



REVISTA  
Casa da  
**GEOGRAFIA**  
de Sobral  
ISSN 2316-8056



## **ANÁLISE MULTITEMPORAL DA VARIABILIDADE DA LINHA DE COSTA DO LITORAL DO MUNICÍPIO DE CAUCAIA, CEARÁ, BRASIL**

**Multitemporal analysis of the shoreline variability of the Caucaia municipality, Ceará, Brazil**

**Análisis multitemporal de la variabilidad de la costa en el municipio de Caucaia, Ceará, Brasil**

Jailson Cavalcante Lima <sup>1</sup>

Roberto Jarllys Reis Lima<sup>2</sup>

Eduardo Lacerda Barros<sup>3</sup>

Davis Pereira de Paula<sup>4</sup>

### **RESUMO**

A erosão costeira, que pode ser de decorrência natural ou por consequência de ações humanas, vem deixando suas marcas no litoral de Caucaia, destruindo residências, barracas de praia e outras estruturas urbanas. O objetivo deste estudo é avaliar a variação da linha de costa do município de Caucaia – CE, em um período de 10 anos, e categorizá-la a partir de classificação pré-definida a partir de estudos anteriores. A delimitação da linha de costa foi realizada a partir de imagens RapidEye e QuickBird tendo como base a linha de preamar média (LPM), esta determinação serviu para calcular suas taxas de variação a partir do parâmetro *Linear Regression Rate* (LRR). Os resultados levantados permitiram fazer análises particularizadas por praias. Desta forma verificou-se que as tendências erosivas se apresentam em 38% da costa, concentrando-se, no extremo leste do litoral e na sua região central. Já o trecho costeiro oeste apresentou taxas que indicam estabilidade e acreção.

**Palavras-chave:** Linhas de costa; erosão costeira; Litoral de Caucaia.

<sup>1</sup> Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará – ProPGeo/UECE. Pós-graduação em Geografia, Avenida Doutor Silas Munguba, 1700 Campus do - Itaperi, Fortaleza - CE, 60741-000. E-mail: jaillsonline@gmail.com Celular: (85) 99821-0809.

<sup>2</sup> Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará - ProPGeo/UECE. Pós-graduação em Geografia, Avenida Doutor Silas Munguba, 1700 Campus do - Itaperi, Fortaleza - CE, 60741-000. E-mail: roberto.lima@aluno.uece.br Celular: (85) 987454946.

<sup>3</sup> Prof. Dr. do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará – LABOMAR/UFC. Pós-graduação em Geografia, Avenida Doutor Silas Munguba, 1700 Campus do - Itaperi, Fortaleza - CE, 60741-000. E-mail: Eduardo.lgco@gmail.com Celular: (85) 986575934.

<sup>4</sup> Prof. Dr. do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará – ProPGeo/UECE. Avenida Doutor Silas Munguba, 1700 Pós-graduação em Geografia, Avenida Doutor Silas Munguba, 1700 Campus do - Itaperi, Fortaleza - CE, 60741-000. E-mail: davis.paula@uece.br Celular: (85) 988191342.

### ABSTRACT

The Coastal erosion that may be due to natural causes or human actions has left its mark on the coast of Caucaia, destroying residences, beach tents and urban infrastructures (e.g.avenues). The objective of this study is to evaluate the shoreline variation of the municipality of Caucaia - CE over a period of 10 years and to categorize it from the classification applied by Esteves and Finkl (1998) and Luijendijk et al. (2018). The delimitation of the shoreline was made using a RapidEye and QuickBird images based on the average hightide line (LPM), this determination was used to calculate their rates of variation from the parameter Linear Regression Rate (LRR). In this way, it was verified that the erosive tendencies present in 38% of the coast, concentrating, mainly, between the central region and the more east end, in counterpoint, starting from the central area to the west are rates that indicate stability and accretion.

**Keywords:** shoreline, coastal erosion, coast of Caucaia.

### RESUMEN

La erosión costera que puede ser de naturaleza natural o como resultado de acciones humanas ha dejado su huella en la costa de Caucaia, destruyendo casas, cabañas de playa y otras estructuras urbanas. El objetivo de este estudio es evaluar la variación de la costa del municipio de Caucaia - CE, durante un período de 10 años, y clasificarla a partir de una clasificación predefinida de estudios anteriores. La delimitación de la costa se realizó a partir de imágenes RapidEye y QuickBird basadas en la línea media previa al casco (LPM), esta determinación se utilizó para calcular sus tasas de cambio a partir del parámetro Tasa de regresión lineal (LRR). Los resultados obtenidos permitieron realizar análisis individualizados por playas. Por lo tanto, se encontró que las tendencias de erosión están presentes en el 38% de la costa, concentrándose en el extremo este de la costa y en su región central. El tramo costero occidental mostró tasas que indican estabilidad y acreción.

**Palabras clave:** costas; erosión costera; Costa del Caucaia.

## INTRODUÇÃO

A zona costeira se apresenta como um espaço dinâmico regido pela interação entre agentes hidrodinâmicos (ondas, correntes e marés) e a pressão exercida pelas ações humanas (desenvolvimento urbano e atividades econômicas) (PAULA *et al.*, 2013; 2016). A relação entre esses agentes resulta em um estado de interação contínua em grande parte das zonas costeiras e áreas adjacentes ao redor do globo terrestre (MARTINS *et al.*, 2004).

A concentração demográfica e de atividades econômicas na zona costeira evidencia sua importância estratégica. Assim a importância destas áreas no Brasil pode ser evidenciada com o fato de que a maior parte das capitais brasileiras estarem localizadas em áreas litorâneas ou muito próximas a elas, dentre as 27 capitais, contando com o Distrito Federal, 16 estão nestas áreas.

O resultado desse processo de valorização dos espaços costeiros se reflete de forma materializada na artificialização dos ambientes litorâneos, a partir do processo de urbanização litorânea destes espaços. As transformações na dinâmica natural dos sistemas ambientais costeiros acabam tornando-os mais vulneráveis aos processos erosivos, afetando o modo de vida das populações residentes nestes ambientes, além de representar uma ameaça a diversos serviços oferecidos, como o turismo e o lazer (RIBEIRO, 2012).

As praias arenosas são formadas principalmente pela atuação da dinâmica costeira, assim como os processos de erosão e progradação que regem esses ambientes dinâmicos (PAULA *et al.*, 2016). Elas atuam como proteção a eventuais danos que possam ser causados por ondas e erosão (ALEXANDRAKIS *et al.*, 2018). A erosão costeira pode induzir impactos negativos de diversas intensidades, seja de ordem ecológico ou socioeconômica (e.g. danos ao patrimônio, perda de turismo e valor recreacional) (SEMEOSHENKOVA & NEWTON, 2015).

Desse modo, a erosão constitui uma das grandes preocupações para os gestores costeiros, pois se apresenta como uma ameaça a arrecadação de receita de setores como a indústria e o turismo, bem como geram impactos negativos à biodiversidade (ALEXANDRAKIS *et al.*, 2018). Dois processos se destacam como as principais causas para o fenômeno: a elevação do nível do mar e a redução do abastecimento sedimentar (MAZZER & DILLENBURG, 2009).

A maior parte dos sedimentos que chegam no litoral vêm do continente, sendo derivados das descargas fluviais no litoral (PAULA *et al.*, 2016). Essa redução do aporte sedimentar nas praias pode decorrer da intervenção antrópica em bacias (e.g. construção de barragens e canalização de rios). Outros fatores podem contribuir para redução do abastecimento sedimentar como construção de estruturas fixas sobre campos de dunas que interferem diretamente na dinâmica do sistema praia-duna, caracterizada pelo fornecimento de sedimentos entre os dois ambientes, além de obras de contenção costeira mal planejadas que interferem na dinâmica litorânea.

Um dos grandes problemas enfrentados por países costeiros está na variabilidade espacial da linha de costa, que pode atingir estágios avançados de recuo, trazendo repercussões econômicas e perda do patrimônio públicas ou privadas (FARIAS & MAIA, 2010). Esse cenário de degradação pode ser observado, especialmente, nos grandes núcleos urbanos costeiros brasileiros (Recife, Natal, Fortaleza, Rio de Janeiro e outros).

