Santa Catarina e entorno* [Methodology for quantification of coastal hazards and projection of future coastlines as a subsidy for studies of adaptation of coastal areas: north coast of Santa Catarina Island and surroundings]. Florianópolis, (Relatório Técnico Final).
- Lima, M. G. P. (2008). *Controle da erosão em praias arenosas pelo método de recifes submersos: Praia Brava de Matinhos – PR* [Erosion control on sandy beaches using the submerged reef method: Praia Brava de Matinhos – PR]. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Paraná.
- Leatherman, S. P. (1983). Historical and projected shoreline mapping. *Proceedings of the Coastal Zone '83*, San Diego, California.
- Maia, G., Feitosa Neto, L., Tavares, V., Fernandes, L., & Fonseca, M. (2017). Estudo dos métodos de proteção e reabilitação das praias no litoral do Ceará [Study of methods of protection and rehabilitation of beaches on the coast of Ceará]. *Revista Tecnologia*, 38(2), 1-13.
- Mazzer, A. M., Souza, C. R. G., Dillenburg, S. R. (2009). A Method to Determinate Coastal Cells In Southeast Coast of Santa Catarina Island, South of Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI, 98-102.
- Massiris Cabeza, A. (2012). *Gestión territorial y desarrollo. Hacia una política de desarrollo territorial sostenible en América Latina* [Territorial management and development. Towards a sustainable territorial development policy in Latin America]. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Massiris Cabeza, A. (2005). *Fundamentos conceptuales y metodológicos del ordenamiento territorial* [Conceptual and methodological foundations of territorial planning]. Boyacá: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

- Moore, J. L., Ruggiero, P., & List, J. H. (2006). Comparing Mean High Water and High Water Line Shorelines: Should Proxy-Datum Offsets be Incorporated into Shoreline Change Analysis? *Journal of Coastal Research*, 22(4), 894 – 905.
- Moura, R., & Werneck, D. K. (2000). Ocupação contínua litorânea do Paraná: uma leitura do espaço [Continuous coastal occupation of Paraná: a reading of space]. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, 99, 61-82.
- Pajak, M. J., & Leatherman, S. (2002). The high water line as shoreline indicator. *Journal of Coastal Research*, 18(2), 329 – 337.
- Polette, M., & Vieira, P. F. (2009). The Strides and Gaps in Brazilian Integrated Coastal Zone Management: An Undercover Evaluation of the Scientific Communitys Perceptions and Actions. *Ocean Yearbook*, 23, 670-685.
- Polini, P. C. (2014). Cambio climático y ordenamiento territorial en Costa Rica: de la indolencia a la transformación de la Gran Área Metropolitana (GAM) [Climatic change and territorial ordering in Costa Rica: from indolence to the transformation of the Greater Metropolitan Area (GAM)]. *Perspectivas FES (Friedrich-Ebert-Stiftung)*, 1, 1-13.
- Prata, P. M. (2005). *Variação Textural dos sedimentos da praia de Camburi, Vitória – ES após o engordamento artificial* [Textural variation of sediments from Camburi beach, Vitória – ES after artificial fattening]. Monografia. Oceanografia. UFES.
- Sousa, N. F. P. (2015). *Dinâmica da linha de costa e vulnerabilidade à erosão no setor não artificializado do arco Caparica-Espichel* [Coastline dynamics and vulnerability to erosion in the non-artificial sector of the Caparica-Espichel arch]. (Dissertação de Mestrado). Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Stellfeld, M. C. (2019). *Exposição ao risco de erosão costeira em frentes urbanas no município de Matinhos, litoral paranaense* [Exposure to the risk of coastal erosion in urban fronts in the municipality of Matinhos, on the coast of Paraná]. (Tese de Doutorado). Programa de pós-graduação em Geografia, UFPR.
- Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L., & Ergul, A. E. (2009). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 – An ArcGIS extension for calculating shoreline change*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.
- Townend, I. H., & Fleming, C. A. (1991). Beach nourishment and socio-economic aspects. *Coastal Engineering*, 16(1), 115-127.
- Van de Graaff, J., Niemeyer, H. D., & Van Overeem, J. (1991). Beach nourishment, philosophy and coastal protection policy. *Coastal Engineering*, 16(1), 3-22.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (UNFCCC). (2018). *Un Climate Change Annual Report, 2017*. United Nations.
- Vargas, R. (2012). Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial en el Perú [Economic Ecological Zoning and Territorial Planning in Peru]. In *Memoria del Foro Internacional Conservación y Protección de Zonas Productoras de Agua y Cabeceras de Cuenca* [Memory of the International Forum Conservation and Protection of Water Production Areas and Headwaters of Cuenca]. Programa PA&S Andino. Lima, 10 al 12 de julio del 2012.

FONTES LEGAIS

- Lei nº 7661 de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17661.htm
- Resolução SEMA 43 de 28 de novembro de 2018. Governo do Estado do Paraná – Brasil. Cria a Câmara Técnica de Gerenciamento Costeiro. Disponível em: <http://www.colit.pr.gov.br/arquivos/File/resolucao43GERCO.pdf>