Determinar a posição da linha de costa não é simples, pois há uma variação contínua ao longo do tempo, sendo determinada pelos processos hidrodinâmicos no limite costeiro (e.g. ondas, marés, águas subterrâneas, tempestades, setup, runup, etc.) (BOAK & TURNER, 2005). Os mesmos autores consideram que com o grande dinamismo deste limite, a definição da linha de costa deve ser considerada no âmbito temporal e espacial, levando-se em conta ainda a dependência de sua variabilidade na escala temporal em que ela está sendo investigada.

Por se tratar de um dos ambientes mais recorrentes ao longo do litoral, as praias são as feições mais consideradas nos estudos sobre variabilidade da linha de costa para identificar tendências de erosão, estabilidade ou progradação (MUEHE & KLUMB-OLIVEIRA, 2014). A

determinação do comportamento morfológico de ambientes litorâneos, a partir de uma análise espaço-temporal, é alvo de inúmeras investigações realizadas pelas ciências da terra (MOURA, 2018).

Resultante de grande dinamicidade dos sistemas costeiros, naturais ou antropizado, a linha de costa constitui um dos principais indicadores para o entendimento da configuração litorânea ao longo do tempo. A realização de estudos sobre as estimativas de tendências de erosão costeira depende da multiplicidade dos indicadores escolhidos, bem como das metodologias aplicadas, levando em conta as dinâmicas naturais e antrópicas (ALBUQUERQUE, 2013).

Nas últimas décadas, o litoral cearense apresentou intensivas modificações em sua fisiografia, resultado das mudanças nos tipos de uso e ocupação que interferiram na dinâmica natural dos ambientes costeiros (e.g. praias, falésias, dunas), comprometendo sua capacidade de carga e resiliência. Atualmente, as praias arenosas constituem um dos principais ambientes de interesse recreacional e turístico. O litoral do município de Caucaia, conhecido por suas belas paisagens naturais atrativa a atividade de turismo vem sendo afetado nas últimas décadas com o avanço da erosão marítima em decorrência da redução do abastecimento sedimentar. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo quantificar a variação da linha de costa do município de Caucaia entre os anos de 2004 e 2014.

## MATERIAL E MÉTODO

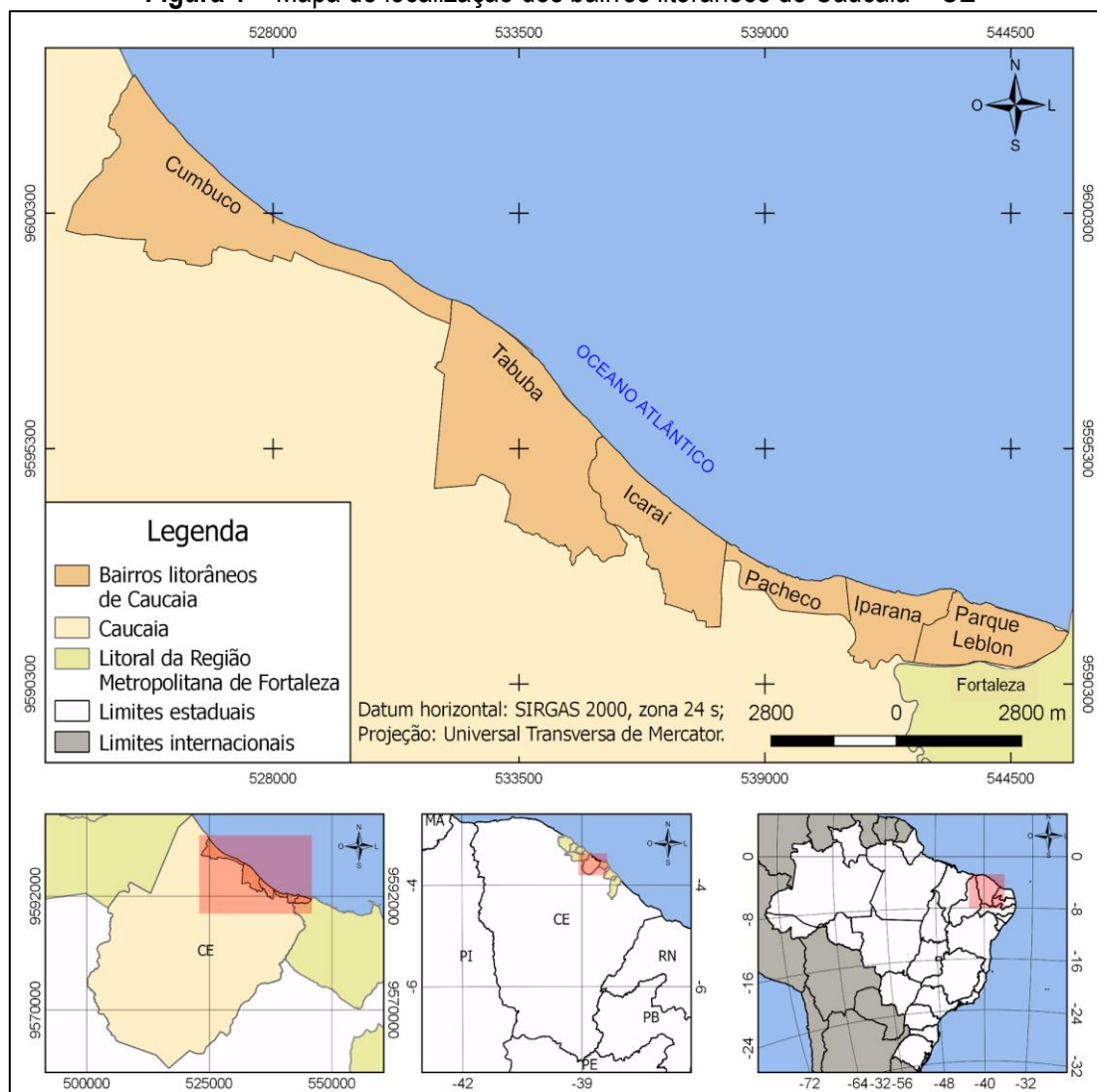
### Área de Estudo

A área de estudo corresponde as praias do litoral do município de Caucaia: Dois Coqueiros, Iparana, Pacheco Icarai, Tabuba e Cumbuco, correspondendo a 28 km do litoral (Figura 1). Caucaia é um dos municípios da Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, localizado entre as coordenadas 545.709 E/9.591.483 S e 521.891 E/ 9.606.833 S (UTM SIRGAS 2000 24M), a 20 km da capital Fortaleza (IPECE, 2014). As praias do litoral de Caucaia estão associadas a diversos ambientes (falésias, dunas, planícies fluviomarinhas e lagunas) que também são diretamente influenciados pela ação dos processos costeiros.

As praias do município de Caucaia foram influenciadas diretamente pelo crescimento urbano e econômico da capital, gerando na segunda metade do século XX uma grande estância balnear para o lazer de final de semana do fortalezense, bem como do próprio município. Esse dinâmicos trouxe diversas mudanças para paisagem costeira de Caucaia, pois foram construídas

diversas casas de veraneio, condomínios de apartamentos residenciais, barracas de praia e vias de acesso interligando a cidade à praia sendo procurado ao longo do século XX para as mais diversas finalidades balneares que resultaram na edificação de estruturas urbanas ao longo da orla marítima como: construção de condomínios, casas de veraneio, barracas de praia e infraestrutura turística (SILVEIRA & DANTAS, 2010; PAULA *et al.*, 2016).

**Figura 1** – Mapa de localização dos bairros litorâneos de Caucaia – CE



Fonte: os autores (2018)

Caucaia apresenta a segunda maior extensão de linha de costa urbanizada da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF (20,67 km), com diversas estruturas de proteção implantadas para contenção do avanço do mar (Figura 2). Apesar disso, em sua grande maioria, as estruturas apresentam baixo grau de eficiência, tornando o litoral de Caucaia um dos principais núcleos de



erosão costeira do Estado do Ceará, especialmente no que concerne as praias de Iparana, Pacheco, Icaraí e Tabuba (PAULA, 2015).

**Figura 2** – Estruturas de contenção costeira construídas nas praias do Icaraí (A) e da Tabuba (B).



Fonte: os autores (2017)

## Materiais

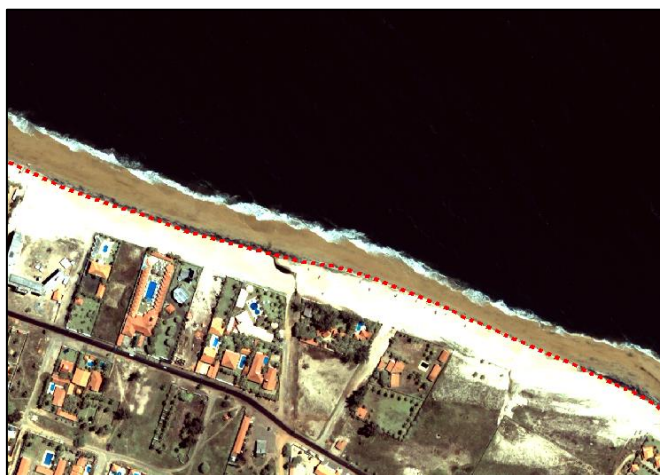
Foram utilizadas imagens orbitais QuickBird com nove cenas disponibilizada pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), referentes a 22/08/2004 com resolução espacial das bandas multiespectrais de 2,4m; e RapidEye, disponíveis no geocatálogo de imagens no site do Ministério do Meio Ambiente (MMA), relativo a 22/05/2011 e 11/05/2014 com resolução espacial de 5m, cobrindo em ambos os casos cobrindo quase a totalidade do litoral de Caucaia.

O programa de geoprocessamento utilizados foi o ArcGis na versão 10.4, que serviu para reprojeter as imagens, criar os arquivos vetoriais de representação de linha de costa, gerar os layouts etc. Além disso, foi utilizado a extensão *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) versão 4.4, disponibilizada gratuitamente e proposta por Thieler *et al.* (2017) que deve ser utilizada como extensão o ArcGis® 10.4. O Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) utilizado foi o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS 2000), fuso 24 sul, com meridiano central 39 e projeção Universal Transversa de Mercator (UTM). Sendo assim, todos os dados, vetoriais ou matriciais, adquiridos ou criados foram utilizadas nestes parâmetros, sendo eles reprojeterados quando necessário e mapeados em escala de 1:4.000.

### Determinação da linha de costa

Tão importante quanto o conceito de linha de costa é a capacidade de detecção e quantificação de sua variação ao longo do tempo, seja a longo ou curto prazo. Um dos indicadores mais utilizados são aqueles baseadas na posição de uma linha de água, na qual pode-se destacar como um dos indicadores para detecção da linha de costa, a linha de preamar média (LPM), que de acordo com Crowell et al. (1991), delinea a extensão terrestre na última maré alta, sendo caracterizada por uma mudança na cor da areia causado pela inundação repetida e periódica da praia pelas marés altas (Figura 3).

**Figura 3**– Indicador de demarcação da linha de preamar média.



Fonte: Satélite QuickBird (2004)

No Brasil, LPM é amplamente empregado por diversos pesquisadores nos estudos concernentes a variação da linha de costa (por exemplo, COSTA *et al.*, 2008; MAZZER & ILLENBURG, 2009; FREITAS *et al.*, 2010; ALBUQUERQUE, 2013; MUEHE & KLUMB-OLIVEIRA, 2014; ARAÚJO & GOMES, 2017). Para o estado do Ceará podemos destacar alguns estudos recentes que se utilizaram da linha de preamar média (divisão entre a areia úmida e a areia seca) como indicador (por exemplo, FARIAS & MAIA, 2010; MARINO & FREIRE, 2013; BARROS, 2018; MOURA, 2018).

### Aplicação do DSAS

O método foi baseado a partir do estabelecimento de três representações vetoriais de linhas de costas (relativa aos anos de 2004, 2011 e 2014) interceptadas por 260 transectos transversais de 3,3 km de comprimento, perpendiculares à linha de base (*offshore*), com

equidistância de 100 m para todas as praias analisadas, perfazendo um total amostral de cerca de 28 km de linha de costa 89 % do litoral de Caucaia, não foi possível mapear a área restante devido a falta de imagens no banco de dados consultado.

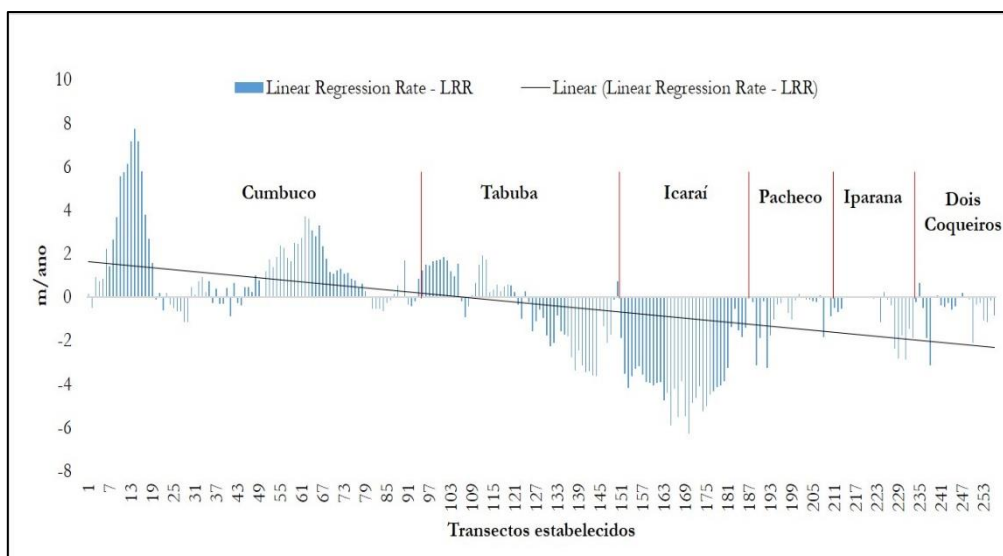
O DSAS cria uma série de taxas, que seguem diferentes métodos para sua extração, partindo disso optou-se por utilizar *Linear Regression Rate* (LRR) este índice analisa toda a série temporal do conjunto de linhas de costa inseridas, apresentando certa riqueza de detalhes. Este parâmetro e os demais elaborados pelo DSAS podem ser melhor explicados em Himmelstoss *et al.* (2009). Os dados gerados a partir do parâmetro LRR foi categorizado com base na classificação da variação da linha de costa aplicada por Esteves e Finkl (1998) e Luijendijk *et al.* (2018), que padroniza a variação da linha de costa da seguinte forma: Acreção >0.5 m/ano; Estável -0.5 a 0.5 m/ano; Erosão -1 a -0.5 m/ano; Erosão intensa -3 a -1 m/ano; Erosão severa -5 a -3 m/ano; Erosão extrema < -5 m/ano.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados gerados a partir do LRR (Figura 4) permitiram fazer uma análise particularizada de cada praia do município de Caucaia, a discussão dos resultados foi feita agrupando praias que apresentaram semelhantes. No primeiro momento foi discutida a situação das praias de Dois Coqueiros, Iparana, Pacheco, que de acordo Farias e Maia (2010), apresentaram tendências erosivas para os anos de 1991 a 2004, mas agora, para o período aqui analisado, verificou-se valores que tendem à estabilidade, diferentemente do Icaraí, onde foram verificadas as maiores taxas de erosão de todo o litoral de Caucaia. O outro momento de discussão se deu nas praias que apresentaram valores de LRR com presença erosiva, a exemplo da Tabuba, enquanto que na região da praia do Cumbuco houve acreção com tendência a estabilização da linha de costa (Figura 5).

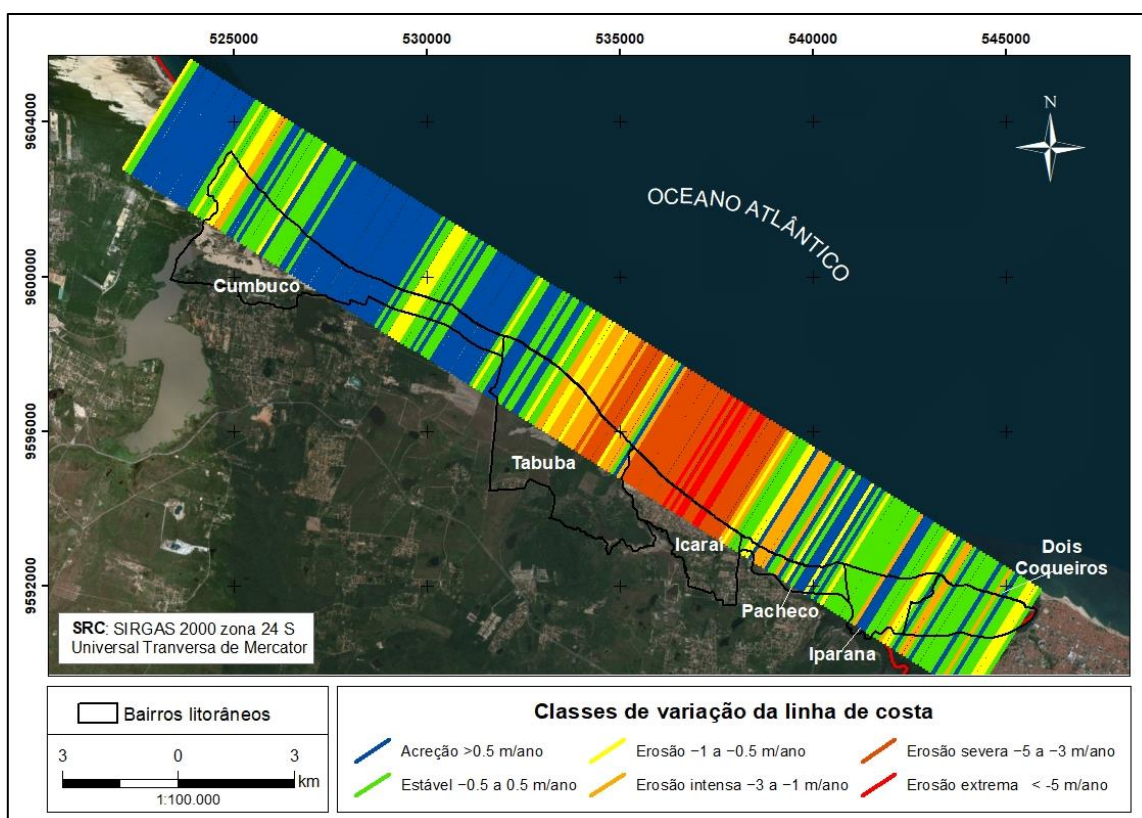


**Figura 4** – Taxas de erosão/progradação da linha de costa para o litoral de Caucaia.



Fonte: os autores (2018)

**Figura 5** – Classificação do estado do litoral de Caucaia com base no parâmetro LRR.



Fonte: os autores (2018)

## DOIS COQUEIROS, IPARANA, PACHECO E ICARAÍ

Localizada à oeste da desembocadura do rio Ceará, as praias de Dois coqueiros, Iparana, Pacheco e Icarai correspondem aos primeiros locais de ocupação do litoral de Caucaia, em decorrência, principalmente, do fenômeno de vilegiatura marítima que se expandiu da capital para os municípios adjacentes (MEDEIROS & ARAUJO, 2009). A partir da década de 1970 houve transformações significativas no litoral de Caucaia decorrentes desse fenômeno e dos processos erosivos registrados nos últimos 30 anos, levando a edificação da orla por estruturas de contenção costeira (PAULA *et al.*, 2013).

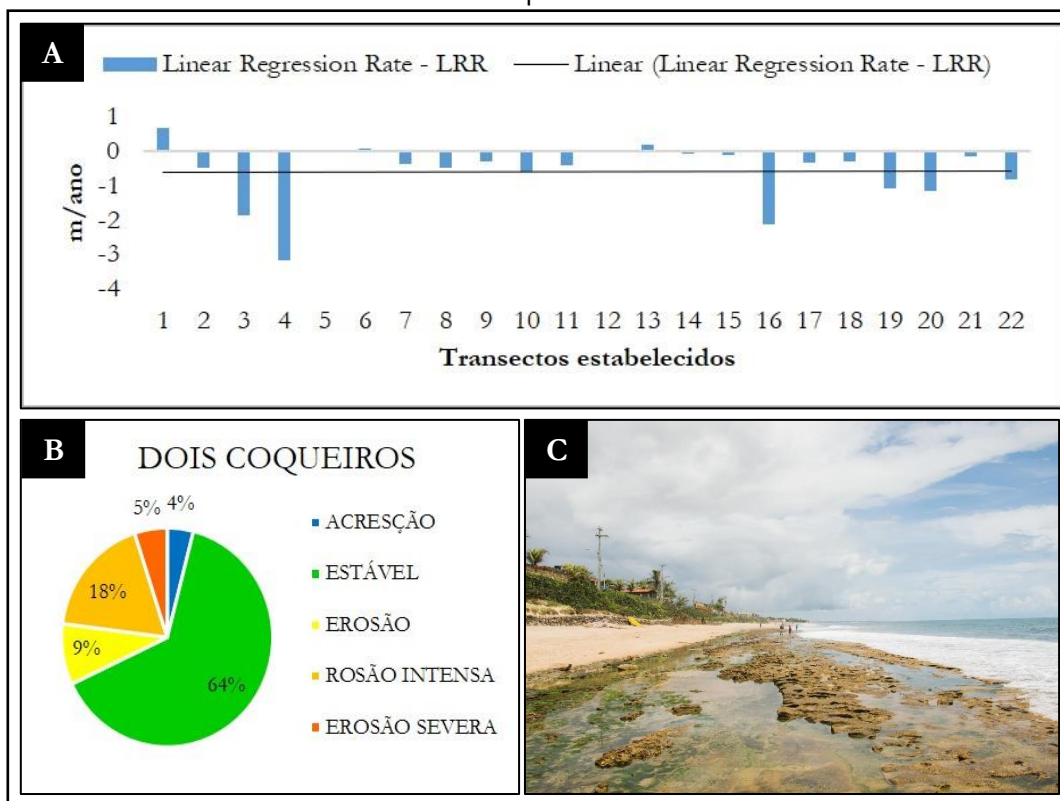
Com base nos dados do LRR, essas praias representam os principais núcleos de erosão costeira do litoral de Caucaia. É nesta área onde ocorre os casos mais graves de erosão, conforme classificação proposta por Esteves e Finkl (1998), foi onde houve a maior concentração contínua de erosão no período analisado.

### Praia de Dois Coqueiros

De acordo com Farias e Maia (2010), a partir da aplicação do LRR, a praia de Dois Coqueiros apresentou tendências erosivas entre os anos de 1991 a 2004, evidenciando o recuo da linha de costa na maior parte de sua orla, chegando a atingir valores máximos de 9,4m/ano, com média de 1,25m/ano, mesmo após a edificação de estruturas de contenção costeira, um cenário considerado alarmante para o comportamento da dinâmica litorânea do estado do Ceará (FARIAS & MAIA, 2010).

Na presente análise, realizada entre os anos de 2004 e 2014, observou-se um recuo médio de 0,58 m/ano, com valores que variaram entre -3,14 a 0,67 m/ano (Figura 6A), contudo, a maior parte dos aproximados 2,3 km de praia apresentou tendências à estabilidade (-0,5 a 0,5m/ano) para 64% da costa, enquanto 32% apresentou tendências de erosão (-0,5 a -5 m/ano), como pode ser observado na Figura 6B. Embora grande parte da praia se apresente estável, observa-se que ainda houve recuo considerável da linha de costa, ainda que o auge dos processos erosivos tenha sido registrado na década de 1990.

**Figura 6 – Taxas e tendência de erosão/progradação da linha de costa da praia de Dois Coqueiros**



Fonte: os autores (2018).

### Praia de Iparana

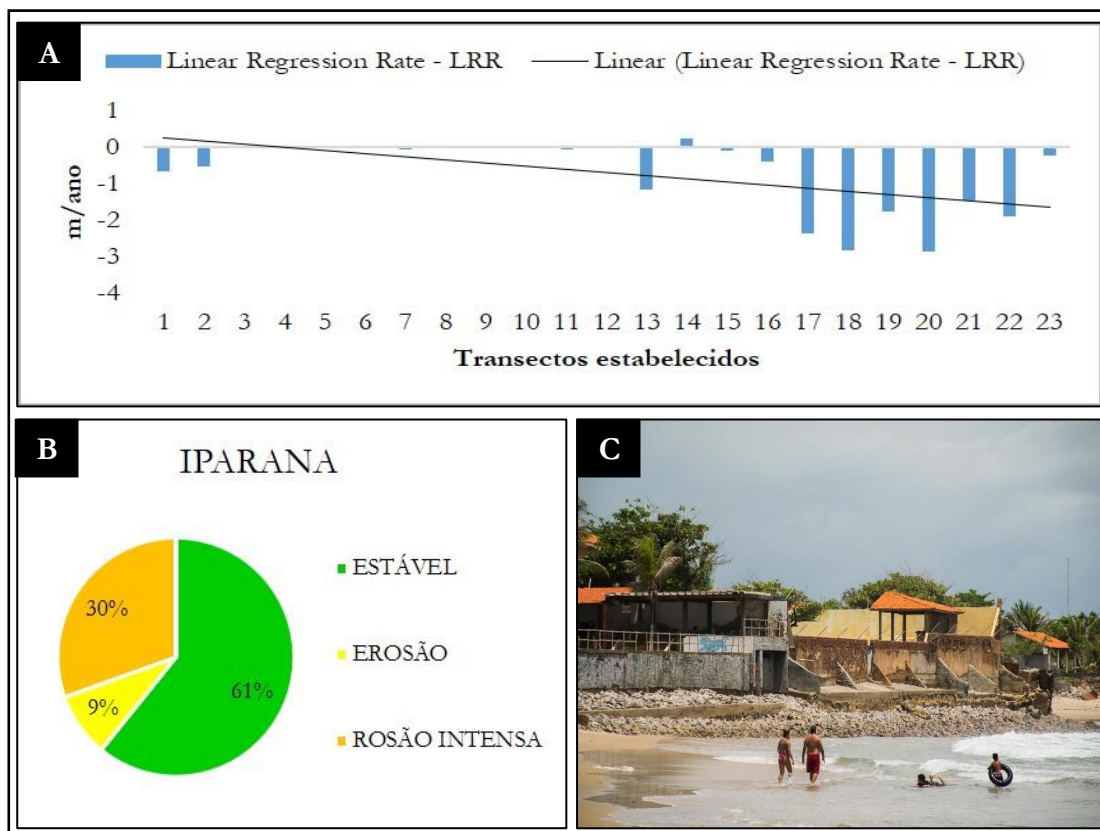
Assim como na praia de Dois Coqueiros, a praia de Iparana apresentou tendências erosivas, especialmente entre os anos de 1991 a 2004. De acordo com Farias e Maia (2010), essas praias apresentaram taxas de recuo médio de 1,25 m/ano, de acordo com o método LRR, e tendências de acreção em alguns pontos obtiveram média de 1,11m/ano. Os mesmos autores destacam que os processos erosivos avançaram significativamente a partir da década de 80, que comprometeram a estética ambiental da praia, bem como suas estruturas urbanas.

Com base nos dados processados entre os anos de 2004 a 2014, a praia de Iparana (com extensão aproximada de 2,5 km) apresentou taxas máximas de 0,23 m/ano de engorda, configurando uma situação predominante de estabilidade, em 61% de sua linha de costa, contudo, enquanto que em 39% desta praia, há tendências erosivas para o período observado como pode ser observado na Figura 7B, e apresentando taxas máximas de recuo de 2,86 m/ano (Figura 7A).

Assim como a praia de Dois Coqueiros, podem ser observadas estruturas de contenção costeira nesta localidade (Figura7C), limitando o avanço do mar sobre o continente, contudo, são

pouco eficientes e ainda podem ser observadas tendências erosivas com taxa média de recuo de 0,70 m/ano.

**Figura 7** – Taxas e tendência de erosão/progradação da linha de costa da praia de Iparana



Fonte: os autores (2018)

Esta praia apresenta baixo potencial atrativo devido suas características, como presença de rochas utilizadas para contenção do avanço do mar na orla que dificultam o banho, além da inexistência da faixa de areia durante o período de maré alta. Deste modo, seu baixo potencial de atratividade tem levado a um fluxo insignificante de pessoas (IPETURIS, 2011).

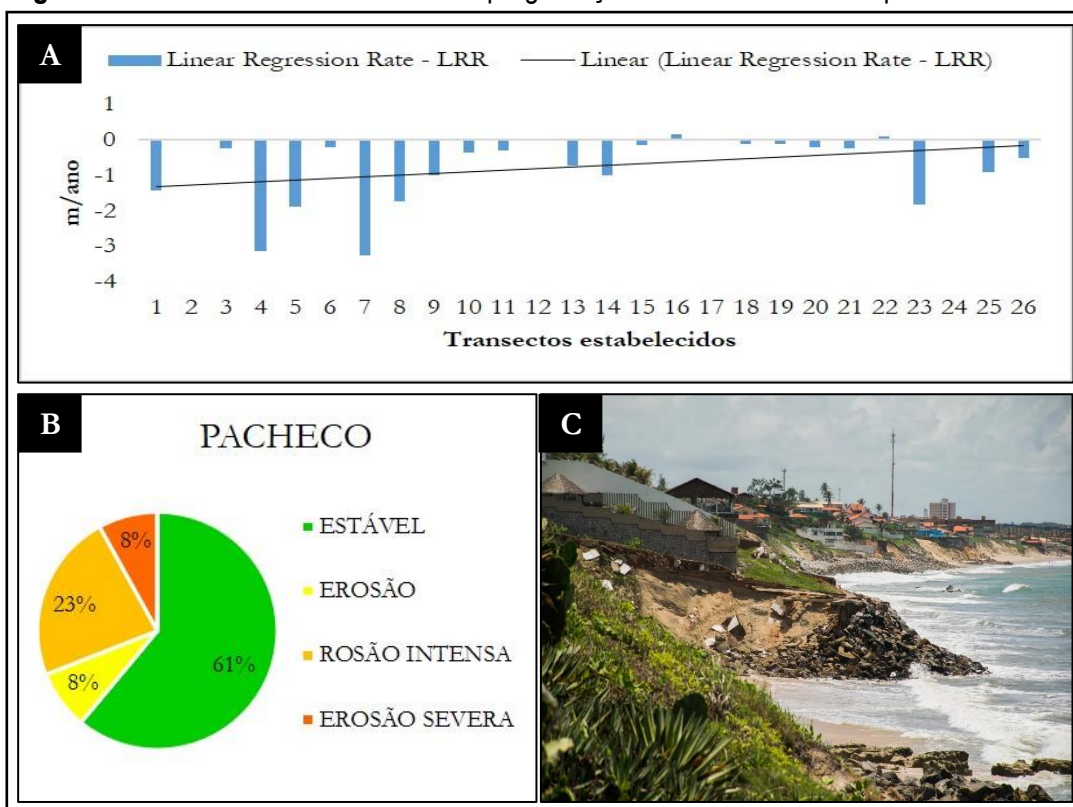
### Praia do Pacheco

A partir da análise realizada por Farias e Maia (2010) para as praias do Pacheco e do Icarai (entre 1991 e 2004), observou-se que elas apresentaram tendências de erosão mais acentuadas do que as duas praias anteriormente analisadas. Os autores observaram disposição generalizada de recuo de linha de costa com média de 0,95m/ano, segundo as taxas de regressão linear simples (LRR), e apresentando índices máximos de erosão de 2 m/ano, evidenciando uma forte tendência erosiva na localidade.



A praia do Pacheco, com aproximadamente 3 km, apresentou estabilidade em 61% de sua costa, contudo, há ocorrência de tendência erosiva ( $-0,5$  a  $-5$  m/ano) em 38% da orla (Figura 8B), apresentando taxas médias de regressão linear simples de  $0,73$  m/ano e o maior recuo de  $3,26$  m/ano (Figura 8A). Na praia pode ser observado a presença de estruturas de contenção do processo erosivo, do tipo enrocamento durante todo período analisado o que evidencia tentativas de sanar a tendência erosiva na localidade (Figura 8C).

**Figura 8** – Taxas e tendência de erosão/progradação da linha de costa da praia do Pacheco



Fonte: os autores (2018)

### Praia do Icarai

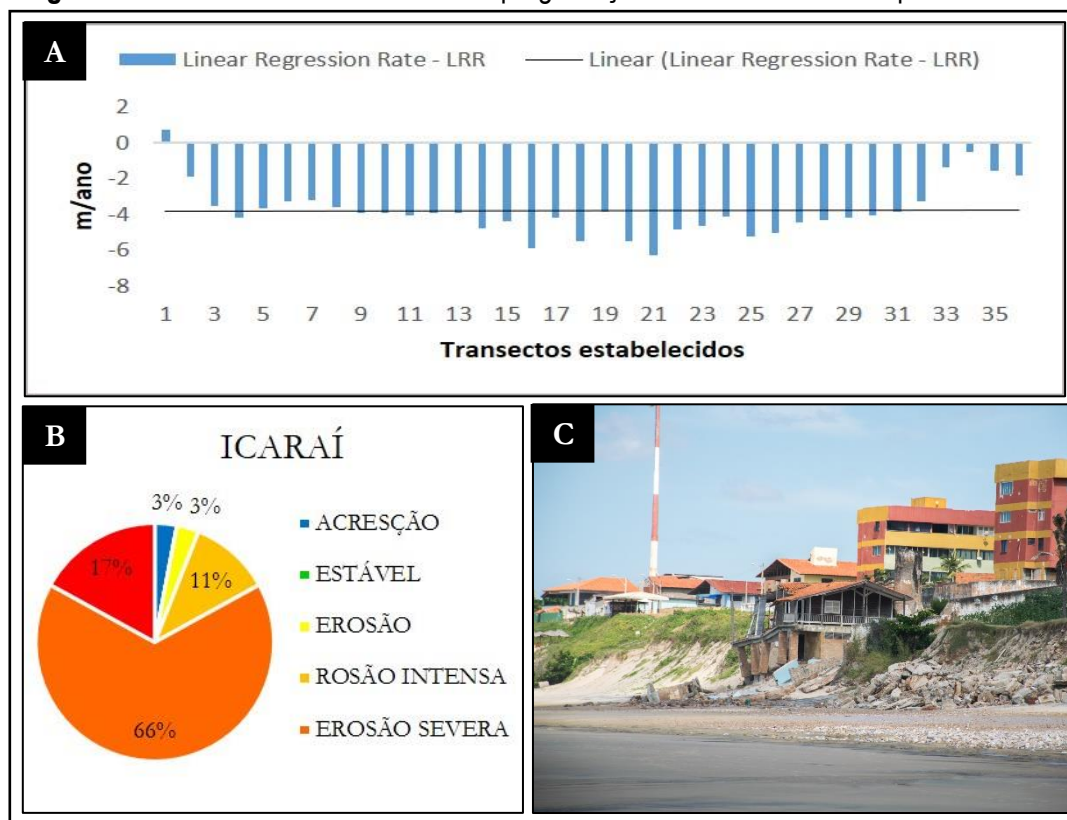
A praia do Icarai, com aproximadamente 3,1 km de extensão, apresentou tendência erosiva em 97% de sua orla, destes, 17% configuraram erosão extrema ( $<-5$  m/ano), o pior cenário da classificação utilizada (Figura 9B). Há um trecho com presença de acreção, que se atribui a uma laguna que marca a delimitação da praia do Icarai com a da Tabuba.

Os valores encontrados no período analisado apontam para um recuo médio de  $3,77$  m/ano e valores máximos de mais de  $6$  m/ano (Figura 9A), o maior índice para todo litoral de Caucaia, levando a mudanças extremas na paisagem local. Pode-se observar na praia do Icarai,



a construção de um dissipador de energia do tipo “Bagwall” com aproximadamente 1,5 km de extensão, em 2010, devido a erosão costeira na localidade que vem destruindo equipamentos urbanos e trazendo prejuízos socioeconômicos (PAULA et al., 2013). Deste modo a praia se configura como principal núcleo de erosão costeira do litoral de Caucaia e um dos maiores do estado do Ceará.

**Figura 9** – Taxas e tendência de erosão/progradação da linha de costa da praia do Icaraí.



Fonte: os autores (2018)

Na praia do Icaraí, pode-se destacar a presença significativa de condomínios fechados ao longo da costa, assim como diversas residências e barracas de praia destruídas pela ação dos processos marinhos (Figura 9C). No intuito de proteger equipamentos urbanos e inibir os processos de erosão na localidade são construídas obras de engenharia costeira (e.g. enrocamento), muitas vezes sem estudo prévio acerca das condições oceanográficas de determinada localidade que será inserida a estrutura, intensificando os impactos sobre os ambientes naturais e estruturas alocadas na orla.

Apresentando atualmente baixo potencial de atratividade a praia do Icaraí já foi um dos principais recantos de moradores de Fortaleza durante os finais de semana, contudo, com o avanço do mar, e conseqüente acentuação dos processos erosivos na praia, tem levado a uma

redução de seu uso, sobretudo quando se considera o estado péssimo de conservação da praia, além da inexistência da faixa de areia durante o período de maré alta (IPETURIS, 2011).

## **TABUBA E CUMBUÇO**

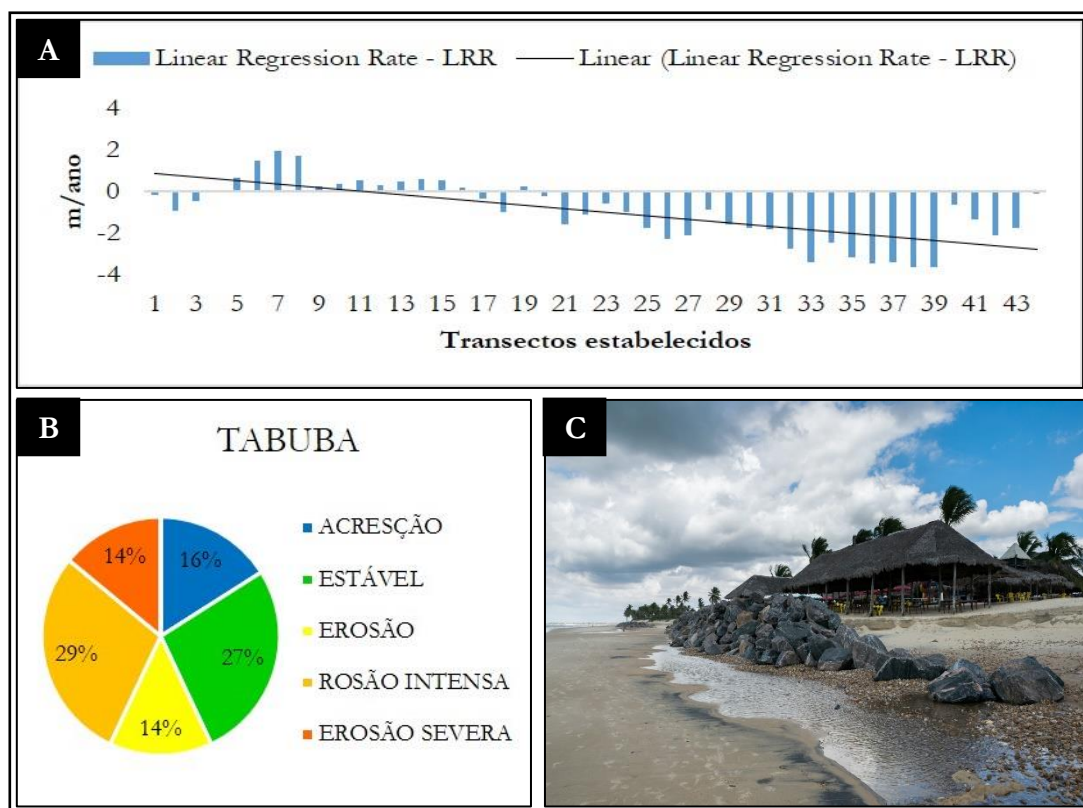
Diferente do que ocorre nas praias de Dois coqueiros, Iparana, Pacheco e Icaraí, onde a orla se apresenta densamente artificializada por estruturas de contenção da erosão costeira reflexo da intensificação dos processos erosivos ao longo das últimas quatro décadas, as praias da Tabuba e Cumbuco constituem os melhores recantos para práticas recreacionais, lazer e turismo no litoral de Caucaia, contudo, observa-se algumas tendências de erosão em trechos da praia da Tabuba, enquanto a praia do Cumbuco se sobressai como um dos principais polos de atração turística do estado do Ceará.

### **Praia da Tabuba**

Com base nos dados de linha de costa processados para praia da Tabuba verificou-se que 58% de cerca de 4,3 km de costa apresentam tendência de recuo da linha de costa, sendo 14% de erosão (-0,5 a -1 m/ano), 30% erosão intensa (-3 a -1 m/ano) e 14% erosão severa (-5 a -3 m/ano), os 48% restante da praia se apresenta estável (0,5 a 0,5m/ano) ou sobre processos de progradação (>0,5m/ano), como pode ser observado na Figura 10A.

A praia apresentou tendências de recuo com taxas médias de regressão linear simples de 0,94 m/ano, com valores máximos atingindo entre 3,15 m/ano e 3,62 m/ano, como pode ser observado na Figura 10B. Alguns indicadores de erosão já podem ser observado ao longo da praia, dentre as quais destaca-se a construção de enrocamentos para conter o avanço do mar sobre barracas (Figura 10C). A praia é utilizada majoritariamente para o lazer como banho de sol e mar, contudo, o nível de uso da praia é baixo na maior parte do ano devido, sobretudo, ao maior fluxo de visitantes que se direcionado a praia do Cumbuco (IPETURIS, 2011).

**Figura 10** - Taxas e tendência de erosão/progradação da linha de costa da praia da Tabuba.



Fonte: os autores (2018)

É importante destacar que essa tendência de recuo da linha de costa se apresenta, principalmente, no sentido Leste-Oeste, ou seja, as tendências erosivas consolidadas nas praias à montante (Dois Coqueiros, Iparana, Pacheco e Icarai) estão se transferindo gradativamente para localidade da Tabuba. Essa transferência dos processos erosivos para jusante das praias não constitui uma particularidade do litoral de Caucaia, e já vem ocorrendo desde a construção das defensas do Porto do Mucuripe e de espigões, em Fortaleza, responsáveis pela contenção de sedimentos que deveriam ser transportados pela deriva litorânea (no sentido Leste-Oeste). A fixação de ambiente (e.g. dunas e praias) responsáveis pela dinâmica sedimentar também contribuíram para o agravamento da problemática.

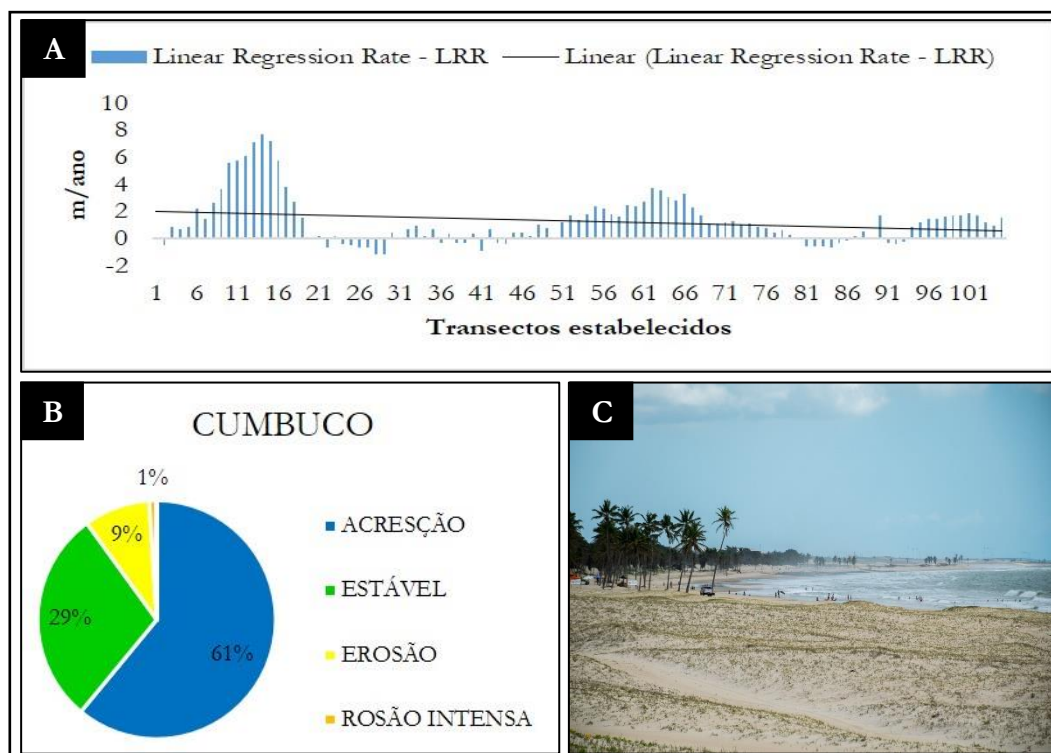
### Cumbuco

A maior praia do litoral de Caucaia, com aproximadamente 11 km de extensão, Cumbuco apresentou tendência de progradação ( $>0,5\text{m/ano}$ ) de 61% da linha de costa, 39% e estabilidade ( $0,5$  a  $0,5\text{m/ano}$ ) e apenas 10% de tendência erosiva ( $-0,5$  a  $-3$ ) (Figura 11B). A praia apresentou taxas médias de progradação de  $2,2\text{ m/ano}$ , chegando a atingir valores máximos de progradação

de mais de 7,75m/ano e um mínimo geral de apenas 1 m de recuo (Figura 11A). Com melhores condições ambientais frente às demais praias do litoral de Caucaia, a praia do Cumbuco se configura como principal polo turístico do município e um dos maiores do estado do Ceará, sendo vetor de atração de turistas tanto nacionais como internacionais.

A praia do Cumbuco é bastante frequentada o ano todo. Este trecho da costa apresenta as melhores condições ambientais (Figura 11C) e os melhores equipamentos e serviços voltados ao setor turístico, além do mais, a praia oferta uma variedade de atividades aos turistas dentre as demais praias, tais como prática do *windsurf* e do *kitesurf*, também há passeios de bugue, quadriciclo, cavalo e jangada, deste modo a praia apresenta um alto potencial atrativo (IPETURIS, 2011).

**Figura 11** – Tendência da praia do Cumbuco aos processos de erosão, estabilidade e progradação.



Fonte: os autores (2018)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise realizada na presente pesquisa, pode-se inferir que o litoral de Caucaia vem sendo impactado progressivamente pelos processos erosivos nos últimos 40 anos. Dos 28 km de linha de costa analisada, 89% de todo litoral, verificou-se que as tendências erosivas se apresentam em 38% da costa, destes, 9% são de erosão (-0,5 a -1 m/ano), 14% de erosão

intensa (-3 a -1 m/ano), 13% de erosão severa (-5 a -3 m/ano) e 2% de erosão extrema (<-5 m/ano).

Essa tendência decorreu, inicialmente, das primeiras edificações de estruturas urbanas sobre ambientes litorâneos e obras de contenção costeira que se sucederam ao longo do litoral de Fortaleza, sobretudo após a construção das defensas do Porto do Mucuripe, obstruindo o fluxo de sedimentos transportado pela deriva litorânea, de tal modo que os processos erosivos foram sendo transferidos para outras localidades (no sentido Leste-Oeste), tendo repercussão direta no litoral do município de Caucaia.

Neste caso, como consequência dessa problemática, destacam-se as praias de Dois coqueiros, Iparana, Pacheco e Icarai onde os processos erosivos ocorreram com maior intensidade na década de 90, e atualmente a praia da Tabuba, onde os processos erosivos já se fazem presentes em 57% de sua costa. A praia do Icarai se configurou como principal núcleo de erosão costeira do litoral de Caucaia apresentando tendência erosiva em 97% de sua orla. Em contrapartida, verificou-se que 33% do litoral se apresenta estável (-0,5 a 0,5m/ano) e 29% com tendência de progradação (<-5 m/ano). A maior parte dessa tendência progressiva do litoral foi verificada na praia do Cumbuco, onde as condições ambientais são propícias ao desenvolvimento de atividades recreacionais, lazer e de turismo, se configurando como principal polo turístico do município e um dos maiores do estado do Ceará, sendo vetor de atração de turistas tanto nacionais como internacionais.

Considerando o que foi apresentado, pode-se afirmar que há uma tendência de avanço dos processos erosivos ao longo do litoral de Caucaia no sentido Leste-Oeste devido a interferência na dinâmica costeira, a partir da construção de estruturas urbanas e obras de engenharia costeira em ambientes litorâneos, transferindo os processos erosivos para outras localidades a jusante. Deste modo, torna-se necessário a aplicação de medidas que visem a conservação e o monitoramento dos ambientes litorâneos, imprescindíveis ao desenvolvimento econômico do município, principalmente para o setor turístico.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão da bolsa de iniciação científica durante o período de 2018-2019. Este trabalho resultou de recursos obtidos através do Edital FUNCAP-FCT n° 02/SAICT/2017, processo n° FCT – 00141-00009.01.00/18. Também quero registrar meus agradecimentos ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica da UECE e aos seus professores e estudantes.





Quero registrar meus agradecimentos aos inúmeros estudantes de graduação e pós-graduação em geografia e oceanografia pela participação nos trabalhos de campo, muitos dos quais desenvolveram suas monografias, dissertações e teses com os dados obtidos nos diferentes levantamentos realizados na área, e cuja participação foi decisiva na caracterização dos processos costeiros da área de estudo.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E.M.L.; LIMA, K.A.; MEDEIROS, C.N.; SOUSA, F.J.; SOUZA, M.J.N. **PERFIL GEOSOCIOECONÔMICO: Um olhar para as Macrorregiões de Planejamento do Estado do Ceará**. Fortaleza: IPECE, 2014.

ALBUQUERQUE, Miguel da Guia. **Espaço-temporal das causas da variabilidade da linha de costa e erosão na praia do Hermenegildo, RS**. 2013. Tese (Doutorado em Geociências) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

ALEXANDRAKIS, George; MANASAKIS, Constantine; KAMPANIS, Nikolaos A.. Valuating the effects of beach erosion to tourism revenue. A management perspective. **Ocean & Coastal Management**, [s.l.], v. 111, p.1-11, jul. 2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096456911500085X>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

ARAÚJO, Inessa Racine Gomes de; GOMES, Érico Rodrigues. Análise multitemporal da linha de costa da praia de Macapá no litoral do Piauí a partir de imagens Landsat. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 27, n. 1, p. 189-200, 2017.

BARROS, E. L. **Erosão costeira no litoral do município de Icapuí-Ce na última década: causas, consequências e perspectivas futuras**. 2018. 254 f.: Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

BOAK, Elizabeth H.; TURNER, Ian L.. Shoreline Definition and Detection: A Review. **Journal Of Coastal Research**, [s.l.], v. 214, p.688-703, jul. 2005.

COSTA, Mirella Borba S. F.; PONTES, Patrícia M.; ARAÚJO, Tereza C. M. de. Monitoramento da Linha de Preamar das Praias de Olinda-PE (Brasil) como Ferramenta à Gestão Costeira. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 8, n. 2, p.101-112, nov. 2008.

CROWELL, Mark; LEATHERMAN, Stephen P; BUCKLEY, Michael K. Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. **Journal of Coastal Research**, Flórida, v. 7, n. 3, p. 839-852, 1991.

ESTEVES, Luciana S. & FINKL, Charles W. The problem of critically eroded areas (CEA): An evaluation of Florida beaches. **Journal of Coastal Research**, [s.l.] 26, 11–18, 1998.

FARIAS, Eduardo Guilherme G.; MAIA, Luís Parente. Uso de Técnicas de Geoprocessamento para a Análise da Evolução da Linha de Costa em Ambientes Litorâneos do Estado do Ceará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. Lisboa, v. 10, n. 4, p. 521-554, dez. 2010.

HIMMELSTOSS, E.A. **DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide**. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey, 2009. \*updated for version 4.3. Virginia: U.S. Geological Survey, 2009.

IPETURIS - INSTITUTO DE PESQUISAS ESTUDOS E CAPACITAÇÃO EM TURISMO. **Estudos de mercado dos polos turísticos do PRODETUR nacional no estado do Ceará (versão final)**. São Paulo, 2011. Disponível em:



Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 21, n. 2, Dossiê: Estudos da Geografia Física do Nordeste brasileiro, p. 864-884, Set. 2019, <http://uvanet.br/rcgs>. ISSN 2316-8056 © 1999, Universidade Estadual Vale do Acaraú. Todos os direitos reservados.

<http://www.setur.ce.gov.br/images/PDFs/PRODETUR/produto-7-consolidacao-estudos.pdf>. Acesso em 03. Ago. 2017.

LUIJENDIJK, Arjen; HAGENAARS, Gerben; RANASINGHE, Roshanka; BAART, Fedor; DONCHYTS, Gennadii; AARNINKHOF, Stefan. The State of the World's Beaches. *Scientific Reports*, [S. l.], v. 1, n. 8, p. 1-11, 2018.

MARINO, Márcia Thelma Rios Donato; FREIRE, George Satander Sá. Análise da evolução da linha de costa entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 13, n. 1, p. 113-129, 2013.

MARTINS, L. R.; TABAJARA, L. L.; FERREIRA, E. R. Linha de Costa: problemas e estudos. **GRAVEL**, Porto Alegre, Nº 2, p. 40-56, out. 2004.

MAZZER, Alexandre; DILLENBURG, Sérgio. Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre v. 36, n. 1, p. 117-135, 2009.

MEDEIROS, Elana Carolina Sousa; ARAUJO, Rogerio Cesar Pereira. Valoração econômica dos benefícios do controle de erosão de praia: o caso da praia do Icarai, Caucaia – Ce. In: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 48., 2009, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2009. p. 1-18. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/15/905.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2018.

MOURA, Filipe Maciel de. **Análise geoespacial de dados multiespectrais no estudo temporal da linha de costa da praia de Parajuru, Ceará-Nordeste do Brasil**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2018.

MUEHE, Dieter; KLUMB-OLIVEIRA, Leonardo. Deslocamento da linha de costa versus mobilidade praial. **Quaternary and Environmental Geosciences**, [s.l.] v. 5, n. 2, 2014.

PAULA, Davis Pereira de; Dias, J. M. A.; Souza, M. A. L ; Farrapeira Neto, C. A. ; Barros, E. L . Monitorização de curto prazo da praia do Icarai (Caucaia, Ceará, Brasil) após construção de estrutura rígida do tipo Bagwall para controle da erosão. In: VII Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, 2013, Maputo, Moçambique. **Anais...** Maputo, Moçambique, 2013. p. 1-10.

PAULA, Davis Pereira et al. Mudanças de curto prazo no balanço sedimentar da Praia do Icarai (Caucaia, Ceará) durante uma ressaca do mar. **Scientia Plena**, v. 12, n. 4, 2016.

PAULA, Davis Pereira de. Erosão costeira e estruturas de proteção no litoral da Região Metropolitana de Fortaleza (Ceará, Brasil): um contributo para artificialização do Litoral. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 73-86, jun. 2015.

RIBEIRO, Maria Georgete de S. **Caracterização e Valorização de Serviços de Ecossistema no Apoio à Conservação e Gestão do Litoral de Matosinhos**. Dissertação (mestrado em Ciências e Tecnologias do Ambiente) Universidade do Porto, Porto, 2012.

SEMEOSHENKOVA, Vera; NEWTON, Alice. Overview of erosion and beach quality issues in three Southern European countries: Portugal, Spain and Italy. **Ocean & Coastal Management**, [s.l.], v. 118, p.12-21, dez. 2015.

SILVEIRA, B. R; DANTAS, E. W. C. Urbanização Litorânea: considerações sobre a vilegiatura marítima no distrito do Icarai município de Caucaia. In: **XVI Encontro Nacional de Geógrafos**, 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2010.

THIELER, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Ergul, Ayhan, 2017. **Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change** (ver.4.4, July 2017): U.S. Geological

Survey Open-File Report 2008-1278 Disponível em: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr20081278/> Acesso em: 20 jun. 2018.